

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMIȘOARA

FACULTATEA DE CONSTRUCȚII

Ing. Ioan ALEXA

TEZĂ DE DOCTORAT

**Contribuții la studiul, cercetarea și realizarea unor
tehnologii rutiere eficiente**

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

622.675
După 366 u. C

Conducător științific

Prof. dr. ing. Laurențiu NICOARĂ

TIMIȘOARA, 1998

Cercetarea de față îi are drept coautori morali pe cei care n-au pregetat să mă sprijine permanent: soția Aurora și copiii Flavia și Adrian, vrednicii continuatori ai eforturilor mele.

Întreaga mea gratitudine pentru tot ce au făcut în acești ani alături de mine.

CUPRINS

INTRODUCERE.....	9
1. STUDII ASUPRA EMULSIILOR BITUMINOASE.....	13
1.1. Proprietăți generale ale emulsiilor bituminoase.....	17
1.1.1. Emulsionarea.....	18
1.1.2. Aspecte teoretice privind emulsiile bituminoase.....	19
1.1.3. Stabilitatea emulsiei bituminoase.....	21
1.2. Fenomenul de rupere.....	23
1.3. Unele aspecte privind adezivitatea liant - agregat.....	33
1.4. Viscositatea emulsiei bituminoase.....	43
1.5. Susceptibilitatea termică a emulsiilor bituminoase.....	45
1.6. Omogenitatea emulsiei.....	46
1.7. Aparatură nouă în domeniul emulsiilor bituminoase.....	47
2. STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND TEHNOLOGIA DE PREPARARE A MIXTURILOR ASFALTICE LA RECE.....	53
2.1. Tehnologia de preparare și punere în operă a mixturilor asfaltice la rece, folosind ca liant emulsia bituminoasă cationică (EBCL) cu rupere lentă, în instalația LPX adaptată acestei tehnologii.....	53
2.1.1. Emulsia bituminoasă cationică (EBCL) cu rupere lentă.....	54
2.1.1.1. Bitumul.....	55
2.1.1.2. Apa.....	55
2.1.1.3. Emulgatorul.....	56
2.1.1.4. Acidul clorhidric tehnic.....	57
2.1.2. Tipul și caracteristicile emulsiilor bituminoase cationice, cu rupere lentă....	57

2.1.3. Studii și cercetări privind mixturile asfaltice fabricate la rece cu emulsie bituminoasă cationică (EBCL) cu rupere lentă.....	59
2.1.3.1. Emulsia bituminoasă cationică, cu rupere lentă (EBCL) produsă la Săcălaz.....	60
2.1.3.2. Compoziția și caracteristicile mixturilor asfaltice realizate la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă.....	61
2.1.3.3. Compoziția mixturilor asfaltice studiate în laborator.....	61
2.1.3.4. Procesul tehnologic de fabricare și punere în operă a mixturilor asfaltice preparate la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă (EBCL).....	73
2.1.4. Reguli și metode pentru verificarea calității mixturilor asfaltice fabricate la rece cu emulsie bituminoasă cationică, cu rupere lentă.....	76
2.1.5. Sectoare experimentale realizate.....	77
2.1.6. Caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice realizate la rece prelevate de pe sectoarele experimentale.....	79
2.1.7. Comportarea în exploatare a sectoarelor experimentale executate în 1986 pe DN 58B, Voiteni - Reșița.....	83
2.1.8. Concluzii privind comportarea în exploatare a sectoarelor experimentale executate în anii 1986...1987.....	87
2.1.9. Elaborarea lucrării "Instrucție tehnică departamentală pentru realizarea de straturi bituminoase executate cu mixtură asfaltică preparată la rece, cu emulsie bituminoasă cationică, cu rupere lentă" aprobată de Consiliul tehnico-economic al Administrației Naționale a Drumurilor, cu indicativ DD 512-90.....	88

3. EVOLUȚIA POSIBILITĂȚILOR DE FABRICARE ȘI DIVERSIFICARE A EMULSIILOR BITUMINOASE CATIONICE.....	89
3.1. Stabilirea condițiilor optime fizice și mecanice pentru fabricarea emulsiei bituminoase.....	90
3.1.1. Alegerea emulgatorului.....	91
3.2. Fabrica de Emulsie Bituminoasă de la Șag - Timișeni.....	96
3.2.1. Procesul tehnologic de fabricare a emulsiei bituminoase cationice.....	103
3.2.2. Emulsii bituminoase cationice cu adaos de polimeri.....	104
3.2.3. Spectroscopia în infraroșu pentru studierea bitumului modificat cu polimeri.....	106
3.2.4. Caracteristicile emulsiei bituminoase cationice cu bitum modificat.....	111
4. STUDII ȘI CERCETĂRI PENTRU INTRODUCEREA ÎN TEHNICA RUTIERĂ ROMÂNEASCĂ A UNOR TEHNOLOGII EFICIENTE, ÎN SCOPUL ÎMBUNĂTĂȚIRII STĂRII DE VIABILITATE A DRUMURILOR CU ÎMBRĂCĂMINȚI MODERNE.....	115
4.1. Tratamente bituminoase eficiente “la rece”, folosind emulsia bituminoasă cationică cu rupere rapidă cu polimeri (EBMCR).....	115
4.1.1. Materiale utilizate.....	115
4.1.2. Elaborarea dozajelor.....	116
4.1.3. Executarea tratamentelor cu EBMCR.....	119
4.1.4. Tratamente bituminoase executate cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă cu bitum modificat cu polimeri (EBMCR).....	125
4.1.5. Măsurarea rugozității tratamentelor bituminoase.....	127
4.2. Covoare asfaltice subțiri din mixturi asfaltice la rece tip Ralumac.....	132
4.2.1. Generalități.....	132

4.2.2. Emulsia bituminoasă cationică pe bază de bitum modificat cu polimeri, cu rupere lentă (EBMCL).....	133
4.2.3. Compoziția mixturii asfaltice tip RALUMAC.....	135
4.2.3.1. Încercarea cu albastru de metilen.....	136
4.2.4. Procesul tehnologic și punerea în operă.....	139
4.2.5. Sectoare realizate cu covoare asfaltice subțiri din mixtură asfaltică tip Ralumac.....	144
4.2.6. Studii și cercetări de laborator privind caracteristicile mixturii asfaltice realizate la rece, tip Ralumac.....	149
4.2.7. Mixtura asfaltică realizată la rece tip Ralumac pentru acoperirea pistelor de aterizare de la Aeroportul Internațional Otopeni - București.....	158
4.2.7.1. Aparat pentru determinarea conținutului de bitum din mixtura asfaltică tip Ralumac.....	162
4.2.8. Rugozitatea suprafeței de rulare a covoarelor asfaltice subțiri realizate cu mixtură asfaltică la rece tip Ralumac.....	166
4.2.9. Concluzii.....	169
4.2.10. Implementarea în tehnica rutieră românească a covoarelor asfaltice subțiri realizate cu mixtură asfaltică tip Ralumac.....	173
4.3. Comportarea în exploatare a covoarelor asfaltice subțiri tip RALUMAC.....	174
4.4. Mixtura asfaltică stocabilă realizată la rece tip COMPOMAC.....	182
5. CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII ORIGINALE, APLICABILITATEA ȘI VALORIFICAREA REZULTATELOR OBTINUTE.....	187
BIBLIOGRAFIE.....	194

PREFAȚĂ

Administrația Națională a Drumurilor a orientat în ultimii ani activitatea rutieră din țara noastră spre introducerea unor tehnologii de mare productivitate. Se urmărește realizarea unor lucrări de cea mai bună calitate, necesare pentru menținerea patrimoniului rutier existent în bune condiții tehnice și pentru adaptarea structurilor rutiere la solicitările traficului în continuă creștere.

Ținând cont că în țara noastră peste 90,0 % din drumurile modernizate sunt realizate cu îmbrăcămînți bituminoase, studiile, cercetările și experimentările specialiștilor noștri s-au orientat, în primul rând, în scopul introducerii aplicării unor tehnologii în activitatea curentă de întreținere a drumurilor, care să contribuie la îmbunătățirea stării de viabilitate a acestora.

În contextul realității existente, autorul a căutat să-și aducă unele contribuții originale în domeniul studierii și introducerii tehnologiilor "la rece" care aplicate să contribuie la îmbunătățirea viabilității drumurilor, având la bază cele două deziderate moderne: asigurarea confortului și a circulației în deplină siguranță.

Lucrarea este rezultatul unor numeroase studii de laborator, cercetări și experimentări pe scară largă pe drumurile naționale din țară.

Teza de doctorat conține 212 pagini, în care sunt incluse: 63 de figuri și fotografii, 52 de tabele, 46 de formule și relații de calcul și 141 de titluri bibliografice.

Autorul își exprimă profunda sa recunoștință domnului prof. dr. ing. Laurențiu NICOARĂ, perseverent conducător științific, care i-a călăuzit cu înaltă competență și exigență drumul în activitatea de studiu, cercetare și experimentare, pentru sprijinul continuu de-a lungul anilor de lucru, pentru liniile directoare inspirate de conducătorul Școlii Timișorene de Drumuri, pentru sfaturile și îndemnul prețios din momentele dificile.

Gândurile mele se îndreaptă cu recunoștință spre profesorii mei de la Facultatea de Construcții și în mod special spre colectivul Catedrei de Drumuri și Fundații, care m-au format ca inginer și mi-au acordat tot sprijinul pentru efectuarea cercetării și finalizării tezei de doctorat.

Calde mulțumiri adresez Direcției Regionale Drumuri și Poduri Timișoara, colegilor de la laboratorul central, pentru faptul că mi-au acordat tot sprijinul și încurajările necesare realizării tezei de doctorat.

De asemenea mulțumesc colectivului în cadrul căruia mi-am desfășurat și îmi desfășor activitatea în ultimii ani, S.C. ALBIX & AXELA CONSTRUCȚII S.R.L. Timișoara precum și firmei RASCHIG AG cu care am colaborat de-a lungul anilor, pentru sprijinul acordat în implementarea noilor tehnologii în tehnica rutieră românească.

Mulțumesc din suflet domnilor: prof. dr. ing. Stelian DOROBANȚU, prof. dr. ing. Horia ZAROJANU, prof. dr. ing. Mihai ILIESCU, referenți oficiali, care au binevoit să analizeze teza și care pe parcursul elaborării acesteia mi-au dat prețioase sfaturi și încurajări.

Mulțumesc cu recunoștință, tuturor colegilor drumari, din întreaga țară, care au participat la aplicarea tehnologiilor propuse și mi-au acordat încrederea necesară finalizării tezei.

X

X

X

INTRODUCERE

În vederea realizării unor tehnologii rutiere eficiente, pe plan mondial s-au introdus cu succes emulsiile bituminoase, care s-au folosit în primă fază la realizarea cu precădere a tratamentelor bituminoase prin tehnologia la rece. Ulterior, domeniul lor de utilizare s-a extins la realizarea mixturilor asfaltice la rece pentru straturi de bază, de legătură și în cazuri speciale pentru straturi de uzură. În ultimii ani, atât în Europa cât și în S.U.A., s-a impus ca o tehnologie ieftină realizarea învelișurilor subțiri pentru acoperirea îmbrăcăminților bituminoase și din beton de ciment, care să asigure o bună etanșare și o mai mare rugozitate a acestora.

Din aceste considerente, teza de doctorat tratează aspectele teoretice și practice ale emulsiilor bituminoase și a domeniilor lor de folosire.

Emulsiile bituminoase au apărut prima dată în Europa, Franța, în anul 1920 când s-au fabricat emulsii bituminoase anionice. În 1953 au fost puse la punct emulsiile bituminoase cationice care le-au înlocuit total pe cele anionice.

În prezent emulsiile bituminoase sunt produse și răspândite în toată lumea, fapt confirmat recent de al II-lea Congres Mondial al Emulsiilor care s-a desfășurat în septembrie 1997 în Franța, la Bordeaux.

Producția anuală de emulsie bituminoasă este, în Franța, de circa 1 100 000 tone. Comparativ, în Anglia, se utilizează 40 000 t/an, în Canada, 50 000 t/an, în Brazilia, 500 000 t/an, iar în România, 100 000 t/an.

La noi în țară s-a folosit pentru prima dată emulsia bituminoasă în anul 1925, când s-au făcut încercări pentru realizarea unui macadam bituminos pe DN 1 București - Ploiești km 8...14. Experimentarea n-a reușit, din cauză că emulsia bituminoasă adusă din Franța s-a rupt datorită transportului, care în acea perioadă a durat trei luni. O altă încercare a avut loc în anul 1938 și a constat în executarea unui tratament bituminos la rece, pe un macadam

existent; în acest caz s-au stropit $2,0 \text{ kg/m}^2$ emulsie bituminoasă, urmată de așternerea a $15...20 \text{ kg/m}^2$ criblură și cilindrare.

Mai târziu, începând cu anul 1967, se întreprind cercetări sistematice de către Secția Drumuri din cadrul Institutului de Cercetări din Ministerul Transporturilor, în scopul realizării și la noi în țară a emulsiilor bituminoase anionice și cationice. În anul 1969, în cadrul Rafinăriei "Vega" din Ploiești se organizează o fabrică de preparare a emulsiei, dotată cu o moară coloidală tip Atomix adusă din Franța, cu o productivitate maximă de 10 t/h. S-au folosit emulgatori importați din Franța de la Societatea de Produse Chimice "Auby" de tipul Stabiram și din Anglia - firma Armour - de tipul Duomeen T.

În anul 1969, cu moara coloidală tip Atomix s-au produs circa 200 tone de emulsie bituminoasă cationică, iar din anul 1970, cantitatea de emulsie produsă a crescut considerabil fiind din ce în ce mai solicitată în sectorul rutier în special pentru executarea lucrărilor de tratamente bituminoase la rece, badijonări, etanșări, amorsări etc.

Datorită calităților lor, emulsiile bituminoase au fost cerute de unitățile de drumuri din țară, fapt ce conduce la înființarea în anul 1970 a unei noi fabrici în cadrul Rafinăriei de la Suplacu de Barcău din jud. Bihor care asigură în general necesarul de emulsie pentru vestul țării.

Pentru a face față cerințelor drumurilor județene, Direcția Județeană de Drumuri și Poduri Buzău realizează împreună cu INCERTRANS București, în anul 1981, la Buzău, o instalație proprie pentru producerea emulsiei bituminoase.

În anul 1983, în cadrul Direcției de Drumuri și Poduri Timișoara se realizează o nouă fabrică de emulsie bituminoasă la Săcălaz, lângă Timișoara. Fabrica a fost proiectată de un colectiv de ingineri din cadrul D.R.D.P. Timișoara, care a realizat și moara coloidală.

Ulterior se construiesc și alte fabrici de emulsie: la Podari în cadrul D.R.D.P. Craiova în anul 1985, la Turda în cadrul D.R.D.P. Cluj în anul 1987, apoi la Direcțiile Județene de

Drumuri în jud. Suceava, la Albești în jud. Vrancea, la Râmnicu - Vâlcea în jud. Vâlcea, la Satu Mare în jud. Satu Mare, la Bacău în jud. Bacău, la Râșnov în jud. Brașov etc., în felul acesta putându-se satisface necesarul mereu crescând de emulsie bituminoasă pentru rețeaua de drumuri naționale și județene ale României.

Una dintre cele mai moderne fabrici pentru producerea emulsiei bituminoase am realizat-o în anul 1996 la Șag-Timișeni (lângă Timișoara) după un proiect româno-german, în urma colaborării între firma RASCHIG din Germania și ALBIX din România, Timișoara. Instalația este complet automatizată și folosește bitumul de la Rafinăria Suplacu de Barcău jud. Bihor, emulgatorii și polimerii fiind importați din Germania.

În județul Dâmbovița, la Dragomirești, a fost montată în 1997 o fabrică de emulsie dotată cu echipamente moderne franceze.

Un eveniment important a avut loc în țara noastră, în perioada 24...25 iulie 1997, când la Târgoviște s-a desfășurat "Simpozionul emulsiilor", la un înalt nivel tehnic, reprezentând un valoros schimb de opinii al specialiștilor români care lucrează în cercetare cât și al celor foarte interesați din toate sectoarele de drumuri (naționale și județene) care produc și folosesc pe scară largă emulsiile bituminoase.

Emulsiile bituminoase sunt astăzi folosite, datorită multiplelor avantaje, dintre care enumerăm:

- ușor de produs în fabrici speciale;
- consum redus de energie la fabricare și la punere în operă;
- tehnologiile realizate sunt nepoluante pentru mediul ambiant, corespunzând astfel cerințelor moderne pe plan ecologic;
- punerea în operă "la rece" oferă foarte multe avantaje tehnice comparativ cu tehnologiile "la cald" în care este necesară încălzirea bitumului și a agregatelor naturale.

Emulsiile bituminoase folosite în România în perioada 1969...1980 au fost în mod preponderent cele cationice cu rupere rapidă, necesare mai ales pentru realizarea tratamentelor bituminoase "la rece" precum și pentru lucrări de amorsări și badijonări.

În anul 1986 se realizează în premieră pe țară la fabrica de emulsie de la Săcălaz (jud. Timiș), emulsie bituminoasă cationică, cu rupere lentă și mixturi asfaltice realizate la rece în instalația LPX modificată de la Voiteg.

În anul 1995, se continuă cercetările privind obținerea emulsiilor bituminoase cationice cu bitum modificat cu polimeri, fapt ce permite diversificarea gamei mixturilor asfaltice realizate cu acest tip de emulsie și conduce la realizarea covoarelor subțiri la rece cu mixtură asfaltică tip Ralumac, tehnologie studiată și îmbunătățită permanent.

X

X

X

Cap. 1. STUDII ASUPRA EMULSIILOR BITUMINOASE

Al doilea Congres Mondial al Emulsiilor bituminoase a avut loc în septembrie 1997 la Bordeaux [28]; [41]; [42]; [65]; [72]; [91], cu o largă participare a specialiștilor în domeniu, fiind un bun prilej de bilanț al realizărilor în domeniul cercetării fundamentale și aplicative efectuate în întreaga lume și marcând totodată contribuția esențială a laboratoarelor care au studiat diferite aspecte ale comportării în timp a sectoarelor de drumuri realizate prin folosirea tot mai largă a unei game diversificate de emulsii bituminoase.

Dezvoltarea tehnicilor de utilizare a emulsiilor bituminoase [28] depinde de foarte mulți parametri caracteristici fiecărei țări: condiții de climă, intensitatea traficului, mediul ambiant, etc. Extinderea folosirii emulsiilor bituminoase în rigorile climei canadiene și a musonilor din sud - estul asiatic arată multiplele lor posibilități de adaptare. În aceste cazuri extreme emulsiile bituminoase își aduc contribuția la rezolvarea problemei în condiții de climă atât de diferite [28].

Dezvoltarea economică este însoțită și de o creștere continuă a traficului rutier, fapt ce impune și emulsiilor bituminoase să se adapteze acestor cerințe.

Bilanțul făcut la Congresul Emulsiilor Bituminoase arată că folosirea lor la diverse lucrări de drumuri reprezintă în mod cert o tehnică mondială.

Trecând în revistă modul de folosire al emulsiilor bituminoase se constată că soluțiile cele mai economice și mai eficiente se bazează pe folosirea lor mai ales în lucrări de întreținere a drumurilor deoarece ele reprezintă liantul cu cel mai scăzut preț de cost din punct de vedere energetic și concomitent cel care nu produce deloc poluarea mediului ambiant.

La Congresul Emulsiilor Bituminoase de la Bordeaux se continuă lucrările în domeniu pe baza a peste 230 de comunicări științifice primite din toată lumea care se referă la:

fabricarea, depozitarea, transportul și mai ales utilizarea emulsiilor în diverse lucrări de drumuri [95]; [99]; [128].

În domeniul cercetării fundamentale s-au evidențiat studiile privind reologia emulsiilor bituminoase când ele sunt supuse unor forțe de compresiune, forfecare și curgere. În consecință s-au studiat: elasticitatea, viscozitatea și rezistența emulsiilor. Studii multiple s-au realizat cu privire la moleculele tensioactive situate între două faze lichide, pentru a elucidă mai profund fenomenele de rupere și stabilitate ale emulsiilor bituminoase.

Emulsiile bituminoase reprezintă, pentru cei care lucrează în sectorul rutier, un liant nou ale cărui proprietăți și comportament sunt fundamental diferite de cele ale bitumului folosit pentru producerea lor.

Este necesar să se poată acționa, evident în anumite limite, asupra caracteristicilor emulsiilor bituminoase, stăpânind cunoașterea regulilor dificile ale elaborării compoziției lor [128].

Trebuie să fie controlată foarte atent tehnologia și parametri fizici ai fabricării emulsiilor întrucât aceștia au o importanță foarte mare asupra caracteristicilor finale ale emulsiei ca și formularea chimică a acestora căreia trebuie să i se acorde cea mai mare atenție.

Sunt necesare pentru controlul emulsiilor bituminoase o serie de încercări total diferite de cele care se execută asupra bitumului.

Domaniul de aplicare al lor este foarte vast, de la lucrări simple de reparații până la construcția unor îmbrăcămînți bituminoase la rece, trecând evident prin lucrări de stabilizare și întreținere generală.

Apariția emulsiilor bituminoase cationice după anii 1953 în Franța, a fost un eveniment tehnic de importanță majoră, surclasând aproape în totalitate emulsia bituminoasă anionică, fapt explicat evident prin foarte buna adezivitate a emulsiilor bituminoase cationice, atât pe roci acide cât și pe cele bazice.

În țara noastră, după anul 1970, s-au folosit aproape în totalitate numai emulsii bituminoase cationice, iar în 1998 [16], trebuie să arătăm că ele se produc în mod descentralizat în fabricile existente în toată țara conform fig. 1.1.

Calitățile tehnice mai importante ale emulsiilor bituminoase cationice pot fi sintetizate astfel [16]; [128]:

- viscozitate;
- adezivitate, în general bună și foarte bună, întrucât emulgatorul este un aditiv;
- stabilitate la stocare;
- viteză de rupere astfel reglată încât să corespundă cerințelor tehnice ale utilizatorului;

- conținut de bitum;
- pH-ul soluției apoase de emulgator și al emulsiei.

Ținând cont de importanța acestor caracteristici de bază ale emulsiilor bituminoase cationice doctorandul a întreprins studii și încercări în laborator pentru a scoate în evidență proprietățile mai importante.

Utilizarea emulsiilor bituminoase cationice [128], pe plan european și mondial arată că ele sunt folosite în diferite domenii ca:

- tratamente bituminoase;
- macadamuri penetrate;
- diferite tipuri de mixturi asfaltice mai ales pentru straturi de bază și de legătură;
- învelișuri asfaltice subțiri realizate din șlam bituminos;
- diferite lucrări de întreținere și reparații;
- amorsări și badijonări;
- mixturi asfaltice stocabile.

ROMANIA



Fig.1.1 - Harta cu fabricile de emulsii bituminoase și cu lucrări executate pe bază de emulsii, în România (statistică Administrația Națională a Drumurilor).

În România, emulsiile bituminoase cationice se folosesc pe scară largă mai ales la realizarea tratamentelor bituminoase "la rece", la amorsări, badijonări și etanșări, la diverse lucrări de reparații și în ultimii ani la execuția învelișurilor bituminoase subțiri pentru asigurarea etanșeității și rugozității suprafețelor de rulare.

1.1. Proprietăți generale ale emulsiilor bituminoase

Emulsia bituminoasă [16]; [128], este definită ca o dispersie a două lichide nemiscibile unul în altul, având două faze distincte:

- faza dispersată sau discontinuă, care poate fi un lichid viscos cu globule de ordinul micronilor, în cazul de față bitumul;

- faza dispersantă sau continuă, care este un lichid, în acest caz apa.

Emulsia bituminoasă are aspectul unui lichid omogen de culoare maro.

Emulsia se definește prin natura și cantitatea liantului, a emulgatorului și a acidului utilizat care determină următoarele caracteristici fizico-chimice:

- repartiția și dimensiunea globulelor de bitum;
- semnul încărcării electrice a globulei de bitum;
- pH.

Caracteristicile tehnologice ale emulsiei bituminoase sunt:

- viscozitatea;
- omogenitatea;
- stabilitatea;
- viteza de rupere;
- adezivitatea.

Pentru a fabrica o emulsie bituminoasă [16]; [128], este necesar să se pună în contact cei doi componenți, respectiv bitumul fluid și apa; apoi este necesară o energie mare de

622 675
366 c

dispersie (mori coloidale sau malaxoare centrifugale de mare viteză), precum și introducerea în amestec, înainte sau în timpul amestecării, a unui emulgator. Acesta are rolul de a ușura emulsionarea, prin scăderea tensiunii interfaciale între cele două faze (bitum și apă) și concomitent trebuie să asigure stabilitatea emulsiei, prin fixarea sa la periferia globulelor dispersate, împiedicând astfel unirea lor.

1.1.1. Emulsionarea

Emulsionarea constă în divizarea bitumului în particule fine încărcate cu sarcină pozitivă sau negativă, astfel încât să aibă puterea de a se respinge una pe alta.

Pentru a produce emulsionarea este necesar simultan o energie mecanică, pentru forfecarea liantului, obținută de turbina morii coloidale și o energie fizico-chimică adusă de emulgator care trebuie să realizeze:

- micșorarea tensiunii interfaciale între bitum și faza apoasă, diminuând astfel lucrul mecanic de emulsionare;
- să realizeze un film protector în jurul particulelor de bitum;
- emulgatorul este sau poate fi concomitent și un bun aditiv.

Aceste exigențe necesită ca emulgatorii să fie ionizabili și să aibă o structură chimică, astfel ca să poată forma un film interfacial.

Emulgatorii folosiți în general, ținând cont de costul și eficiența lor, se clasifică astfel:

- pentru emulsii bituminoase anionice sunt săruri ale acizilor grași cu o bază puternică de sodiu sau potasiu;
- pentru emulsii bituminoase cationice sunt poliamine, amido-amine și săruri cuaternare de amoniu cu acid clorhidric.

Compoziția emulsiilor bituminoase

Nu există formule tip, deci compoziția lor se stabilește distinct pentru fiecare tip de bitum și fiecare tehnologie de folosire a lor.

Totuși, există câteva reguli generale și anume:

- se calculează cantitatea de acid sau bază necesară emulsionării astfel încât emulgatorul să fie complet ionizat;
- concentrația în bitum nu poate depăși un anumit prag, pentru a obține viscozități compatibile cu modul de folosire a emulsiilor bituminoase, acest prag fiind 65 % pentru cele anionice și 70 % pentru cele cationice.

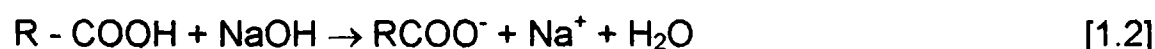
1.1.2. Aspecte teoretice privind emulsiile bituminoase

Se poate considera că emulsia bituminoasă este formată din foarte multe particule a căror suprafață este înconjurată de moleculele emulgatorului astfel încât partea nepolară este orientată spre globula de bitum iar partea polară spre apă unde se ionizează după schema:

- pentru emulgatorul cationic:



- pentru emulgatorul anionic:



Orientarea moleculelor emulgatorului pe globula de bitum este redată în fig. 1.2.

Când două particule încărcate cu o sarcină se găsesc împreună, există o repulsie datorită efectului electrostatic și o atracție datorită forțelor Van der Waals.

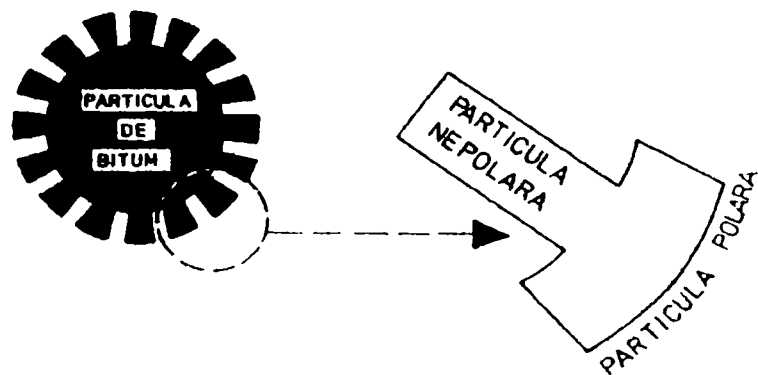


Fig. 1.2 - Orientarea moleculelor la interfața bitumului [140].

Verwey și Overbach [131], au studiat interacțiunea acestor straturi duble și au definit-o prin relația:

$$V = -\frac{Ar}{12H_0} + 4.62 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{r}{v^2} \cdot \left| \frac{e^{\frac{v\epsilon\Phi_0}{2KT}} - 1}{e^{\frac{v\epsilon\Phi_0}{2KT}} + 1} \right|^2 \cdot e^{-KH_0} \quad [1.3]$$

în care:

V este interacțiunea între cele două straturi;

A - constantă;

r - raza particulei;

v - valența contra - ionilor;

ϵ - constanta dielectrică;

Φ_0 - potențialul stratului dublu;

K - inversul razei efective a stratului dublu;

T - temperatura absolută;

k - constanta Boltzmann;

H_0 - distanța dintre particule.

Sub formă simplificată relația de mai sus se poate scrie:

$$V = -\frac{m}{H_0} + \rho e^{-kH_0} \quad [1.4]$$

Curba de potențial în funcție de distanța dintre particule este arătată în fig. 1.3.

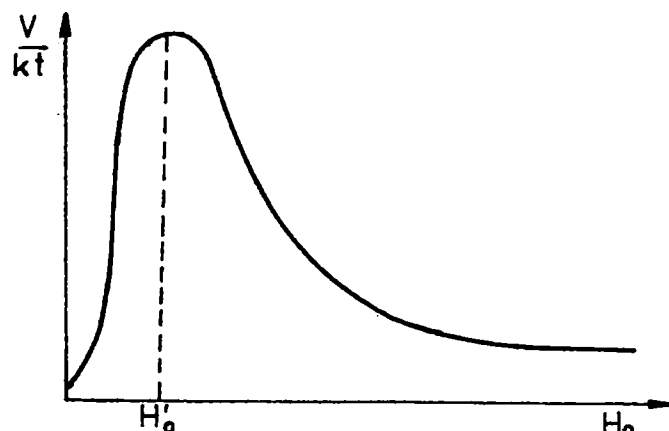


Fig. 1.3 - Curba de potențial: V - Interacțiunea între cele două straturi; k - constanta Boltzmann;
 H_0 - distanța dintre particule; t - temperatura absolută.

Se constată că, dacă H_0 descrește, potențialul care se opune mișcării devine din ce în ce mai puternic până la limita când $H_0 = H_0'$, apoi descrește, cazul când forțele Van der Waals devin mai importante decât repulsia electrică.

1.1.3. Stabilitatea emulsiei bituminoase [128]; [134]; [139]

Emulsia bituminoasă este prin definiție un sistem instabil; o emulsie absolut stabilă în contact cu agregatele naturale nu ar prezenta, și nici **nu** prezintă un interes pentru sectorul de drumuri.

Trebuie să se țină cont de cele două aspecte ale stabilității și anume:

- stabilitatea la depozitare (stocare) a emulsiei bituminoase, care ar fi de dorit să fie cât mai mare;

- stabilitatea față de agregate, pentru care limitele superioare și inferioare sunt impuse de tehnologia de întrebuințare, deci în acest caz este necesar să se vorbească despre viteza de rupere (pentru tratamente bituminoase se vor folosi emulsii cu rupere rapidă - până la 30 minute, iar pentru mixturi asfaltice preparate la rece se vor folosi evident, emulsii bituminoase cu rupere lentă, cu timp de rupere peste 60 minute).

Stabilitatea la depozitare

Calitatea unei emulsii bituminoase se caracterizează și prin stabilitatea la depozitare și transport, timp îndelungat, fără separarea componentelor, adică fără a avea loc o sedimentare a bitumului.

În cazul stabilității la depozitare, [95]; [98]; [99]; [128], se disting următoarele fenomene:

- decantare;
- coagulare: - stadiul I floclare;
- stadiul II coalescență.

Decantarea se explică prin sedimentarea emulsiei, apa separându-se la partea superioară, viteza de sedimentare fiind dată de legea lui Stokes:

$$v = \frac{2}{9} \cdot g \cdot \frac{r^2(\rho_1 - \rho_2)}{\eta} \quad [1.5]$$

în care:

v este viteza de sedimentare;

g - accelerația gravitațională;

r - raza globulei (particulei de bitum);

ρ_1 - densitatea fazei dispersate (bitumul);

ρ_2 - densitatea fazei dispersante (apa);

η - viscozitatea fazei apoase.

Se poate încetini decantarea prin:

- mărirea fineții emulsiei;
- micșorarea diferenței între densitatea fazei dispersate și a celei dispersante, condiție

ușor de realizat în cazul emulsiilor bituminoase, densitatea bitumului fiind apropiată de 1,0.

Decantarea se poate determina într-o eprubetă cu emulsie, măsurând apa separată după 7 zile de sedimentare, proba fiind păstrată la întuneric.

Flocularea este primul stadiu al coagulării; particulele se aglomerează dar nu-și pierd individualitatea, fenomenul fiind încă reversibil.

Coalescența este al doilea stadiu al coagulării; particulele aglomerate se combină obținându-se particule mai mari. Acest fenomen este ireversibil.

În concluzie o emulsie bituminoasă este de bună calitate dacă poate fi stocată mai multe luni fără riscul de a se produce sedimentarea, iar o simplă agitare, reface stabilitatea, repunând în suspensie particulele de bitum, care s-au adunat pe fundul recipientului de depozitare. Totuși, se recomandă, în măsura în care este posibil, să se folosească emulsiile bituminoase într-un timp scurt de la prepararea lor, evitându-se formarea sedimentelor.

1.2. Fenomenul de rupere

Fenomenul ruperii emulsiei bituminoase se produce la contactul ei cu agregatele și se observă prin schimbarea culorii, care din cafenie devine neagră iar bitumul se separă de apă.

În funcție de timpul de rupere emulsiile bituminoase se clasifică în: rapide, semilente și lente, conform tabelului 1.1.

Tabel 1.1

Emulsii cu rupere	Timp de rupere
rapidă	până la 30 minute
semilentă	între 30 și 60 minute
lentă	peste 60 minute

Ruperea emulsiei se poate produce prin evaporarea apei și prin reacție la contactul cu materialele alcaline, acide sau neutre.

Ruperea prin evaporarea apei

Apa, în peliculă subțire de la suprafața agregatului se evaporă, antrenând o concentrare a globulelor de bitum. Rezultă astfel o creștere a forțelor de atracție moleculară, care depășesc forțele de respingere electrostatice (fig. 1.4).

Prin evaporarea apei crește alcalinitatea sau aciditatea emulsiei și această creștere dincolo de o anumită limită, produce de asemenea ruperea emulsiei. Acest fenomen explică în parte ruperea, deoarece el se produce la suprafața expusă la aer. Se formează astfel o peliculă de bitum care închide stratul de emulsie ce nu s-a rupt sub o crustă etanșă. Evaporarea apei nu lămurește însă fenomenul de adezivitate.

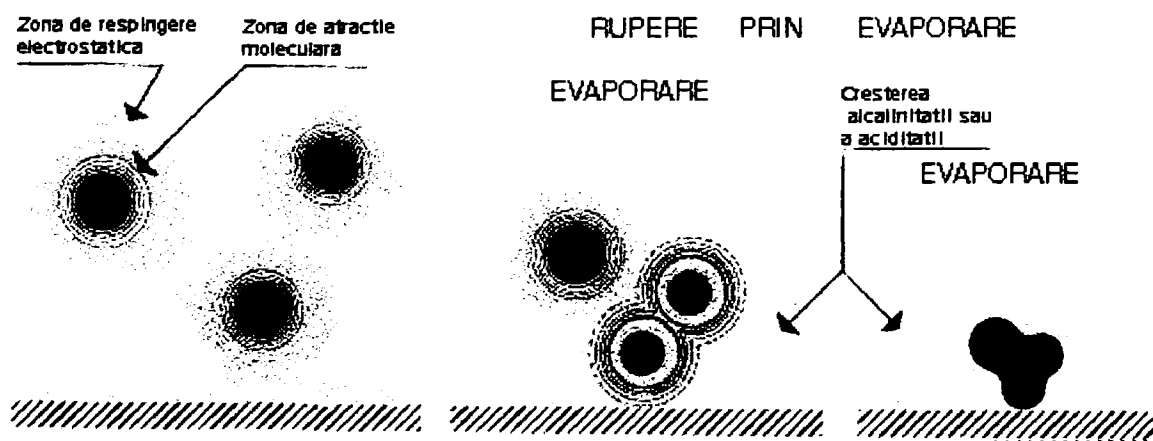


Fig. 1.4 - Ruperea prin evaporarea apei [140].

Ruperea prin reacție pe materiale alcaline, acide și neutre

În prezența fazei apoase din emulsie, agregatul natural (material pietros) produce o ionizare superficială. Dacă are loc o schimbare de ioni posibilă între materialul pietros și emulgator dând naștere unui produs insolubil, se produce ruperea emulsiei și în acest caz se realizează adezivitatea.

Agregatele naturale din punct de vedere al acidității se clasifică în:

- alcaline (bazice);
- acide;
- neutre.

Clasificarea ia în considerare conținutul de bioxid de siliciu SiO_2 și conținutul în acizi alcalini. Schematic, aceasta se poate urmări în fig. 1.5.

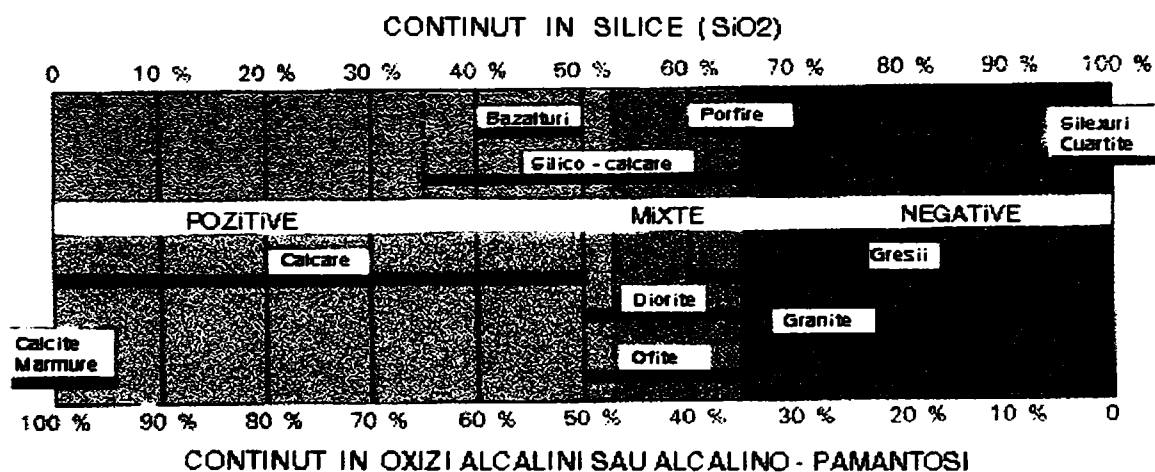


Fig. 1.5 - Clasificarea agregatelor naturale în funcție de conținutul de bioxid de siliciu (SiO_2) și conținutul în acizi alcalini [140].

O clasificare acceptată pentru specialiștii care lucrează în sectorul de drumuri pentru diferitele tipuri de agregate folosite în lucrări este următoarea:

- agregate acide cu un conținut de peste 70 % în SiO_2 ca de exemplu silexul, agregate silicioase, granit, gresii;
- agregate neutre cu un conținut de 50 - 70 % SiO_2 , exemplu: silico - calcare, porfir, diorit;
- agregate bazice (alcaline) cu un conținut în SiO_2 sub 50 %, în această categorie intră bazaltul, sienitul și calcarele.

Ruperea emulsiei bituminoase pe materiale alcaline

Materialul alcalin tip este calcarul pur constituit din carbonat de calciu (CaCO_3). În prezența emulsiei bituminoase, carbonatul de calciu, cu toate că este puțin solubil în apă, se

ionizează în faza apoasă. O parte din cationii Ca^{+2} vor fi adsorbiți și vor adera la suprafața materialului datorită afinității lor pentru anionii $(\text{CO}_3)^{-2}$; restul cationilor Ca^{+2} și a anionilor $(\text{CO}_3)^{-2}$ vor pătrunde în interiorul fazei apoase unde vor rămâne foarte mobili.

Cazul emulsiei bituminoase anionice

Globulele de bitum ale emulsiei anionice sunt tapitate cu anioni RCOO^- adsorbiți și puternic aderenți, în concluzie va exista atracție între acești anioni și cationii Ca^{+2} ai materialului pietros. Fenomenul este prezentat în fig. 1.6.

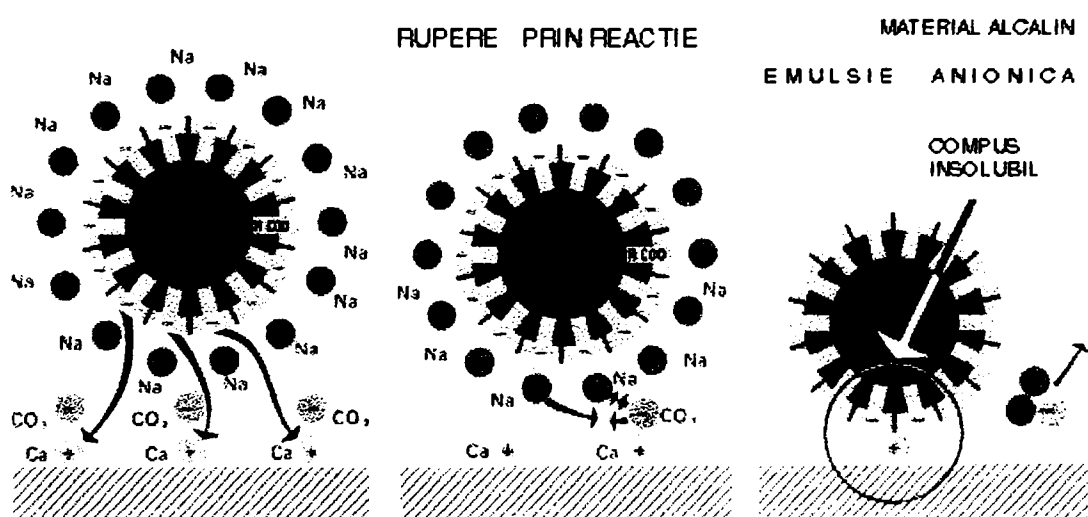


Fig. 1.6 - Fenomenul ruperii emulsiei anionice pe agregate alcaline [140].

Ionii de Na^+ și $(\text{CO}_3)^{-2}$ foarte mobili trec în faza apoasă și se va forma un compus insolubil (un săpun) format din două grupări RCOO^- pentru un ion Ca^{+2} . În acest mod se produce o puternică adezivitate între globula de bitum și agregatul calcaros.



În acest caz se produce ruperea emulsiei bituminoase anionice însoțită de un puternic fenomen de adezivitate.

Cazul emulsiei bituminoase cationice [14]; [15]; [16]; [128]. În acest caz, materialul calcaros va fi atacat de acidul conținut în faza apoasă și se va forma clorura de calciu

solubilă (CaCl_2), care se răspândește în masa amestecului. Vor exista deci particule de bitum încărcate pozitiv și materialul alcalin acoperit cu anioni $(\text{CO}_3)^{-2}$.

Ruperea prin reacție a emulsiei bituminoase cationice este prezentată în fig. 1.7.

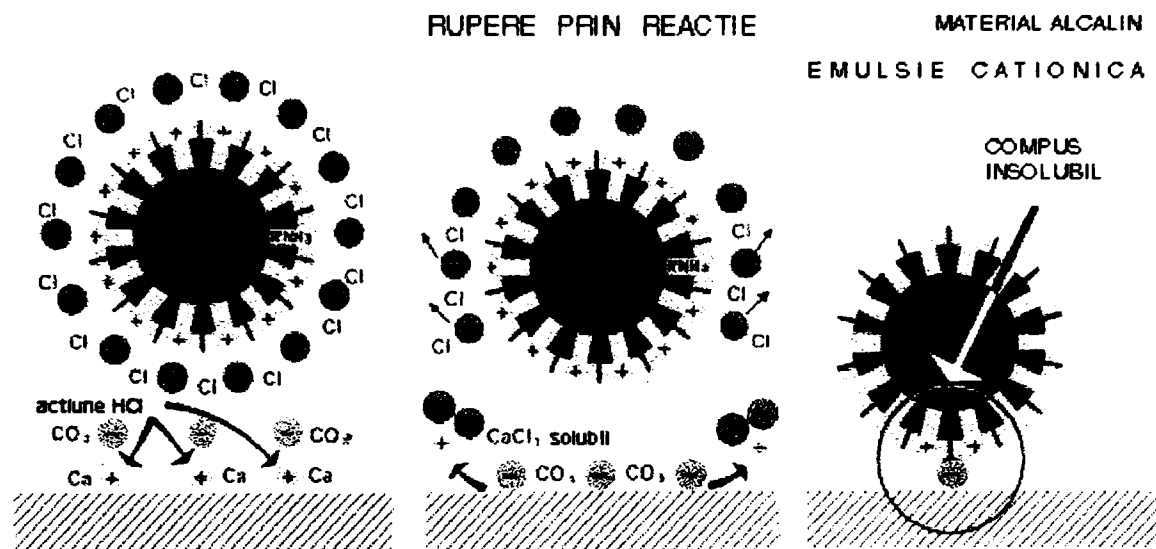
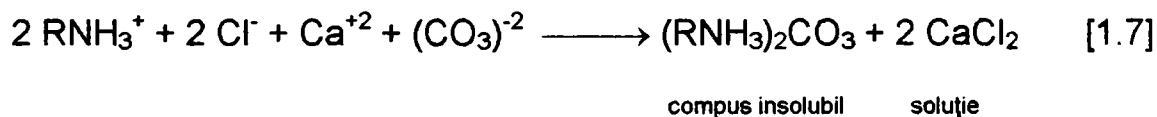


Fig. 1.7 - Fenomenul ruperii emulsiei cationice pe agregate alcaline [140].

Ecuția reacției chimice este:



Globulele de bitum, atrase de agregatul alcalin, produc ruperea emulsiei bituminoase cationice însoțită de fenomenul de adezivitate, datorită formării unui compus insolubil de carbonat de amină, un veritabil ciment între materialul calcaros și bitum.

Ruperea emulsiei bituminoase pe agregate acide

Materialul pietros acid tip este silicea pură SiO_2 sau silicații. În prezența fazei apoase a emulsiei bituminoase au loc fenomene de ionizare mult mai complexe decât în cazul materialelor calcaroase, [9]; [16]; [22]; [23]; [128]. De exemplu, considerând cazul teoretic al acidului ortosilicic H_4SiO_4 se constată că:

- anionii $(\text{SiO}_4)^{-4}$ sunt adsorbiți la suprafața materialului pietros;
- cationii H^+ sunt adsorbiți de către apă.

Cazul ruperii emulsiei bituminoase anionice pe agregate acide

În acest caz globulele de bitum încărcate negativ nu au nici o afinitate pentru anionii $(\text{SiO}_4)^{-4}$ încărcăți tot negativ. În consecință se formează un silicat de sodiu (Na) solubil, iar prin acțiunea RCOO^- a bitumului asupra cationilor H^+ se obține un acid gras inactiv, deci nu se formează cimentul și în consecință adezivitatea este zero, fig. 1.8.

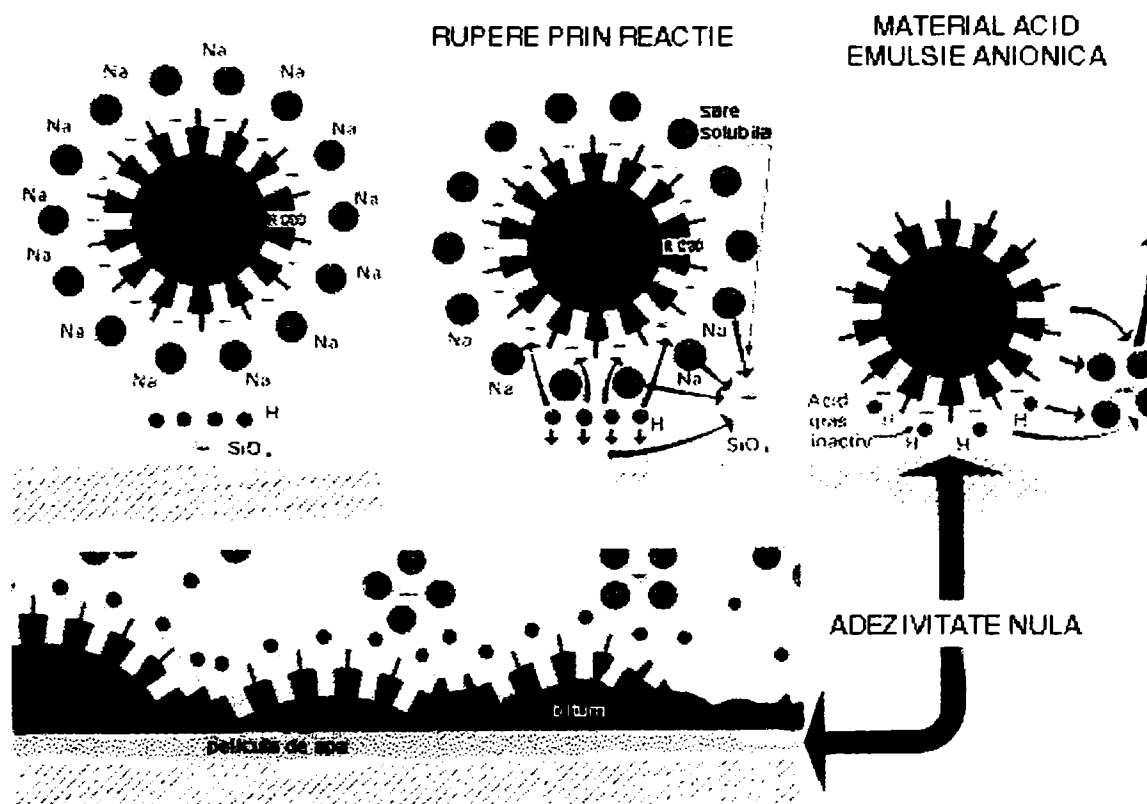


Fig. 1.8 - Fenomenul ruperii emulsiei bituminoase anionice pe agregate acide [140].

Se constată deci, că se produce ruperea emulsiei, dar nu există adezivitate întrucât nu se formează cimentul ca în cazul agregatelor alcaline.

Concluzie. Din punct de vedere a utilizării în sectorul rutier, este foarte important faptul că nu se pot folosi emulsiile anionice în cazul agregatelor acide.

Cazul ruperii emulsiei bituminoase cationice pe agregate acide

În prezența agregatelor acide, globulele de bitum ale emulsiei cationice fiind încărcate pozitiv, vor fi atrase de ionii $(\text{SiO}_4)^{-4}$ încărcăți negativ care tapițează agregatul. Fenomenul care are loc se poate urmări în fig. 1.9.

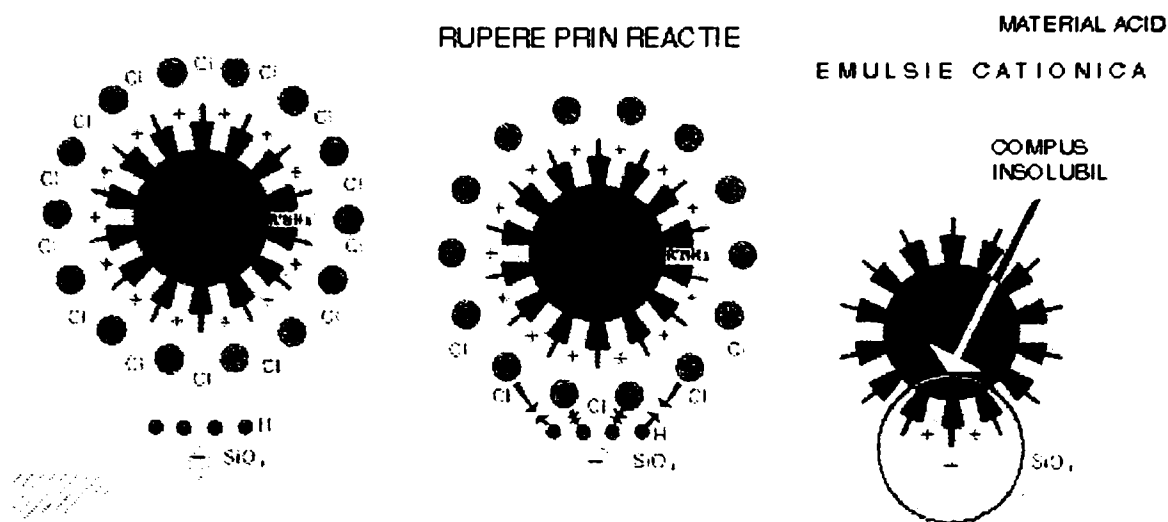


Fig. 1.9 - Fenomenul ruperii emulsiei bituminoase cationice pe agregate acide [140].

Anionii de Cl^- care înconjură globula de bitum vor fi neutralizați de cationii H^+ .

Reacția chimică care are loc este:



Se produce astfel ruperea emulsiei și adezivitatea între bitum și agregat datorită formării unui compus insolubil. Experiența arată că acest ciment se formează aproape instantaneu.

Concluzie: se constată că emulsiile bituminoase cationice au o foarte bună adezivitate atât pe roci alcaline cât și pe cele acide, fapt ce le-a impus ca net superioare celor anionice și în consecință sunt cele mai folosite în tehnica rutieră.

Timpul de rupere al emulsiei bituminoase este legat atât de caracteristicile fizico-mecanice ale emulsiei cât și de cele ale agregatelor folosite. Timpul de rupere este proporțional cu cantitatea de emulgator și depinde de asemenea de pH -ul emulsiei. În cazul emulsiilor cationice, cu cât cantitatea de emulgator este mai mare și pH -ul este mai acid, cu atât crește și stabilitatea emulsiei.

De asemenea, cu cât emulsia este mai fină, cu atât este mai stabilă față de agregate.

Referitor la factorii care depind de agregat, se menționează că ruperea este un fenomen de suprafață, părțile fine au tendința de a absorbi apa și în consecință, ruperea se produce cu atât mai repede, cu cât procentul de părți fine este mai mare.

Suprafața de contact a emulsiilor este foarte mare, literatura de specialitate, [128]; [131] arată că 1 g de bitum dispersat sub forma unei emulsii bituminoase de 50 % bitum, conține peste 15 miliarde globule de bitum cu diametrul mediu de 5 μ , suprafața totală a acestora fiind de 12 000 cm^2 .

Metode pentru determinarea timpului de rupere

Literatura de specialitate, [16]; [22]; [128]; [131] indică o serie de metode dintre care se vor prezenta câteva, pe care doctorandul le-a experimentat în Laboratorul Central al D.R.D.P. Timișoara.

Determinarea indicelui de rupere cu filer silicios, [128] metoda franceză a LCPC a fost adoptată și în România.

Principiul metodei constă în adăugarea filerului silicios, într-o cantitate de emulsie cunoscută până la ruperea completă a emulsiei, respectiv până în momentul în care amestecul se desprinde complet de recipient. Se folosește filer silicios având dimensiunea granulelor între 0,08 mm și 0,16 mm. Se introduce în mod uniform filerul silicios în 100 g emulsie, amestecând continuu, pentru a asigura omogenitatea, până la formarea unui cocoloș, care se desprinde de pe pereții vasului (capsulei în care se face amestecarea).

Cunoscând cantitatea de filer necesară până la ruperea emulsiei, se calculează indicele de rupere, cu relația:

$$I = \frac{F}{E} \cdot 100 \quad [\%] \quad [1.9]$$

în care:

I este indicele de rupere, în procente;

F - cantitatea de filer silicios introdus, în g;

E - masa emulsiei, în g.

Încercarea permite clasificarea emulsiilor bituminoase, din punct de vedere al indicelui de rupere, conform tabelului 1.2.

Tabel 1.2

Indice de rupere (filer silicios)	Emulsie cu rupere...
$I < 80$	rapidă
$80 < I < 120$	semilentă
$I > 120$	lentă

Determinarea indicelui de rupere cu filer de calcar

Se folosește filerul de calcar, care trece prin sita de 0,09 mm. Se cântăresc 100 g emulsie într-o capsulă și se introduce filerul astfel încât să cadă cam 0,2...0,3 g/secundă, amestecând în mod continuu, până la aglomerarea sub formă de cocoloș. Se notează cantitatea de filer de calcar folosit și se calculează indicele de rupere cu relația 1.9.

Indicele de rupere obținut prin această metodă are valorile prezentate în tabelul 1.3.

Tabel 1.3

Indice de rupere (filer de calcar)	Emulsie cu rupere...
$I < 40$	rapidă
$40 < I < 60$	semilentă
$I > 60$	lentă

Notă: se constată că prin metoda cu filer de calcar, indicele de rupere are valori cu 50 % mai mici decât în cazul indicelui de rupere prin metoda filerului silicios.

Determinarea timpului de rupere prin metoda elvețiană

Se lucrează cu 200 g agregate spălate și uscate cu dimensiunile între 3 și 6 mm, se amestecă într-o patentulă în mod continuu cu $20 \pm 0,5$ g emulsie până la rupere (nu se mai poate amesteca). Se notează timpul de rupere în minute.

Încercarea se efectuează în mod analog cu $50 \pm 0,5$ g părți fine sub 0,16 mm cu $100 \pm 0,5$ g emulsie. Dacă se poate amesteca emulsia cu părțile fine, ea se clasifică în categoria emulsiilor bituminoase cu rupere lentă. Timpul de amestecare se folosește pentru a diferenția emulsiile cu rupere rapidă de cele cu rupere semilentă.

Metoda germană, conform DIN

Se iau 200 g agregat din care 85 % cu dimensiunile 2...5 mm (bazalt) și 15 % nisip din bazalt 0...2 mm și se amestecă într-o patentulă cu 20 g emulsie bituminoasă timp de 30 secunde. Dacă se observă aglomerarea în bloc, emulsia se clasifică în categoria cu rupere rapidă. Dacă nu se aglomerează, se repetă încercarea cu 200 g nisip 0...2 mm, se amestecă întâi cu 30 cm^3 apă distilată până când apa se repartizează pe suprafața nisipului, apoi se adaugă 50 g emulsie, timp de un minut. Dacă amestecul nu are coeziune, sau dacă bitumul este neuniform repartizat și dacă se formează mici aglomerări, emulsia se clasifică în categoria semilentă. Dacă nu se produce întărirea amestecului, emulsia este de tip lentă.

Concluzii. Se constată că există o mare varietate de metode pentru determinarea timpului de rupere al emulsiilor bituminoase, în funcție de țară și standardele respective.

În România, începând cu anul 1987 metoda adoptată este cea franceză, determinarea indicelui de rupere se face cu filer silicios.

1.3. Unele aspecte privind adezivitatea liant - agregat

Adezivitatea liantului bituminos față de diferite agregate naturale constituie una dintre problemele importante ale tehnicii rutiere; multe îmbrăcăminti bituminoase și tratamente s-au degradat datorită unei adezivități insuficiente a bitumului în prezența apei.

Adezivitatea poate fi definită ca proprietatea lianților bituminoși de a adera pe suprafața agregatelor și de a lipi granulele între ele. De asemenea, se poate defini ca rezistența pe care o opune la dezlipire o peliculă de liant, care lipește două granule de agregat [16]; [22]; [95]; [128].

Adezivitatea este un fenomen foarte complex, care depinde de o serie de parametri.

Cercetările și studiile efectuate în diferite țări de o serie de cercetători au căutat să elucideze teoretic și practic, fenomenul adezivității [6]. În continuare se vor prezenta câteva din teoriile cele mai cunoscute din literatura de specialitate.

Teoria mecanică a fost elaborată de Mc. Bain, care arată că liantul pătrunde în porii și iregularitățile suprafeței agregatului, producând o îmbinare mecanică [22]; [23]. Adepții acestei teorii au arătat că suprafețele rugoase și de formă neregulată asigură o suprafață de contact mai mare între liant și agregat. Îmbinarea mecanică este influențată negativ de straturile de praf, care în mod sigur micșorează adezivitatea.

Teoria orientării moleculare [22]; [23]; [131] susținută de Lee și Mack explică fenomenul de adezivitate prin orientarea lianților bituminoși când vin în contact cu un solid (agregatul natural). Grosimea straturilor de molecule orientate este foarte mică. Unii cercetători au demonstrat prin studiile lor, existența unei orientări moleculare, prin metoda difracției razelor X; în schimb Meissner și Alexander susțin că nu au observat această orientare.

Teoria reacției chimice [22]; [23]; [131] consideră fenomenul de adezivitate ca o reacție ce are loc între compușii chimici ai agregatului și ai liantului. Conform acestei teorii,

unii cercetători au clasificat agregatele din punct de vedere chimic, în tipuri bazice, acide și neutre, stabilind că adezivitatea pe roci bazice și neutre este mult mai mare decât pe cele acide.

Clasificarea rocilor [128]; [131] se face ținând seama de conținutul de bioxid de siliciu (SiO_2), astfel:

- roci acide, cu un conținut de peste 65 % SiO_2 ;
- roci neutre, cu un conținut de 55...65 % SiO_2 ;
- roci bazice, cu un conținut de sub 55 % SiO_2 .

În favoarea acestei teorii pledează practic, modul de îmbunătățire a adezivității prin tratarea cu lapte de var a agregatelor naturale provenite din roci de natură silicioasă.

Teoria energiei interfaciale explică adezivitatea prin energia de suprafață a liantului și agregatului în prezența apei. Schematic fenomenul este prezentat în fig. 1.10.

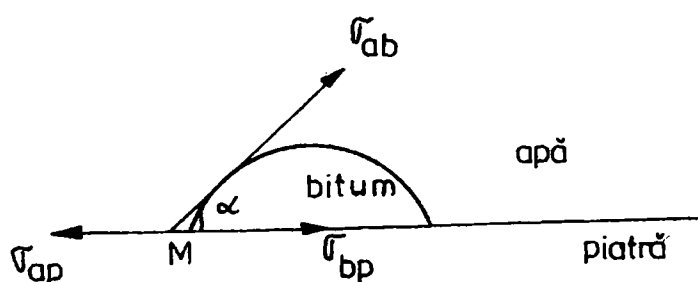


Fig. 1.10 - Fenomenul adezivității bitum - piatră (agregat) în prezența apei.

Se ia în considerare suprafața unei pietre în contact cu bitumul și apa. Matematic, fenomenul poate fi explicat astfel :

- dacă se consideră punctul M la limita de separare a celor trei faze și unghiul α , unghiul de racordare a bitumului la piatră (agregat) și apă, pentru punctul M considerat, condiția de echilibru este dată de relația:

$$\sigma_{ap} = \sigma_{bp} + \sigma_{ab} \cos \alpha \quad [1.10]$$

în care:

σ_{ap} este tensiunea interfacială între apă și piatră;

σ_{bp} - tensiunea interfacială între bitum și piatră;

σ_{ab} - tensiunea interfacială între apă și bitum;

α - unghiul de racordare (unghiul de udare).

Când $\sigma_{ab}\cos \alpha$ este > 0 , liantul bituminos va realiza o bună adezivitate, piatra (roca) fiind hidrofilă pentru bitum și respectiv hidrofobă pentru apă. Rocile hidrofobe aparțin în general grupei de roci bazice, [22]; [128]; [131].

Dacă $\sigma_{ab}\cos \alpha$ este < 0 , liantul bituminos nu realizează adezivitatea la agregat, iar pelicula de bitum va fi îndepărtată de apă. Acest fenomen este caracteristic pentru agregatele care provin din roci hidrofile (rocile hidrofile sunt în general roci acide).

Conform celor arătate anterior, se vede că nu se poate realiza o adezivitate corespunzătoare decât în cazul existenței fenomenului de umectare a agregatului de către liant. Chiar în acest caz este important să existe contact direct între agregat și liant; impuritățile ca: praful, argila frânează în mod considerabil fenomenul de adezivitate, iar în cazul liantului pur (bitum pur) și umiditatea.

Dupré [44]; [45]; [131] pornind de la presupunerea că unitatea de suprafață 1 cm^2 a interfeței lichid - solid este supusă unei forțe de întindere sau de contracție a lichidului a exprimat lucrul de adeziune prin relația 1.11:

$$W_a = \sigma_{ap} + \sigma_{ab} - \sigma_{bp} \quad [1.11]$$

în care W_a este lucrul de adeziune, celelalte σ_{ap} , σ_{ab} și σ_{bp} sunt prezentate în ecuația 1.10.

Ecuația lui Dupré indică faptul că două suprafețe noi se creează în urma unei cheltuieli de energie, notată în acest caz cu lucrul de adeziune. Combinând cele două relații matematice:

$$\sigma_{ap} - \sigma_{bp} = \sigma_{ab} \cos \alpha \quad \text{CU} \quad [1.12]$$

$$W_a = \sigma_{ap} + \sigma_{ab} - \sigma_{bp}, \text{ se obține:} \quad [1.13]$$

$$W_a = \sigma_{ab} \cos \alpha + \sigma_{ab} = \sigma_{ab} (\cos \alpha + 1) \quad [1.14]$$

dacă $\alpha = 0$

$$W_a = 2\sigma_{ab} \quad [1.15]$$

dacă $\alpha = 180^\circ$

$$W_a = 0 \quad [1.16]$$

Efectul straturilor adsorbite. În mod obișnuit, pe suprafața agregatelor în condiții atmosferice naturale pot fi adsorbite: umiditate, praf, argilă, impurități etc, [22]; [128]; [131]. În acest caz, în ecuația lucrului de adeziune intervine o creștere a valorii lui cu valoarea lucrului mecanic necesar tocmai pentru eliminarea stratului adsorbit. În acest caz ecuația lui Dupré devine:

$$W_a = \sigma_{ab} (\cos \alpha + 1) + \pi_e \quad [1.17]$$

unde:

π_e reprezintă lucrul mecanic necesar pentru eliminarea stratului adsorbit.

Efectul rugozității agregatului influențează în mod favorabil adezivitatea, prin mărirea proprietății de umectare a solidului.

Aspecte ale legăturii liant - agregat. În tehnica rutieră, un interes special îl reprezintă legătura dintre liant și agregat. În procesul tehnologic, operația de amestecare a liantului cu agregatele are ca scop peliculizarea bitumului pe suprafața agregatelor și realizarea în acest scop a unei cât mai bune adezivități. Peliculizarea liantului pe agregate necesită un liant cu vâscozitate mică și o suprafață cât mai curată a agregatelor.

În perioada de priză liantul se întărește prin:

- răcire;
- evaporarea solventului;
- evaporarea apei.



În cazul folosirii emulsiilor bituminoase cationice la executarea tratamentelor bituminoase, fenomenul care are loc este evaporarea apei.

În timpul prizei și întăririi, amestecul de liant - agregat formează un sistem în care un film subțire de liant leagă și acoperă granulele agregatului. Dacă pe parcursul acestor două faze: priza și întărirea, procesul tehnologic este corespunzător, sistemul devine rezistent la acțiunea apei, a luminii, a căldurii și a solicitărilor datorită traficului.

În mod practic am constatat că dacă lucrarea s-a dat prea rapid în circulație (întărirea nu s-a realizat), sau a plouat în timpul perioadei de priză, sau s-a produs o scădere pronunțată a temperaturii mediului înconjurător, au apărut o serie de defecțiuni ale tratamentului bituminos sau a îmbrăcămintei bituminoase realizate.

Factorii mai importanți care influențează legătura dintre liant și agregat depind de proprietățile liantului, de grosimea filmului de liant și de proprietățile agregatului [22]; [131].

Proprietățile liantului influențează procesul de adezivitate prin compoziția și structura sa. R. Ariano arată că adezivitatea depinde în cea mai mare măsură de conținutul în asfaltene al liantului și numai în mică măsură de conținutul în rășini. Parafina din bitum scade considerabil adezivitatea acestuia [22]; [131].

O altă proprietate a liantului, pentru a asigura o bună adezivitate este viscozitatea lui. În prima fază de peliculizare este necesară o viscozitate mică, iar după punerea în operă, se cere ca liantul să atingă o viscozitate mult mai mare, care să asigure realizarea rezistenței la apă a peliculei.

În cazul emulsiilor bituminoase folosite la realizarea tratamentelor, aceste cerințe sunt satisfăcute. De remarcat că viscozitatea emulsiilor variază în funcție de conținutul de bitum din emulsie după cum se poate urmări în tabelul 1.4.

Conținutul de bitum, %	Viscozitatea în °E la 20 °C
50	2,2...4,0
55	4,0...8,0
60	7,0...12,0
65...70	10,0...15,0

Ținând seama de cele arătate mai sus am constatat că din punct de vedere al execuției este foarte important să se cunoască variația viscozității, deoarece emulsiile bituminoase viscoase trebuie încălzite pentru a le putea stropi cu utilajele ce stau la dispoziția executantului.

Grosimea filmului de liant influențează adezivitatea. S-a constatat că filmele mai subțiri de liant asigură o mai bună adezivitate decât filmele groase. Rezistența la tracțiune și la forfecare crește pe măsură ce grosimea filmului de liant se micșorează, evident până la o anumită limită.

M. Duriez arată că grosimea optimă a filmului de liant pentru anrobarea și aglomerarea granulelor variază în funcție de diametrul granulelor, după o relație de tipul:

$$e = \lambda d^{0,8} \quad [1.18]$$

în care:

e este grosimea filmului de liant, în microni;

λ - coeficient, care depinde de caracteristicile bitumului;

d - diametrul granulei medii, în mm.

Proprietățile agregatului influențează fenomenul de adezivitate prin compoziția lui, aspectul suprafeței, gradul de curățenie, etc. Așa după cum s-a arătat anterior, adezivitatea

liantului bituminos este mai mare pe roci de natură bazică, dacă sunt și hidrofobe, și considerabil scăzută pe roci de natură acidă (în general hidrofile).

Observații privind determinarea adezivității în laboratoarele de drumuri

La noi determinarea adezivității se realizează la rece prin:

- metoda statică;
- metoda dinamică.

Metoda statică. Principiul metodei constă în menținerea în apă distilată a granulelor agregatului natural, peliculizate cu bitum depus prin ruperea emulsiei bituminoase cationice în condiții de durată și temperatură riguros respectate după care se face aprecierea suprafeței granulelor rămasă acoperită cu bitum. Se lucrează cu 100 g agregat spălat și uscat în etuvă până la masă constantă. Se pune într-o capsulă agregatul răcit în exicator și se adaugă emulsia bituminoasă astfel ca să se realizeze $4,8 \pm 0,2$ g bitum rezidual. Se introduce amestecul în etuvă (agregat + emulsie) timp de 5 minute la $135\text{ }^{\circ}\text{C}$, apoi se scoate și se amestecă până la omogenizare; se usucă 20 ore în etuvă la $135\text{ }^{\circ}\text{C}$. După uscare se scoate din etuvă capsula și se amestecă până la răcire. Se trece amestecul într-un pahar Berzelius și se acoperă cu apă distilată astfel ca apa să depășească amestecul cu 7...8 cm și se acoperă cu o sticlă de ceas. După 18 ore se face estimarea suprafeței rămasă acoperită cu bitum (cu ochiul liber), amestecul menținându-se sub apă.

Metoda dinamică. Pregătirea amestecului este identică ca la metoda statică, cu deosebirea că după imersarea în apă, când se face estimarea adezivității, conținutul se amestecă în apă în paharul Berzelius prin rotirea spatulei de 100 de ori timp de 3 minute.

Estimarea adezivității se face la fel, iar interpretarea rezultatelor pentru ambele metode este dată în tabelul 1.5.

Tabel 1.5

Metoda statică	Metoda dinamică
Suprafața granulelor rămasă acoperită cu bitum:	
<ul style="list-style-type: none"> - mai mult de 95,0 % din suprafață; - 95,0 % din suprafață; - mai puțin de 95,0 % din suprafață. 	<ul style="list-style-type: none"> - 100 % când suprafața este complet acoperită; - 90 % când peste 90 % din suprafață rămâne acoperită; - 75 % când 75...90 % din suprafață rămâne acoperită; - 50 % când 50...75 % din suprafață rămâne acoperită; - sub 50 % când mai puțin de 50 % din suprafață rămâne acoperită; - 0 % când bitumul se desprinde complet de pe granule.

Rezultate experimentale obținute în laborator

În Laboratorul Central al D.R.D.P. Timișoara am participat la o serie de determinări ale adezivității prin diferite metode lucrând cu bitum D 80/120, cu bitum albanez, cu emulsie cationică, cu rupere lentă sau rapidă, folosind agregate spălate sau nespălate provenite din bazalt (criblură), mărgăritar silicios sau balast concasat calcaros. Rezultatele sunt arătate în tabelul 1.6.

Din tabel se constată că aparatul cu placă (Viallit) dă în general valori mai mari decât celelalte metode. Cea mai severă metodă este evident cea prin fierbere. Caracteristic pentru toate metodele este scăderea considerabilă a adezivității pe suprafețele murdare, nespălate și acoperite cu praf.

Tabel 1.6

Nr. Crt.	Metoda	Liantul		Adezivitatea pe suprafață acoperită				
				criblură bazalt		mărgăritar silicios		Agr. concasat calcaros
				S	N	S	N	
1.	Fierbere în apă	bitum D 80/120	no- ta	5	3	4	2	4
2.	Fierbere în apă	emulsie cationică	no- ta	5	3	5	3	5
3.	Imersare în apă după 24 h	bitum D 80/120	%	90	60	75	50	75
4.	Imersare în apă după 7 zile	bitum D 80/120	%	90	60	75	50	75
5.	Prin fierbere	bitum D 80/120	%	85	60	70	40	50
6.	Aparat cu placă	bitum D 80/120	%	95	60...70	80...90	50...60	80...90
7.	Aparat cu placă	emulsie cationică cu rupere lentă	%	95...98	60...70	90...95	40...50	90...95
8.	Aparat cu placă	bitum albanez	%	64	10	-	-	-

Notă: S - spălată; N - nespălată

Din literatura de specialitate și din experimentările efectuate în toate țările și evident și în România [22]; [131] se constată că problema adezivității lianților bituminoși este una din cele mai importante probleme pentru sectorul de drumuri și că o serie de deficiențe și degradări, care apar în exploatarea îmbrăcăminților bituminoase, au drept cauză tocmai adezivitatea necorespunzătoare în sistemul liant bituminos - agregat natural.

Pentru îmbunătățirea adezivității se folosesc pe scară largă diferite substanțe care micșorează tensiunea interfacială liant - agregat.

Studiile recente [128]; [139] arată că cei mai eficienți aditivi sunt aminele alifactice cu catenă lungă și sărurile cuaternare de amoniu, care chiar în cantitate mică 0,3...1,0 % (din masa liantului) contribuie esențial la mărirea adezivității.

Am constatat din experiență că oricât de bun ar fi un aditiv, el nu poate îmbunătăți adezivitatea pe agregate naturale murdare, acoperite cu praf și argilă. Din acest considerent toate agregatele trebuie să fie foarte curate, iar suprafețele pe care se execută tratamentele bituminoase trebuie în prealabil să fie foarte bine spălate cu apă sub presiune pentru îndepărtarea prafului, argilei și a oricăror altor impurități existente pe suprafața drumului.

În ceea ce privește adezivitatea emulsiilor bituminoase cationice, emulgatorul folosit este el însuși un aditiv, în consecință, el asigură o foarte bună adezivitate, atât pe agregate care provin din roci bazice cât și acide.

În consecință se poate preciza că adezivitatea unei emulsii bituminoase [139] depinde de:

- natura și cantitatea emulgatorului, dar, nu se poate mări prea mult cantitatea de emulgator întrucât o cantitate prea mare riscă să facă emulsia bituminoasă prea stabilă (ceea ce nu este de dorit în tehnica rutieră);
- p_H -ul emulsiei, fiecare emulgator având un interval de p_H în care adezivitatea este cea mai mare;

- de dimensiunea globulelor emulsiei, cu cât acestea sunt mai uniforme cu atât și adezivitatea este mai bună.

1.4. Viscositatea emulsiei bituminoase

Viscozitatea emulsiilor bituminoase reprezintă gradul de fluiditate [16]; [139] al emulsiei și se poate măsura prin mai multe metode, dintre care cele principale sunt:

- curgerea emulsiei printr-un orificiu calibrat, metoda Engler în Europa, Saybolt - Furol în America;

- forfecarea între doi cilindri coaxiali, metoda Brookfield, Haake.

Este necesar să se precizeze că emulsiile bituminoase **nu** sunt lichide newtoniene, viscozitatea lor depinde de viteza de forfecare.

Principalul factor care influențează viscozitatea este conținutul de bitum, fig 1.11.

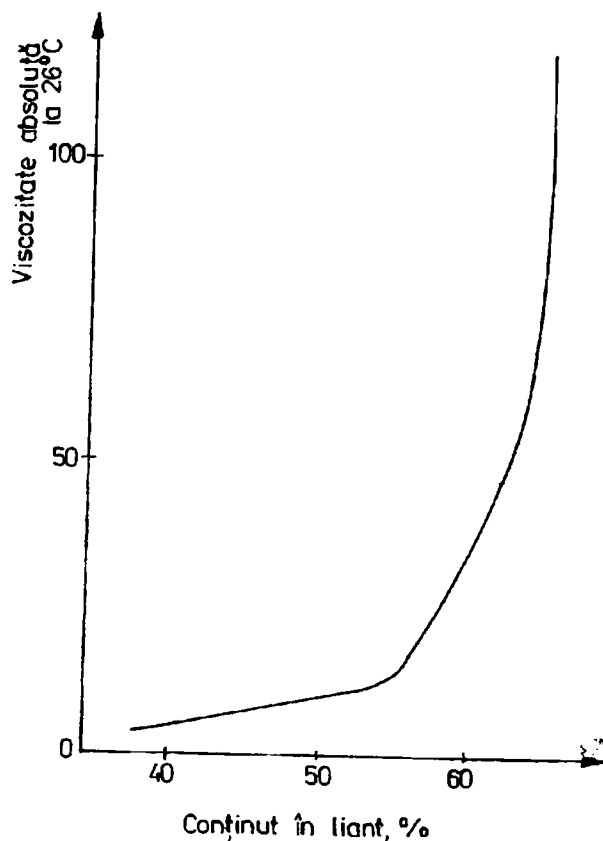


Fig 1.11 - Variația viscozității în funcție de conținutul de bitum.

Viscozitatea emulsiei crește cu conținutul de bitum; această creștere lentă la început, devine foarte rapidă când se ajunge la concentrații mari. Astfel, pentru o creștere de la 62 la 65 % bitum, se poate observa o creștere de aproximativ două ori, respectiv de la 5 °E la 12 °E.

Este destul de greu să se stabilească ecuația matematică a acestei variații. Pentru procente foarte scăzute ale fazei dispersate, Einstein [128] a stabilit relația:

$$\eta = \eta_0(1 + 2,5\phi) \quad [1.19]$$

în care:

η este viscozitatea emulsiei;

η_0 - viscozitatea fazei dispersante;

ϕ - conținutul fazei dispersate (conținutul de bitum).

Dar, această ecuație nu se poate aplica unor procente importante de liant (bitum).

Numeroși cercetători au căutat să modifice această relație ajungând la ecuații de tipul:

$$\eta = \eta_0(1 + \alpha_0\phi + \alpha_1\phi^2 + \alpha_2\phi^3 + \dots) \quad [1.20]$$

unde: $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ sunt constante, α_0 fiind aproximativ egal cu 2,5.

Alți cercetători au stabilit relații de tip logaritmic:

$$\lg \frac{\eta}{\eta_0} = k\Phi \quad (\text{Richardson}) \quad [1.21]$$

$$\lg \frac{\eta}{\eta_0} = k\Phi + a \quad (\text{Broughton si Squires}) \quad [1.22]$$

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \left(\frac{1}{1-\Phi} \right) k_e + k_p \Phi^2 \quad (\text{Gillespie}) \quad [1.23]$$

în care k, a, k_e și k_p sunt constante.

Viscozitatea fazei dispersante [16]; [128] nu este așa cum s-ar putea crede egală cu cea a apei, ea depinde de natura și de procentul de emulgator introdus în emulsie.

Astfel, emulgatorul poate provoca formarea gelurilor, care, mărind viscozitatea fazei dispersante, poate mări uneori destul de mult viscozitatea propriu-zisă a emulsiei.

1.5. Susceptibilitatea termică a emulsiilor bituminoase

Viscozitatea emulsiei bituminoase variază foarte mult cu temperatura, fenomen denumit susceptibilitatea termică a emulsiei. Aceasta reprezintă o caracteristică foarte importantă în domeniul lucrărilor rutiere, putându-se varia temperatura la care se folosesc emulsiile bituminoase [16]; [128].

Variația viscozității în funcție de temperatură este prezentată în fig. 1.12.

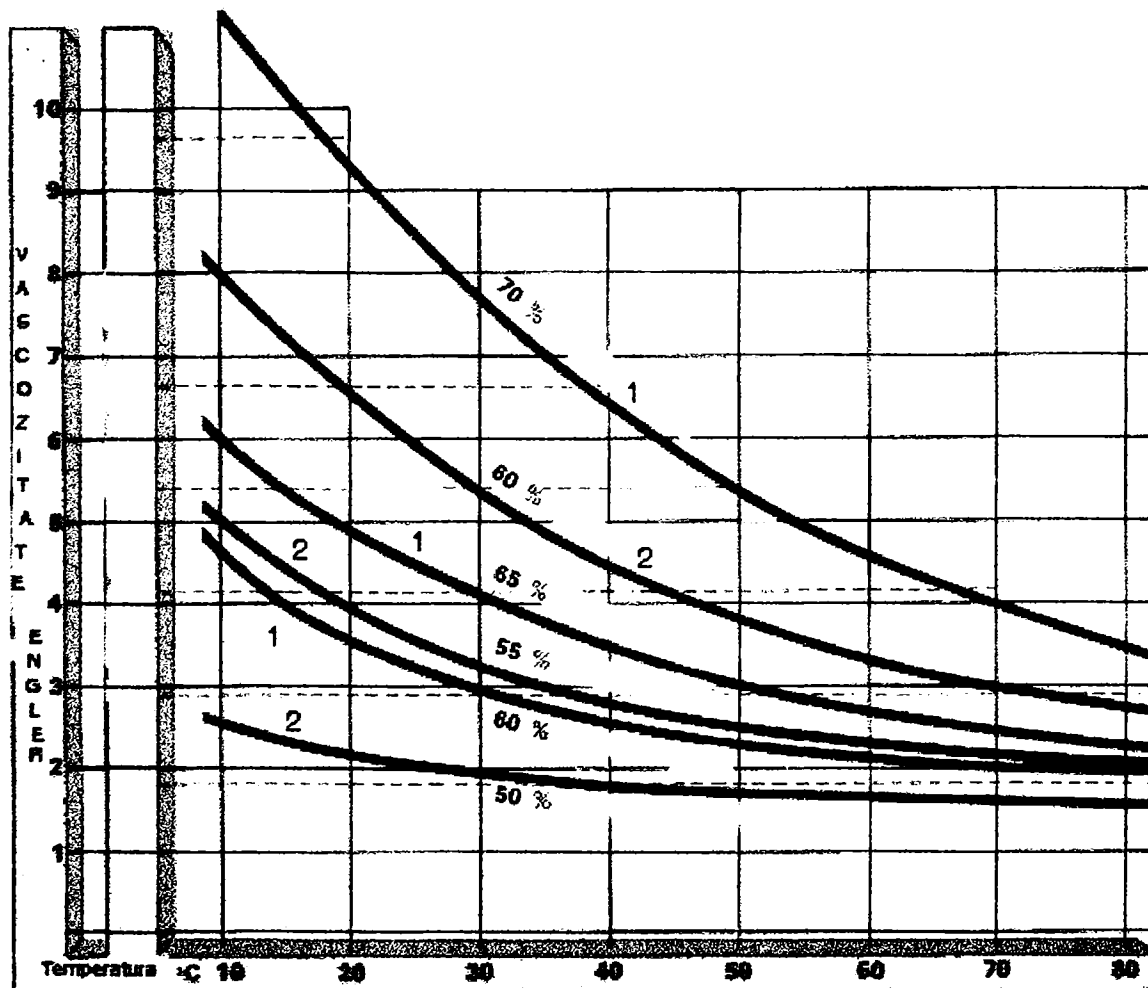


Fig. 1.12 - Variația viscozității în funcție de temperatură. 1 - Cationică; 2 - Anionică [140].

Susceptibilitatea se calculează cu relația:

$$S = \frac{^{\circ}E_{10} - ^{\circ}E_{20}}{^{\circ}E_{20}} \quad [1.24]$$

în care:

S este susceptibilitatea;

$^{\circ}E_{10}$ - viscozitatea Engler la 10 °C;

$^{\circ}E_{20}$ - viscozitatea Engler la 20 °C (cea standardizată).

Dacă se urmărește susceptibilitatea la temperatura de 40 °C, relația devine:

$$S = \frac{^{\circ}E_{20} - ^{\circ}E_{40}}{^{\circ}E_{20}} \quad [1.25]$$

Din acest considerent, pe timp călduros, se vor folosi emulsii cu 65 % bitum cu viscozitatea mai mare de 12 °E la 20 °C, întrucât la 40 °C viscozitatea devine 10 °E.

Susceptibilitatea unei emulsii se măsoară prin viscozitatea ei în °E la diferite temperaturi și se recomandă ca la variația temperaturii de la 20 °C la 10 °C (scădere evident) sau la o creștere a temperaturii de la 20 °C la 40 °C, viscozitatea emulsiei să nu varieze cu mai mult de 30 %.

În practică, pentru a aprecia susceptibilitatea unei emulsii, se măsoară viscozitatea Engler la două temperaturi date și se determină variația ei în procente, în raport cu cea a temperaturii inițiale. Cunoscând influența temperaturii asupra viscozității se vor putea folosi emulsiile bituminoase viscoase mărind temperatura de lucru (încălzire) ceea ce permite stropirea emulsiei cu utilajele existente pe șantiere.

1.6. Omogenitatea emulsiei

Emulsiile bituminoase sunt alcătuite din particule de bitum (globule) al căror diametru mediu variază între 1 și 5 μ. O anumită proporție mai mică de un micron este antrenată de mișcarea browniană, care favorizează menținerea bitumului în suspensie în apă (faza

dispersantă). Particulele mai mari de 10 μ și mai ales particulele de liant cu dimensiuni mai mari, sferice sau nu, prezintă o tendință clară de sedimentare și din această cauză pot obtura rampele și orificiile de stropire a emulsiei.

O emulsie omogenă nu trebuie, în nici un caz, să conțină astfel de particule de liant, care să provoace incidente sau neregularități în timpul folosirii lor.

Omogenitatea emulsiei se măsoară prin trecerea ei pe sita de 0,63 mm, restul admis fiind de max. 0,5 %.

1.7. Aparatură nouă în domeniul emulsiilor bituminoase

Cercetările efectuate de Graziella Durand, din partea Laboratorului Central Colas și Antonie Gerritsen de la Shell Research - Amsterdam se referă în principal la următoarele caracteristici ale emulsiilor bituminoase:

- finețea emulsiei;
- proprietăți interfaciale;
- micromorfologie;
- reologie și reofizică.

Tehnicile inovatoare privind cercetările de laborator se referă mai ales la cunoașterea mai aprofundată a cineticii ruperii emulsiei și a coalescenței, ținând seama de faptul că cinetica ruperii este esențială pentru tehnologia din sectorul rutier.

Aparatura modernă pusă la punct și folosită în acest scop este prezentată în continuare (fig. 1.13).

Aparatul este un spectro-retrodifuziometru, care permite studierea cu o viteză de 20 ori mai mare decât a ochiului unui cercetător a fenomenului de coalescență și rupere a emulsiei. TURBISCAN permite să se lucreze și în mediu tulbure (cazul emulsiei) și studiază sedimentarea, flokularea, coalescența etc.

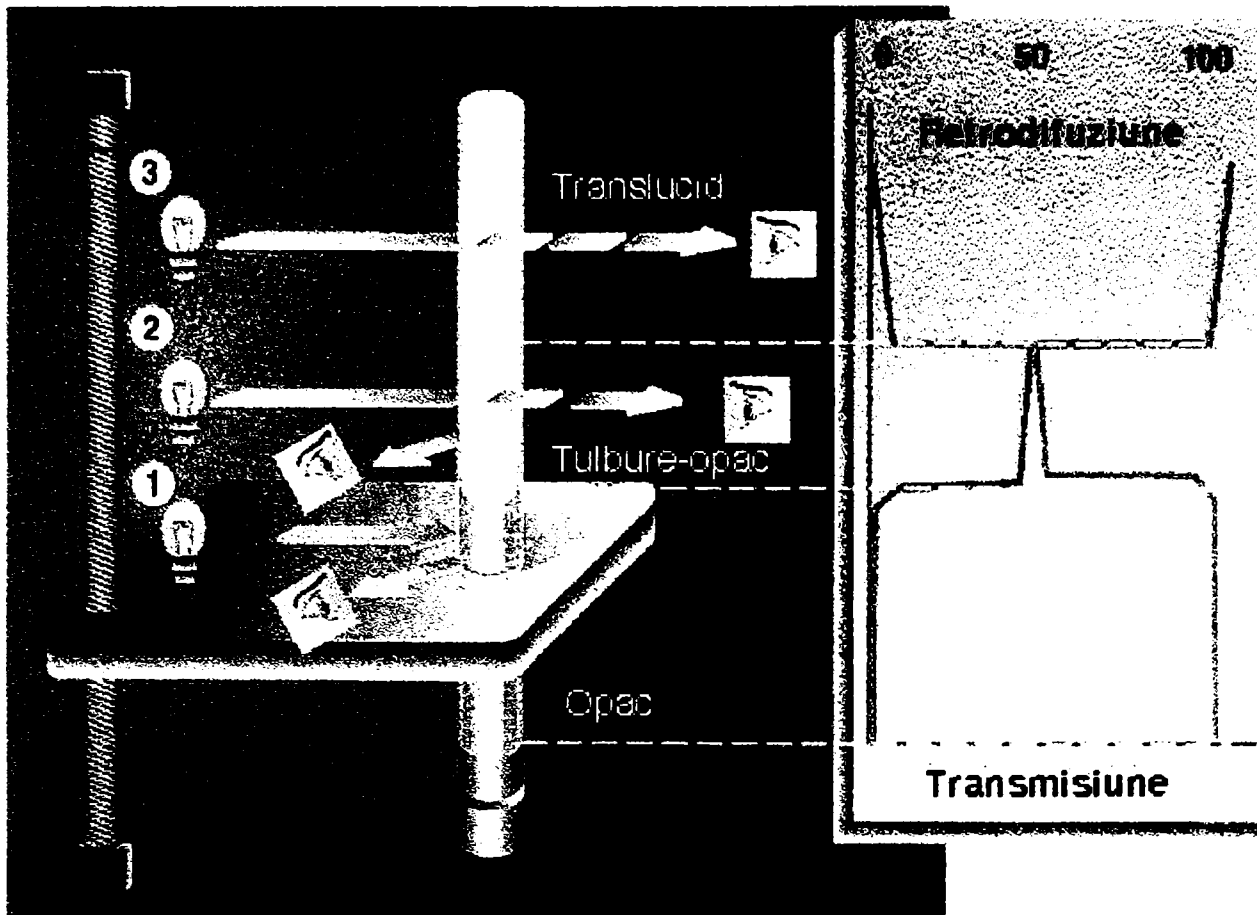


Fig. 1.13 - Schema de principiu a aparatului Turbiscan pentru studii cinetice.

Pentru studierea globulelor de bitum din emulsia bituminoasă se folosește în continuare microscopul (fig. 1.14).

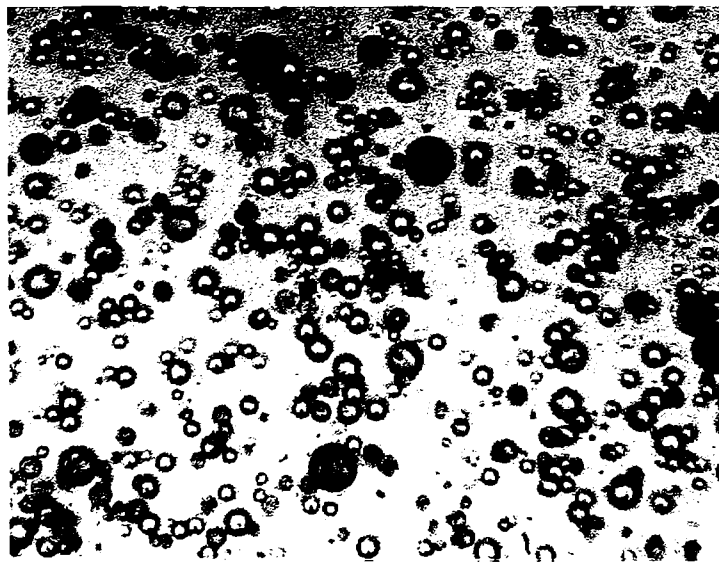


Fig. 1.14 - Micromorfologia unei emulsii bituminoase. Scara: 1 cm echivalează cu 5 μm .

Referitor la **finețea emulsiei** se folosesc în continuare următoarele încercări de laborator:

- cernerea;
- sedimentarea, conform legii lui Stokes;
- microscopia;
- spectroscopia acustică.

Ca tehnică de laborator modernă, spectroscopia acustică se bazează pe propagarea ultrasunetelor în medii concentrate, dimensiunea particulelor fiind dedusă din calculul atenuării ultrasunetelor în emulsie fără să mai fie necesară diluarea ei. În acest scop a fost propus de către Malvern Instruments Ltd, aparatul ULTRASIZER (fig. 1.15) care permite analiza emulsiilor bituminoase în concentrații foarte diferite de la 0,1 % la 70 % bitum, și pentru dimensiuni ale particulelor de la 0,01 μ până la 1 mm.

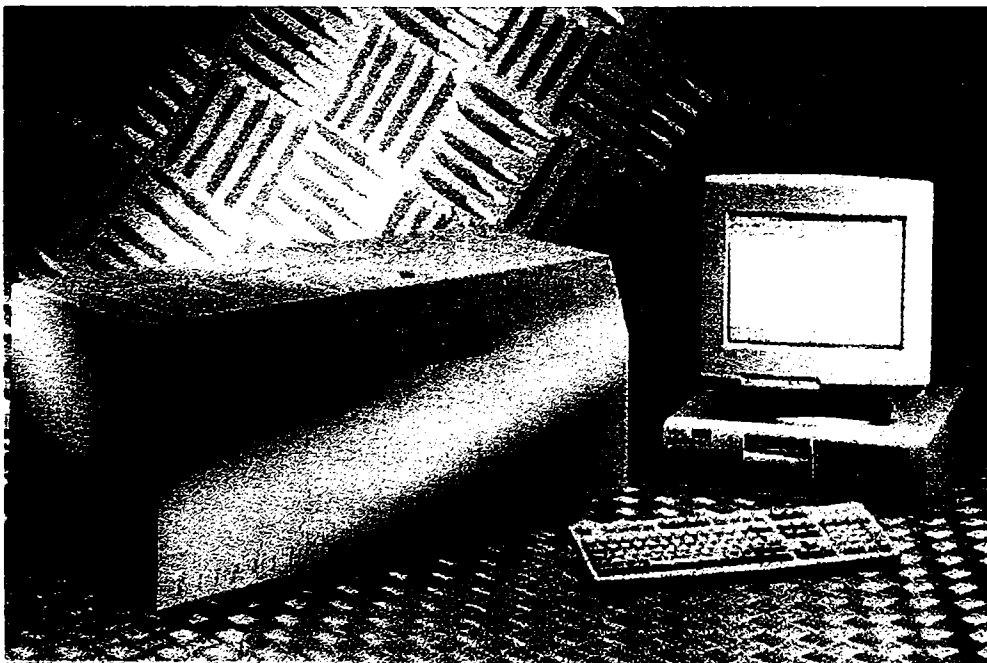


Fig. 1.15 - Ultrasizer - spectroscopie acustică.

Proprietățile interfaciale au fost studiate de-a lungul anilor cu ajutorul diferitelor tipuri de tensiometre. Recent, în colaborare cu Shell Research s-a pus la punct tensiometrul dinamic ODT 200 (fig. 1.16).

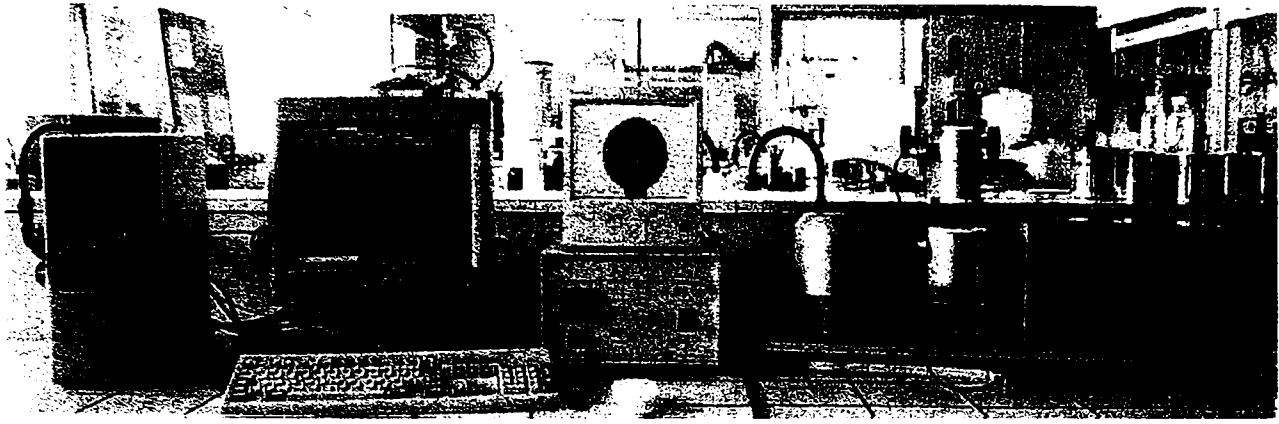


Fig. 1.16 - Tensiometru dinamic ODT 200.

Aparatul permite să se lucreze la temperaturi ridicate și nu este influențat de viscozitatea emulsiei.

Tensiunea interfacială a picăturii (globulei de bitum) se măsoară ținând cont de ecuația lui Laplace. Cercetările făcute cu acest tensiometru dinamic permit studierea fenomenelor de la interfața granulei de bitum într-un mediu acid (cazul emulsiilor bituminoase cationice).

Reologia emulsiilor [139]. Analiza reologică a emulsiilor bituminoase permite să se prevadă comportarea lor la forfecare în condițiile de utilizare ale acestora. Aparatura folosită este prezentată în fig. 1.17.

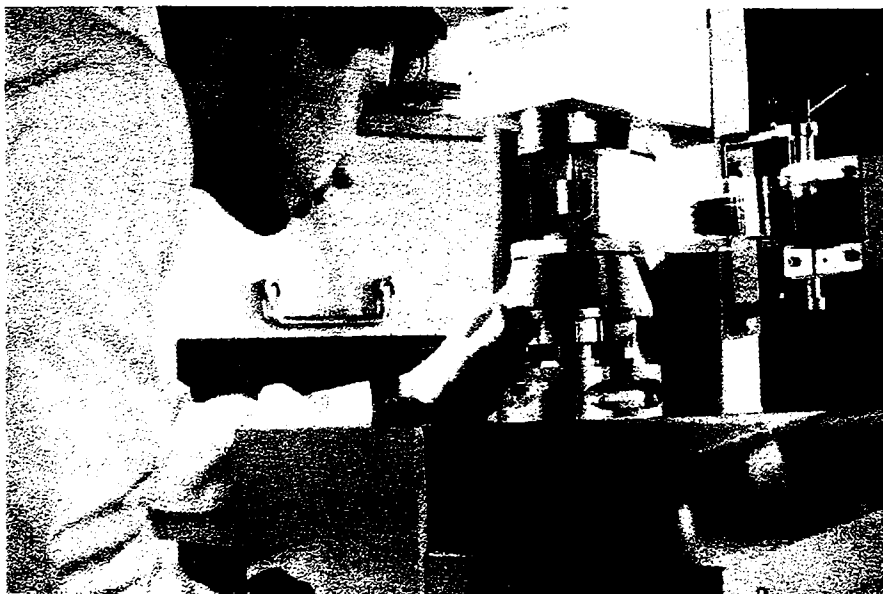


Fig. 1.17.- Reometru cu efort impus Carimed CSL 100, tehnologie asociată: reologia de scurgere și oscilatorie.

Aparatul permite studierea caracteristicilor reologice ale emulsiilor și a interacțiunii dintre globulele de bitum.

Reofizica după cum rezultă din denumire, provine din unirea reologiei cu fizica, și studiază proprietățile fluidelor complexe, studiind scurgerea acestora.

Aparatura folosită în acest scop este prezentată în fig. 1.18.

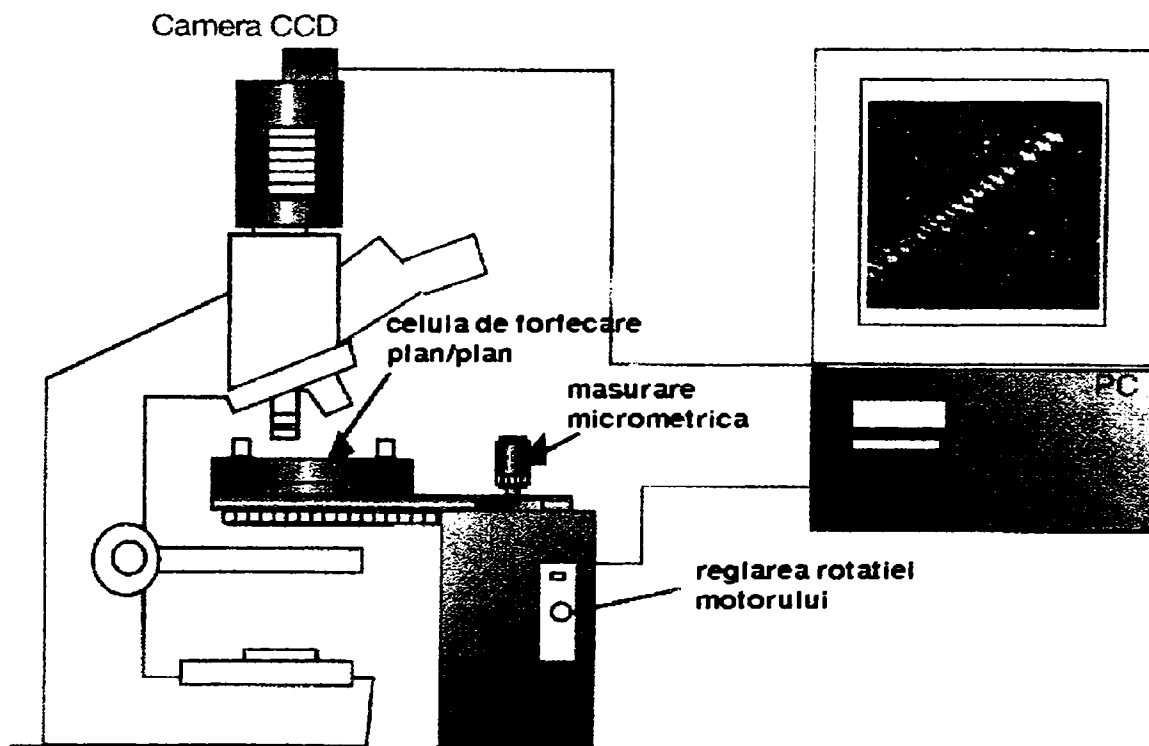


Fig. 1.18 - Schema de principiu a RΦM - 100 - tehnologie reofizică, prin cuplarea observației microscopice sub forfecare în geometrie plan / plan.

Sistemul de măsurare al aparatului combină geometria clasică a reometrului la forfecare și o metodă fizică ce permite să se măsoare:

- difuziunea luminii;
- difuziunea neutronilor;
- difuziunea razelor X;
- observații microscopice;
- conductivitate.

Aparatura de mai sus permite studierea schimbării structurii emulsiei bituminoase sub efectul forfecării, al scurgerii și al coalescenței.

Cercetările întreprinse recent în domeniul emulsiilor bituminoase arată complexitatea aparaturii destinată studierii proprietăților lor, evidențiind mai ales folosirea următoarelor metode de investigare:

- spectroscopia;
- microscopia;
- reologia;
- reofizica.

Toate acestea permit o mai bună cunoaștere a proprietăților emulsiilor bituminoase, evident cu scopul practic de lărgire a domeniului lor de folosire.

Cap. 2. STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND TEHNOLOGIA DE PREPARARE A MIXTURILOR ASFALTICE LA RECE

2.1. Tehnologia de preparare și punere în operă a mixturilor asfaltice la rece, folosind ca liant emulsia bituminoasă cationică (EBCL) cu rupere lentă, în instalația LPX adaptată acestei tehnologii

Generalități

Folosirea emulsiilor bituminoase cationice cu rupere lentă (EBCL) la realizarea diferitelor tipuri de mixturi asfaltice la rece, pune la dispoziția specialiștilor care lucrează în sectorul de drumuri, noi soluții tehnice, care contribuie la economisirea carburanților folosiți în mod obișnuit, în tehnologiile de producere a mixturilor asfaltice la cald.

Primele încercări pe scară mai largă s-au făcut la noi în țară în cadrul D.R.D.P. Timișoara într-o instalație modificată în acest sens [3]; [6]; [8]; [14]; [16], ceea ce a permis fabricarea pe scară largă a acestor mixturi asfaltice, printr-o tehnologie relativ simplă. Îmi revine, alături de o serie de colaboratori, meritul de a fi realizat în premieră în România "Instalația adaptată pentru producerea mixturilor asfaltice și la rece" pentru care am primit Brevetul de invenție nr. 93981 din 30 octombrie 1987.

În vederea realizării mixturilor asfaltice la rece în instalațiile existente LPX am efectuat de-a lungul anilor o serie mare de cercetări în laborator orientate în principal în următoarele direcții:

- studii și încercări de laborator în vederea stabilirii compoziției emulsiei bituminoase cationice cu rupere lentă;
- cercetări privind tipul de emulgator folosit și dozajul optim;
- determinarea și studierea caracteristicilor emulsiei obținute;

- fabricarea în cantități mari a emulsiei bituminoase cationice cu rupere lentă în fabrica de emulsie de la Săcălaz și verificarea proprietăților acesteia;

- studierea agregatelor naturale prelucrate și neprelucrate care urmau să fie folosite la elaborarea dozajelor pentru diferite tipuri de mixturi asfaltice preparate la rece.

Referitor la realizarea mixturilor asfaltice la rece s-au întreprins un număr foarte mare de studii și cercetări de laborator privind compoziția fiecărui tip de mixtură asfaltică, dozajul optim de emulsie, cantitatea necesară de apă de umezire etc. preparându-se în acest scop în laborator o mare gamă de amestecuri de agregate și emulsie, ale căror caracteristici au fost supuse unor serii de încercări în vederea stabilirii celor mai bune și performante mixturi asfaltice la rece.

Cercetările efectuate pe un foarte mare număr de probe au avut ca obiectiv prioritar realizarea unor mixturi asfaltice, care să poată fi utilizate pentru strat de uzură, de legătură și de bază.

În această fază a cercetării s-au proiectat și s-au căutat soluții pentru obținerea unor mixturi asfaltice cu un conținut optim de bitum rezidual, mixturi ale căror caracteristici să poată fi comparate cu cele din literatura de specialitate, destinația lor finală fiind realizarea straturilor bituminoase pentru drumuri cu trafic redus și mai ales pentru straturi de bază și de legătură și mai puțin pentru straturi de uzură.

2.1.1. Emulsia bituminoasă cationică (EBCL) cu rupere lentă

Emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă (EBCL) folosită la realizarea mixturilor asfaltice la rece a fost preparată pe baza cercetărilor proprii la Fabrica de Emulsie de la Săcălaz, unitate din cadrul D.R.D.P. Timișoara. Materialele folosite pentru prepararea ei au fost: bitum, apă, emulgator și acid clorhidric, emulsionarea realizându-se cu ajutorul unei mori coloidale.

2.1.1.1. Bitumul

Bitumul folosit pentru prepararea emulsiei bituminoase a fost de tipul D 80/120. Caracteristicile bitumului folosit comparativ cu cele impuse de STAS 754-86 sunt prezentate în tabelul 2.1.

Bitumul a fost livrat de Rafinăria PETROLSUB Suplacu de Barcău și s-a caracterizat printr-un procent redus de parafină 0,5 % față de 2 % maxim admis de STAS. Se menționează de asemenea punctul de rupere Fraass, care este de -18...-20 °C, față de -17 °C min. recomandat de STAS.

Tabel 2.1

Caracteristici	Bitum D 80/120	
	conf. STAS	folosit la preparare
Penetrația la 25 °C, în 1/10 mm	81...120	85...118
Punct de înmuiere I.B. în °C	43...49	43...49
Ductilitate la 25 °C, cm, min	100	102...108
Punct de rupere Fraass, °C, min	-17	-18...-20
Stabilitate prin încălzire la 163 °C, timp de 5 ore:		
- pierdere de masă, % max;	0,9	0,7...0,8
- scăderea penetrației inițiale la 25 °C, % max.	35,0	32...34
Parafină, cu punct de topire, min 45 °C, în % max	2,0	0,5...0,6
Densitate la 15 °C, min	0,990	0,991

2.1.1.2. Apa

Apa utilizată a fost lipsită de impurități organice și minerale și corespunzând în totalitate condițiilor cerute de STAS, condiții îndeplinite în totalitate de apa de la Săcălaz.

2.1.1.3. Emulgatorul

Emulgatorul este o substanță tensioactivă care facilitează emulsionarea, pentru că reduce tensiunea între cele două faze: bitum și apa. În același timp, emulgatorul este și un stabilizator, fixându-se la periferia globulelor de bitum dispersate, alcătuiind o zonă de tranziție între cele două faze, după cum se poate vedea în fig. 2.1.

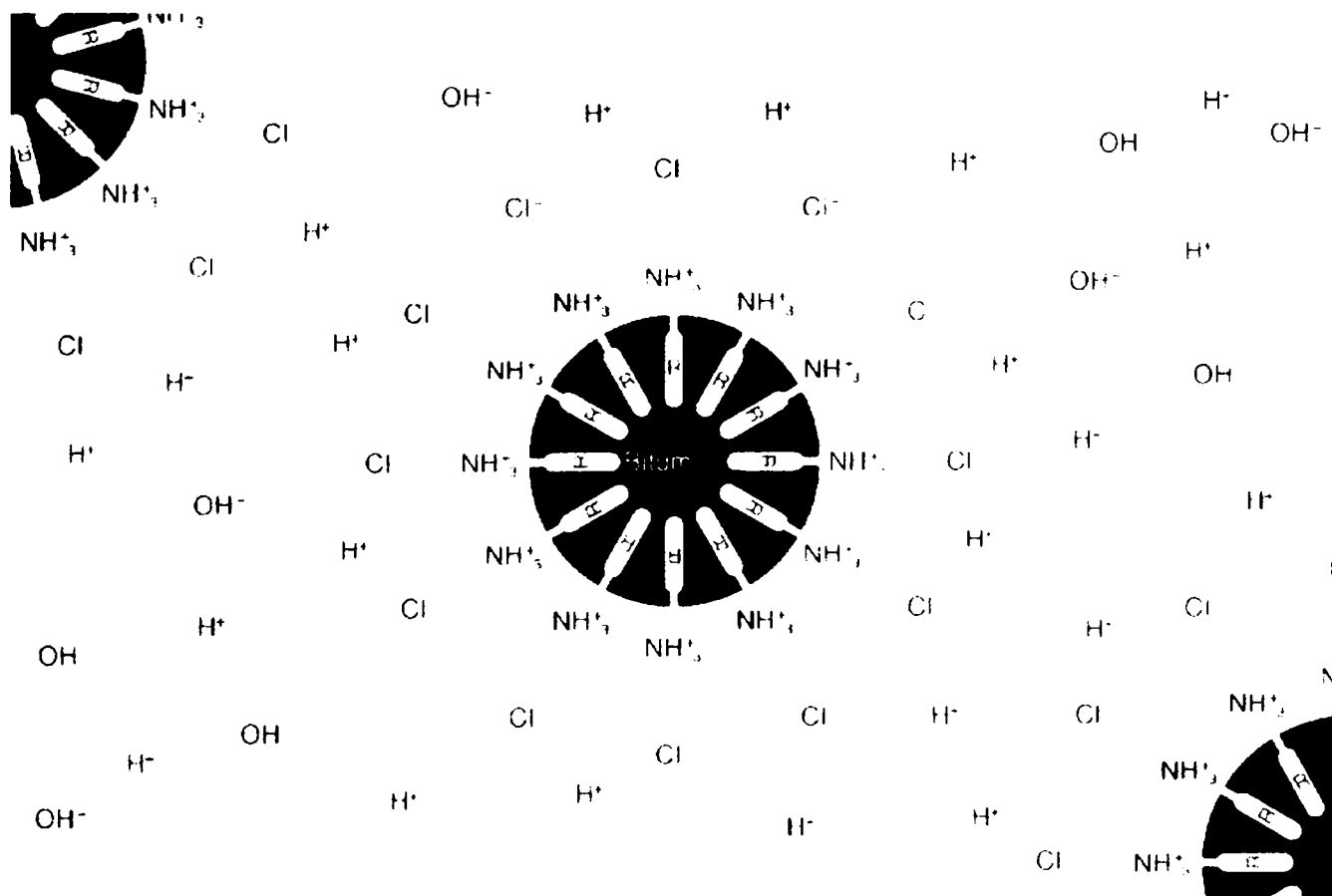


Fig. 2.1 - Emulsia cationică.

Principalul furnizor de emulgator din țară a fost în perioada respectivă "Detergentul" din Timișoara [101], caracteristicile emulgatorului fiind prezentate în tabel 2.2.

Emulgatorii cationici fabricați au fost de tipul amido - aminici RN și ulterior RN_2 . Ca materie primă s-au folosit:

- acizi naftenici reziduali;
- acizi naftenici reziduali în amestec cu acizi naftenici;
- acizi grași sintetici de tipul C_{19-22} ;

- poliamine dintre care cea mai folosită a fost trietilen - tetramina (Teta); poliaminele pot fi utilizate numai dacă au un conținut de azot aminic între 25 și 35 %.

Cel mai frecvent utilizat emulgator a fost de tipul RN_3 sintetizat din:

- acizi naftenici cu indicele de aciditate 180 mg KOH/g și
- poliamine cu un conținut de azot aminic între 25 și 35 %.

Tabel 2.2

Caracteristici	Condiții de admisibilitate
Aspect la 25 °C	lichid viscos până la pastă
Azot aminic %	8... 12
Aspect soluție 1 % în HCl 2 % la 70 °C	aspect opalescent până la turbure fără urme de impurități

2.1.1.4. Acidul clorhidric tehnic

S-a utilizat acid clorhidric tehnic (HCl) cu concentrație de 35 %, produs de Combinatul Chimic Râmnicu-Vâlcea. Acidul clorhidric are rolul de a stabiliza emulgatorul, cu p_H -ul optim al fazei apoase cuprins între 2 și 4 (deci se asigură un p_H acid). Creșterea cantității de acid clorhidric îmbunătățește stabilitatea la depozitare și încetinește ruperea emulsiei.

2.1.2. Tipul și caracteristicile emulsiilor bituminoase cationice, cu rupere lentă

Având în vedere posibilitățile privind aprovizionarea cu două tipuri de emulgatori produși de Întreprinderea "Detergentul" din Timișoara și anume RN_2 și RN s-au preparat mai multe variante de emulsie bituminoasă cationică (EBCL) cu rupere lentă, cu dozajele arătate în tabel 2.3.

În urma cercetărilor de laborator s-a adoptat ca dozaj optim dozajul 6, folosind emulgatorul de tip RN care a prezentat cele mai bune caracteristici, cu un conținut mic de

emulgator 1,0 % față de celelalte variante. În final s-a folosit o emulsie bituminoasă cationică (EBCL) cu rupere lentă cu următoarea compoziție, în procente:

- bitum D 80/120.....58... 60;
- emulgator RN..... 1,0;
- acid clorhidric..... 1,4;
- apă.....rest până la 100.

Tabel 2.3

Compoziția în %	EBCL, variante					
	1	2	3	4	5	6
Bitum D 80/120	55.0	55.0	58.0	58.0	58.0	58.0
Emulgator RN ₂	1.8	-	1.6	-	1.4	-
Emulgator RN	-	1.3	-	1.2	-	1.0
Acid clorhidric	2.7	1.7	2.6	1.6	2.5	1.4
Apă	rest până la 100 %					

Caracteristicile emulsiei bituminoase cationice cu rupere lentă sunt prezentate în tabelul 2.4.

Tabel 2.4

Caracteristici	EBCL
Conținut de bitum, %	58...60
Viscozitate Engler la 20°C, în °E	6,0...9,0
Omogenitate:	
- rest pe sita de 0,63 mm, % max.	0,2...0,5
- rest pe sita de 0,16 mm, % max.	0,2...0,5
Indice de rupere, min.	120
Adezivitate	bună, 95 % din suprafața criblurii rămâne anrobată

În general conținutul de bitum al emulsiei poate varia între 55...65 %. Stabilitatea emulsiei crește pe măsură ce se mărește procentul de emulgator și de acid clorhidric introdus.

Proprietățile mai importante ale emulsiei bituminoase cationice cu rupere lentă studiate în laborator s-au referit în principal la:

- conținutul de bitum;
- viscozitatea măsurată în °E la 20 °C;
- omogenitatea;
- indicele de rupere determinat prin metoda cu filer silicios (introdusă la noi în țară în anul 1986);
- adezivitatea;
- stabilitatea la stocare.

În tabelul 2.4 sunt prezentate valorile medii ale acestor caracteristici, determinate pe tot parcursul fabricării emulsiei la Fabrica de Emulsie de la Săcălaz.

2.1.3. Studii și cercetări privind mixturile asfaltice fabricate la rece cu emulsie bituminoasă cationică (EBCL) cu rupere lentă

Lucrările de cercetare desfășurate în cadrul laboratorului D.R.D.P. Timișoara și a F.M.B. Voiteg au avut ca obiectiv stabilirea compoziției și a caracteristicilor emulsiei cu rupere lentă, elaborarea dozajelor pentru diferite tipuri de mixturi asfaltice și tehnologia de execuție folosind instalația LPX modificată [3]; [8]; [12].

Se prezintă în continuare rezultatele încercărilor de laborator obținute la producerea emulsiei bituminoase cationice cu rupere lentă și caracteristicile acesteia obținute în fabrica de producere a emulsiei de la Săcălaz.

În baza studiilor de laborator, s-au elaborat dozajele pentru mixturi asfaltice preparate la rece pentru straturi de bază, legătură și uzură. În baza acestor cercetări s-a produs, în anul 1986, o cantitate de 2 654 t mixturi asfaltice la rece în instalația LPX modificată de la FMB Voiteg. Soluția aplicată a fost nouă, pentru care împreună cu colaboratorii, doctorandul a obținut Certificatul de Inovator nr. 752 / 31 dec. 1997.

Avantajele tehnologiei aplicate prin modificarea instalației LPX sunt următoarele:

- se pot folosi instalațiile existente fiind necesare doar modificările prevăzute în Brevetul meu de Invenție 93981 din 30 oct. 1987 [3];
- tehnologia este simplă și ușor de realizat în condițiile actuale;
- în comparație cu tehnologia la cald se obțin economii de combustibil și energie electrică;
- productivitatea instalației este de 25...30 t/h.

2.1.3.1. Emulsia bituminoasă cationică, cu rupere lentă (EBCL) produsă la Săcălaz

Emulsia bituminoasă cationică, cu rupere lentă EBCL s-a preparat la instalația de emulsie de la Săcălaz reținându-se pentru cercetările de laborator, o emulsie cu caracteristicile prezentate în tabelul 2.5.

Tabel 2.5

Dozaj, %		Caracteristici	
Bitum	58.0	Viscozitatea Engler la 20 °C, în °E	6,0...9,0
Emulgator RN	1.0	Omogenitate: - rest pe sita de 0.63 mm	0,2...0,5
Acid clorhidric	1.4	Indice de rupere	120
Apă	39.6	p _H emulsie	2,0...3,0

Verificarea calității emulsiilor bituminoase cationice, cu rupere lentă s-a făcut în conformitate cu STAS 8877-72.

2.1.3.2. Compoziția și caracteristicile mixturilor asfaltice realizate la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă

Mixturile asfaltice preparate la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă se obțin din agregate naturale și emulsie, prin amestecare fie în instalații speciale, fie în instalații LPX adaptate acestui scop.

Materiale

Materialele utilizate pentru prepararea mixturilor asfaltice la rece au fost:

- emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă având caracteristicile prezentate în tabelul 2.4;

- agregate naturale neprelucrate și prelucrate:

- nisip natural, sort 0 - 3 sau 0 - 7;
- pietriș, sort 7 - 16 și 16 - 31;
- savură, sort 0 - 8;
- split sau cribluri, sort 3 - 8, 8 - 16 și 16 - 25.

- apă pentru umezirea agregatelor, care trebuie să fie lipsită de componente organice și minerale.

Granulozitatea agregatelor naturale folosite în cadrul cercetărilor de laborator și dozajele experimentale sunt prezentate în tabelul 2.6.

2.1.3.3. Compoziția mixturilor asfaltice studiate în laborator

În laborator, s-au studiat, printr-o gamă largă de experimentări, următoarele tipuri de mixturi asfaltice:

- mixturi asfaltice deschise, în compoziția cărora să intre agregatele naturale având granule cu dimensiunea maximă 25...31 mm, care să poată fi utilizate la realizarea unor straturi bituminoase de bază și de legătură;

- mixturi asfaltice închise, pentru straturi de uzură, în compoziția cărora să intre granule cu dimensiunea maximă de 16 mm.

Tabel 2.6

Agregate naturale		Trece prin ciur sau sită de ... mm, %							
		31.5	25	16	8	3.15	0.63	0.2	0.09
Criblură	16 - 25	100	100	92.0	18.0	0.6	-	-	-
Criblură	8 - 16	100	100	72.8	6.0	0.5	0.5	-	-
Criblură	3 - 8	100	100	99.0	92.0	42.0	6.0	3.0	1.0
Pietriș	16 - 31	100	98.0	92.0	28.0	2.0	-	-	-
Pietriș	7 - 16	100	100	68.0	16.8	2.5	0.5	0.5	0.3
Nisip natural	0 - 7	100	100	100	100	99.5	51.4	11.0	5.0

Granulozitatea agregatelor naturale utilizate sunt prezentate în tabelele 2.7; 2.8; 2.9;

2.10; 2.11 și 2.12.

Tabel 2.7

Dozaj pentru mixtura asfaltică cu criblură pentru strat de bază									
Materiale	Dozaj %	Trece prin ciur sau sită de ... mm, (%)							
		31.5	25	16	8	3.15	0.63	0.2	0.09
Varianța 1									
Criblură 16 - 25	30.0	30.0	30.0	27.5	5.4	0.1	-	-	-
Criblură 8 - 16	50.0	50.0	50.0	36.4	3.0	0.2	0.2	-	-
Nisip natural 0 - 7	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.9	10.3	2.2	1.0
	100.0	100.0	100.0	83.9	28.4	20.2	10.5	2.2	1.0

Varianta 2									
Criblură 16 - 25	30.0	30.0	30.0	27.5	5.4	0.1	-	-	-
Criblură 8 - 16	40.0	40.0	40.0	29.1	2.4	0.2	0.2	-	-
Nisip natural 0 - 7	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	29.8	15.4	3.3	1.5
	100.0	100.0	100.0	86.6	37.8	30.1	15.6	3.3	1.5

Tabel 2.8

Dozaj pentru mixtura asfaltică cu pietriș pentru strat de bază									
Materiale	Dozaj %	Trece prin ciur sau sită de ... mm, (%)							
		31.5	25	16	8	3.15	0.63	0.2	0.09
Varianta 1									
Pietriș 16 - 31	30.0	30.0	29.4	27.6	8.4	0.6	-	-	-
Pietriș 7 - 16	50.0	50.0	50.0	34.0	8.4	1.3	0.3	0.2	0.3
Nisip natural 0 - 7	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.9	10.3	2.2	1.0
	100.0	100.0	99.4	81.6	36.8	21.8	10.6	2.4	1.3
Varianta 2									
Pietriș 16 - 31	30.0	30.0	29.4	27.6	8.4	0.6	-	-	-
Pietriș 7 - 16	45.0	45.0	45.0	30.6	7.6	1.1	0.2	0.1	0.2
Nisip natural 0 - 7	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	24.9	12.8	2.8	1.2
	100.0	100.0	99.4	83.2	41.0	26.6	13.0	2.9	1.4
Varianta 3									
Pietriș 16 - 31	25.0	25.0	24.5	23.0	7.0	0.5	-	-	-
Pietriș 7 - 16	45.0	45.0	45.0	30.6	7.6	1.1	0.2	0.1	0.2
Nisip natural 0 - 7	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	29.8	15.4	3.3	1.5
	100.0	100.0	99.5	83.6	44.6	31.4	15.6	3.4	1.7

Tabel 2.9

Dozaj pentru mixtura asfaltică cu criblură pentru strat de bază									
Materiale	Dozaj	Trece prin ciur sau sită de ... mm, (%)							
	%	31.5	25	16	8	3.15	0.63	0.2	0.09
Varianta 1									
Criblură 16 - 25	40.0	40.0	40.0	36.8	7.2	0.2	-	-	-
Criblură 8 - 16	30.0	30.0	30.0	21.8	1.8	0.2	0.2	-	-
Nisip natural 0 - 7	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	29.8	15.4	3.3	1.5
	100.0	100.0	100.0	88.6	39.0	30.2	15.6	3.3	1.5
Varianta 2									
Criblură 16 - 25	30.0	30.0	30.0	27.6	5.4	0.2	-	-	-
Criblură 8 - 16	40.0	40.0	40.0	29.1	2.4	0.2	0.2	-	-
Nisip natural 0 - 7	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	29.8	15.4	3.3	1.5
	100.0	100.0	100.0	86.7	37.8	30.2	15.6	3.3	1.5
Varianta 3									
Criblură 16 - 25	20.0	20.0	20.0	18.4	3.6	0.1	-	-	-
Criblură 8 - 16	45.0	45.0	45.0	32.8	2.7	0.2	0.2	-	-
Nisip natural 0 - 7	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	34.8	18.0	3.9	1.8
	100.0	100.0	100.0	86.2	41.3	35.1	18.2	3.9	1.8
Varianta 4									
Criblură 16 - 25	20.0	20.0	20.0	18.4	3.6	0.1	-	-	-
Criblură 8 - 16	50.0	50.0	50.0	36.4	3.0	0.3	0.2	-	-
Nisip natural 0-7	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	29.8	15.4	3.3	1.5
	100.0	100.0	100.0	84.8	36.6	30.2	15.6	3.3	1.5

Dozaj pentru mixtura asfaltică pentru strat de legătură cu pietriș									
Materiale	Dozaj	Trece prin ciur sau sită de ... mm, (%)							
	%	31.5	25	16	8	3.15	0.63	0.2	0.09
Varianta 1									
Pietriș 16 - 31	30.0	30.0	29.4	27.6	8.4	0.6	-	-	-
Pietriș 7 - 16	50.0	50.0	50.0	34.0	8.4	1.3	0.3	0.2	0.1
Nisip natural 0 - 7	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.9	10.3	10.3	1.0
	100.0	100.0	99.4	81.6	36.8	21.8	10.6	10.5	1.1
Varianta 2									
Pietriș 16 - 31	25.0	25.0	24.5	23.0	7.0	0.5	-	-	-
Pietriș 7 - 16	45.0	45.0	45.0	30.6	7.6	1.1	0.2	0.2	0.1
Nisip natural 0 - 7	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	29.8	15.4	3.3	1.5
	100.0	100.0	99.5	83.6	44.6	31.4	15.6	3.5	1.6
Varianta 3									
Pietriș 16 - 31	20.0	20.0	19.6	18.4	5.6	0.4	-	-	-
Pietriș 7 - 16	50.0	50.0	50.0	34.4	8.4	1.3	0.3	0.2	0.1
Nisip natural 0 - 7	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	29.8	15.4	3.3	1.5
	100.0	100.0	99.6	82.4	44.0	31.5	15.7	3.5	1.6
Varianta 4									
Pietriș 16 - 31	50.0	50.0	49.0	46.0	14.0	1.0	-	-	-
Pietriș 7 - 16	30.0	30.0	30.0	20.4	5.0	0.8	0.2	0.2	0.1
Nisip natural 0 - 7	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.9	10.3	2.2	1.0
	100.0	100.0	99.0	86.4	29.0	21.7	10.5	2.4	1.1

Dozaj pentru mixtura asfaltică cu criblură pentru strat de uzură									
Materiale	Dozaj	Trece prin ciur sau sită de ... mm, (%)							
	%	31.5	25	16	8	3.15	0.63	0.2	0.09
Varianta 1									
Criblură 16 - 25	30.0	30.0	30.0	21.8	1.8	0.2	0.2	-	-
Criblură 8 - 16	20.0	20.0	20.0	19.8	18.4	8.4	1.2	0.6	0.2
Nisip natural 0 - 7	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	49.7	25.7	5.5	2.5
	100.0	100.0	100.0	91.6	70.2	58.3	27.1	6.1	2.7
Varianta 2									
Criblură 16 - 25	20.0	20.0	20.0	14.5	1.2	0.1	0.1	-	-
Criblură 8 - 16	30.0	30.0	30.0	29.7	27.6	12.6	1.8	0.9	0.3
Nisip natural 0 - 7	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	49.7	25.7	5.5	2.5
	100.0	100.0	100.0	94.2	78.8	62.4	27.6	6.4	2.8
Varianta 3									
Criblură 16 - 25	30.0	30.0	30.0	21.8	1.8	0.2	0.2	-	-
Criblură 8 - 16	30.0	30.0	30.0	29.7	27.6	12.6	1.8	0.9	0.3
Nisip natural 0 - 7	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	39.8	20.6	4.4	2.0
	100.0	100.0	100.0	91.5	69.4	52.6	22.6	5.3	2.3
Varianta 4									
Criblură 8 - 16	50.0	50.0	50.0	36.4	3.0	0.3	0.2	-	-
Nisip natural 0 - 7	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	49.7	25.7	5.5	2.5
	100.0	100.0	100.0	86.4	53.0	50.2	25.9	5.5	2.5

Varianta 5									
Criblură 8 - 16	40.0	40.0	40.0	29.1	2.4	0.2	0.2	-	-
Nisip natural 0 - 7	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	59.5	30.8	6.6	3.0
	100.0	100.0	100.0	89.1	62.4	59.7	31.0	6.6	3.0

Tabel 2.12

Dozaj pentru mixtură asfaltică cu pietriș pentru strat de uzură									
Materiale	Dozaj %	Trece prin ciur sau sită de ... mm, (%)							
		31.5	25	16	8	3.15	0.63	0.2	0.09
Varianta 1									
Pietriș 7 - 16	50.0	50.0	50.0	34.0	8.4	1.3	0.3	0.2	0.1
Nisip natural 0 - 7	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	49.7	25.7	5.6	2.5
	100.0	100.0	100.0	84.0	58.4	51.0	26.0	5.8	2.6
Varianta 2									
Pietriș 7 - 16	40.0	40.0	40.0	27.2	6.7	1.0	0.2	0.2	0.1
Nisip natural 0 - 7	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	59.7	30.8	6.6	3.0
	100.0	100.0	100.0	87.2	66.7	60.7	31.0	6.8	3.1
Varianta 3									
Pietriș 7 - 16	45.0	45.0	45.0	30.6	7.6	1.1	0.2	0.2	0.1
Nisip natural 0 - 7	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	54.7	28.3	6.0	2.8
	100.0	100.0	100.0	85.6	62.6	55.8	28.5	6.2	2.9

Urmare încercărilor preliminare efectuate în laborator s-a trecut la elaborarea dozajelor pentru următoarele tipuri de mixturi asfaltice: mixturi asfaltice deschise pentru strat de bază și de legătură și închise, destinate unor straturi de uzură (tabel 2.13).

Tabel 2.13

Caracteristici	Mixtură asfaltică la rece pentru strat de:		
	bază	legătură	uzură
Conținut de bitum, %	3.0...4.0	4.0...5.0	5.5...6.5
Zonele de granulozitate ale agregatului natural, în %:			
- trece prin sita de 0.09 mm	1.0...4.0	1.0...4.0	2.0...6.0
- trece prin sita de 0.2 mm	2.0...6.0	2.0...10.0	5.0...12.0
- trece prin sita de 0.63 mm	8.0...16.0	10.0...20.0	12.0...30.0
- trece prin ciur de 3.15 mm	20.0...40.0	20.0...40.0	40.0...65.0
- trece prin ciur de 8.0 mm	30.0...50.0	35.0...55.0	60.0...90.0
- trece prin ciur de 16.0 mm	50.0...90.0	60.0...90.0	85.0...100.0
- trece prin ciur de 25.0 mm	70.0...100.0	80.0...100.0	100.0
- trece prin ciur de 31.5 mm	75.0...100.0	85.0...100.0	100.0

Zonele de granulozitate pentru cele trei tipuri de mixturi asfaltice sunt prezentate în fig. 2.2, 2.3 și 2.4.

Compozițiile orientative de lucru pentru obținerea tipurilor de mixturi asfaltice respective sunt indicate în tabelul 2.14.

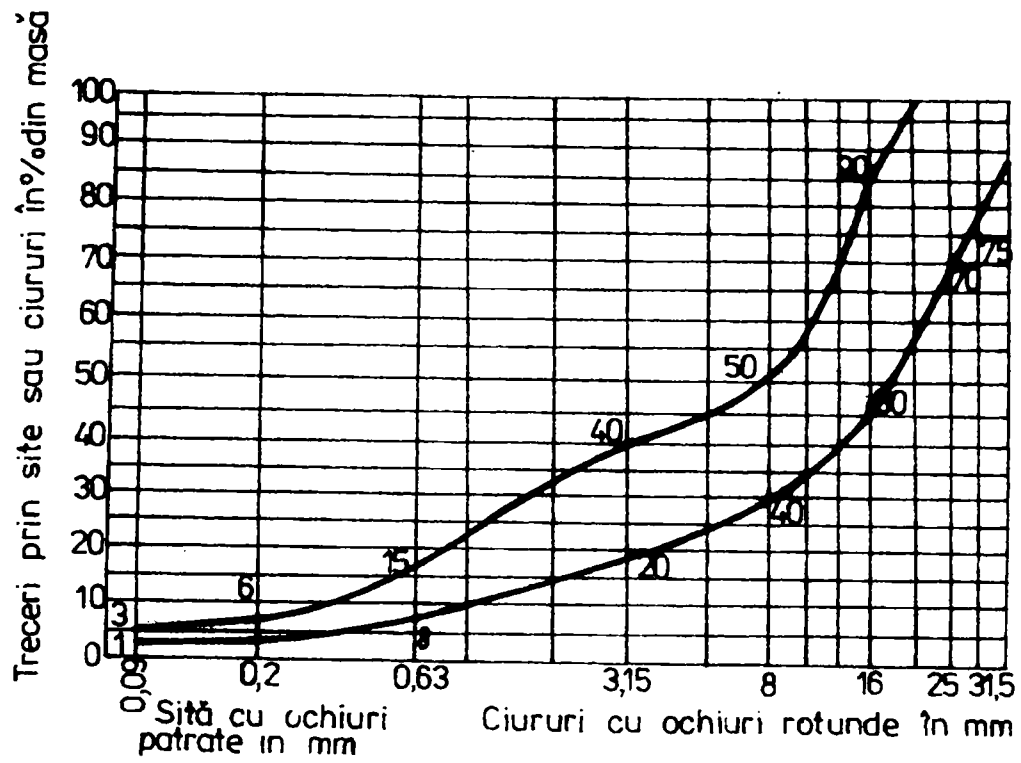


Fig. 2.2 - Zona de granulozitate a mixturii asfaltice pentru stratul de bază.

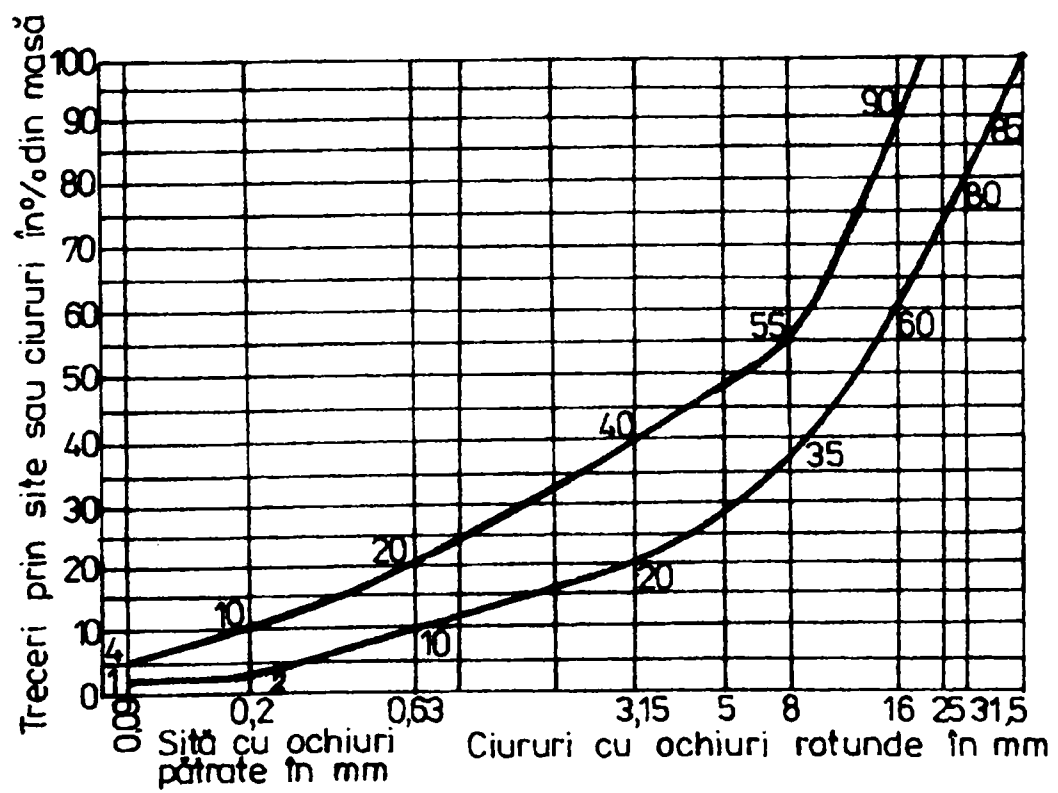


Fig. 2.3 - Zonă de granulozitate a mixturii asfaltice pentru stratul de legătură.

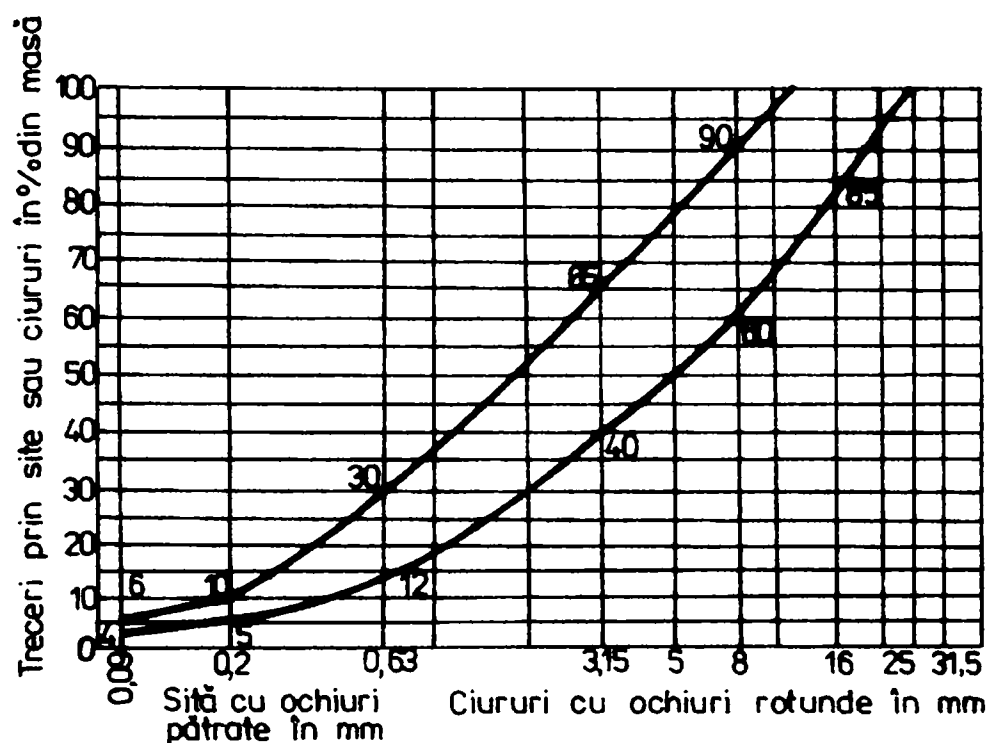


Fig. 2.4 - Zona de granulozitate a mixturii asfaltice pentru stratul de uzură.

Tabel 2.14

Materiale, %	Mixtură asfaltică la rece pentru strat de ...				
	bază	legătură cu ...		uzură cu...	
		pietriș	criblură	pietriș	criblură
Criblură 16 - 25	-	-	20...40	-	-
Criblură 8 - 16	-	-	20...50	-	20...30
Criblură 3 - 8	-	-	-	-	20...30
Nisip natural 0 - 7	20...30	20...30	20...30	40...50	40...50
Pietriș 16 - 31	20...30	20...50	-	-	-
Pietriș 7 - 16	40...50	30...50	-	40...60	-
Apă de umezire	4.0...5.0	4.0...5.0	4.0...5.0	5.0...6.0	5.0...6.0
Emulsie cu rupere lentă	5.5...7.3	7.3...9.1	7.3...9.1	10.0...12.0	10.0...12.0
Bitum total	3.0...4.0	4.0...5.0	4.0...5.0	5.5...6.5	5.5...6.5

Pentru a putea verifica mixturile asfaltice astfel obținute în laborator, a fost necesar să se prepare epruvete tip Marshall care să reflecte cât mai fidel condițiile de punere în operă a acestor mixturi asfaltice. În consecință, s-au preparat epruvete cilindrice tip Marshall din mixtura asfaltică care avea un conținut de apă de 4.0...5.0 %.

Epruvetele s-au realizat la temperatura ambiantă de 20...22 °C, prin 75 de lovituri aplicate pe fiecare parte.

Decofrarea s-a făcut după 72 h, iar încercarea după 48 h la temperatura de 20 °C.

Caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice executate la rece, pe epruvete Marshall preparate la rece, sunt prezentate în tabelul 2.15. Tabel 2.15

Caracteristici	Mixturi asfaltice realizate la rece cu emulsie pentru strat de..		
	bază	legătură	uzură
Densitate aparentă, g/cm ³	1,80...1,90	1,70...1,90	1,90...2,00
Absorbție de apă, % vol. max.	25,0	25,0	18,0
Stabilitate Marshall, la 20 °C, kN, min	2,5	2,5	3,0

Notă. Se precizează că rezultatele au fost obținute pe epruvete Marshall preparate la rece imediat după realizarea mixturilor asfaltice. În cazul în care examinarea probelor s-a făcut după un an de la darea în exploatare a îmbrăcăminților bituminoase realizate cu mixturi asfaltice la rece, probele prelevate din îmbrăcăminte se încălzesc și se prepară cilindri Marshall conform metodologiei din STAS 1338/1-84. Rezultatele în acest caz pot fi comparate cu cele ale mixturilor asfaltice preparate la cald.

În tabelul 2.16, sunt prezentate rezultatele obținute pe mixturile asfaltice studiate în laborator și pe epruvetele Marshall preparate la rece.

Tabel 2.16

Caracteristici	Strat de bază		Strat de legătură			Strat de uzură	
	1	2	1	2	3	1	2
Bitum, %	3.6	3.9	4.0	4.2	4.4	5.8	6.2
Curbă de granulozitate, în %							
- trece prin sita de 0.09 mm	4.3	3.3	3.6	4.0	4.3	5.1	5.6
- trece prin sita de 0.2 mm	5.6	6.0	6.5	8.1	7.3	8.6	10.3
- trece prin sita de 0.63 mm	11.7	26.7	13.6	14.2	13.0	13.4	20.3
- trece prin ciur de 3.15 mm	21.3	35.7	28.9	25.6	21.0	48.4	45.0
- trece prin ciur de 8.0 mm	34.9	49.8	43.5	36.0	29.7	61.1	78.5
- trece prin ciur de 16.0 mm	66.5	74.6	72.8	66.5	63.8	84.9	96.0
- trece prin ciur de 25.0 mm	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
- trece prin ciur de 30.0 mm	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Caracteristici fizico-mecanice obținute pe epruvete Marshall preparate la rece:							
- umiditate la compactare, %	5.0	4.0	4.3	4.7	4.8	4.3	4.7
- densitate aparentă, g/cm ³	1.80	1.90	1.70	1.75	1.85	1.92	1.96
- stabilitate Marshall la 20°C, în kN	2.50	3.10	2.50	2.50	3.00	3.25	2.80
- indice de curgere, mm	3.0	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.8
- absorbție de apă, % vol.	25.0	25.0	26.0	25.0	24.0	18.0	17.5

Notă. Întrucât metoda de preparare a epruvetelor Marshall la rece necesită un timp îndelungat de așteptare (72 h pentru decofrare și alte 48 h până la încercare) s-a trecut în continuare la prepararea epruvetelor Marshall la cald.

2.1.3.4. Procesul tehnologic de fabricare și punere în operă a mixturilor asfaltice preparate la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă (EBCL)

Instalația folosită pentru producerea mixturilor asfaltice la rece

Instalația folosită a fost de tip LPX adaptată de doctorand împreună cu un colectiv conform Brevet de Inventie nr. 93981 din oct. 1987 (fig. 2.5), [7].

Instalația este alcătuită din:

- predozatoare care asigură dozarea riguroasă a agregatelor;
- bandă transportoare care conduce agregatele naturale la elevatorul cu cupe;
- silozul și cântarul pentru agregate;
- rezervorul pentru emulsie;
- rezervorul pentru apă;
- sistemul automat de dozare a emulsiei și a apei printr-un releu de timp;
- rampa de pulverizare existentă (pentru bitum) folosită pentru introducerea în malaxor a apei și a emulsiei bituminoase;
- malaxorul instalației;
- buncărul pentru evacuarea mixturilor asfaltice fabricate.

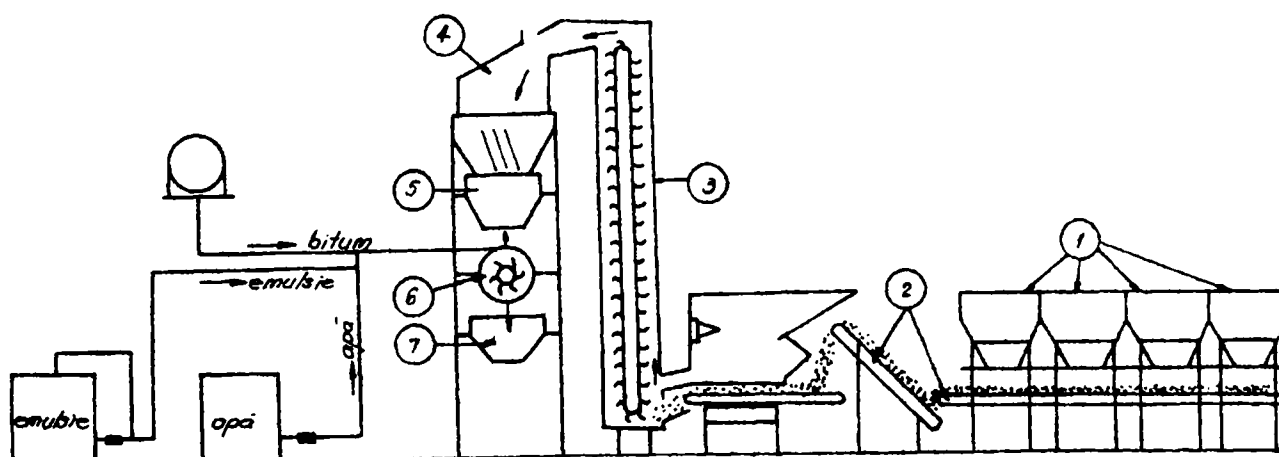


Fig. 2.5 - Schema generală a instalației tehnologice pentru producerea mixturilor asfaltice la rece cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă. 1 - predozatoare; 2 - bandă transportoare; 3 - elevator cu cupe; 4 - siloz; 5 - cântar; 6 - malaxor; 7 - buncăr.

Procesul tehnologic constă în trecerea agregatelor naturale din predozatoare cu ajutorul benzii transportoare la elevatorul cu cupe, apoi în siloz, unde se cântăresc și trec în malaxor; se adaugă apa de umezire și se amestecă pentru a obține o umezire uniformă; se introduce apoi emulsia bituminoasă și se continuă malaxarea.

Schema instalațiilor de alimentare a malaxorului este prezentată în fig. 2.6.

Timpii de malaxare au fost: 30 de secunde amestecul agregatelor cu apa de umezire și 60 de secunde cu emulsie până la obținerea unui amestec omogen de culoare cafenie.

Atât introducerea apei de umezire cât și a emulsiei sunt reglate riguros cu un sistem de dozare automat printr-un releu de timp, astfel că operatorul din cabina de comandă dozează componenții prin apăsare pe butoanele respective. Nu se recomandă malaxarea prelungită. În cazul ruperii emulsiei se oprește malaxarea.

Conținutul de apă este deosebit de important la prepararea mixturilor asfaltice la rece.

Pentru a putea stăpâni corect producerea mixturilor asfaltice la rece, este important să se asigure apa necesară pentru umezire. În general, cu cât cantitatea de apă este mai mare, cu atât ruperea emulsiei se produce mai lent. În timpul fabricării mixturilor asfaltice cu

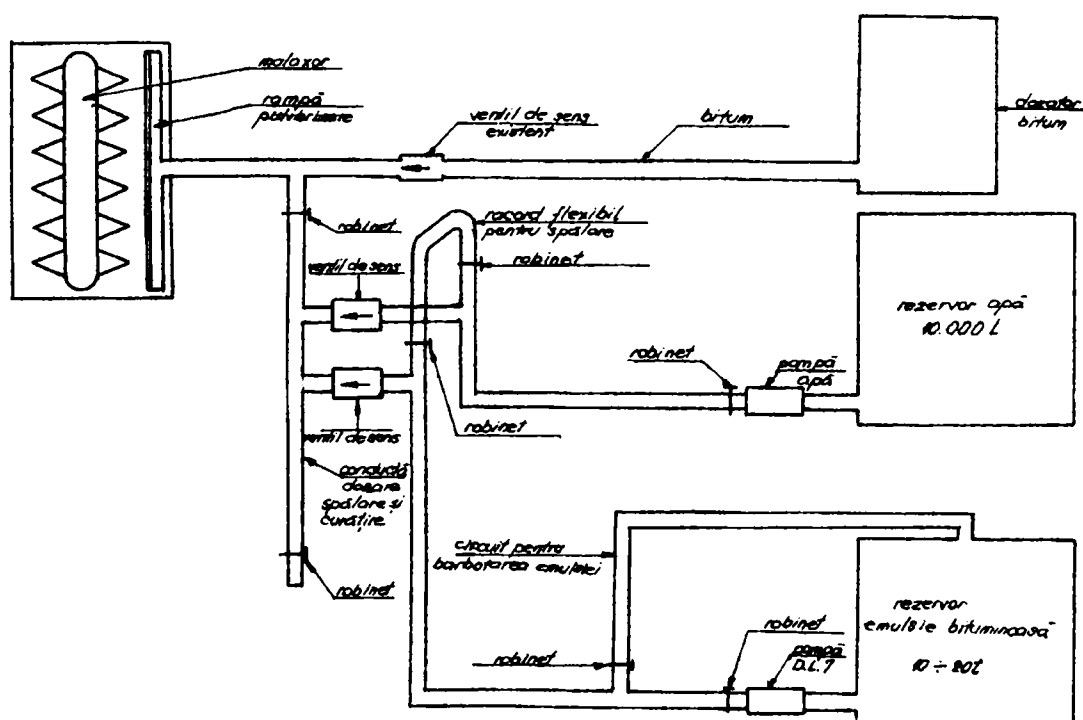


Fig. 2.6 - Schema instalațiilor de alimentare a malaxorului.

emulsie s-a lucrat cu 8...10 % apă totală (apă de umezire + apă din emulsie); în general apa de umezire a variat între 5,0...6,0 %. Apa totală nu trebuie să depășească 10 % (apă de umezire + umiditatea agregatelor + apă din emulsie).

Referitor la gradul de anrobare s-a constatat că este necesar să se realizeze următoarele valori:

- mixturi pentru strat de bază și de legătură > 50 %;
- mixturi pentru strat de uzură > 75 %.

Mixtura asfaltică fabricată se consideră corespunzătoare chiar dacă granulele mai mari de 10 mm nu sunt anrobate. Mixturile asfaltice preparate la rece au fost transportate cu autobasculantele la locul de așternere. În timpul transportului se pierde 1...2 % din apa totală. Pentru asigurarea acroșării mixturii la rece pe stratul suport este necesar să se asigure amorsarea cu emulsie bituminoasă cationică, cu rupere rapidă, în cantitate de 0,5...1,2 kg/m².

Dacă stratul suport pe care se așterne mixtura este prea închis, se va buciarda pentru îmbunătățirea acroșării. Punerea în operă se face cu repartizatorul-finisor. În timpul aștermerii se mai pierde 1...2 % din apa totală. Fenomenul de rupere a emulsiei trebuie să aibă loc după așternere, astfel încât mortarul rezultat să înglobeze granulele mari, fapt ce conduce la creșterea coeziunii, pe măsura eliminării apei.

Compactarea s-a realizat cu compactoare cu rulouri netede de 120 kN. Se recomandă ca în timpul compactării mixtura asfaltică să mai conțină 4...5 % apă.

Am avut în vedere ca prin compactare să se obțină și eliminarea unei părți din apă.

Compactarea trebuie să fie corespunzătoare pentru a elimina o parte din apa pe care o conține mixtura asfaltică, astfel încât la sfârșitul compactării, stratul bituminos alcătuit din mixtura asfaltică respectivă să conțină sub 4 % apă. Compactarea se poate continua și după 24 ore. După terminarea compactării stratul bituminos astfel realizat trebuie să fie închis fie

cu un tratament bituminos cu criblură realizat tot la rece cu emulsie bituminoasă cu rupere rapidă, fie cu un șlam bituminos sau cu un strat de uzură din mixtură asfaltică realizată la cald.

2.1.4. Reguli și metode pentru verificarea calității mixturilor asfaltice fabricate la rece cu emulsie bituminoasă cationică, cu rupere lentă

Din experiența acumulată se desprind următoarele reguli generale:

- materialele se verifică prin laboratoarele de șantier în conformitate cu standardele și prescripțiile tehnice în vigoare;
- elaborarea compoziției mixturilor asfaltice se face de către laboratoarele de specialitate (laborator central, regional, etc.);
- pe șantier se determină umiditatea amestecului de agregate naturale, care intră în compoziția mixturii asfaltice, pentru a stabili necesarul de apă de umezire. Se determină zilnic umiditatea la compactare.

În laboratorul de șantier se determină conținutul de bitum al mixturii asfaltice (prin extracție, după uscarea mixturii asfaltice - pentru eliminarea completă a apei), și granulozitatea agregatului natural total.

Caracteristicile fizico-mecanice și compoziția mixturilor asfaltice fabricate la rece se verifică în cadrul laboratoarelor centrale de specialitate, pe probe prelevate din instalațiile de preparare sau de la locurile de punere în operă.

De asemenea, se pot preleva probe cu carotiera de pe sectoarele respective după 2...3 luni de la darea în circulație.

Se precizează că densitatea aparentă, absorbția de apă și stabilitatea Marshall se determină pe epruvete Marshall reconstituite la cald.

2.1.5. Sectoare experimentale realizate

În anii 1986 și 1987, în cadrul D.R.D.P. Timișoara, am experimentat, prin FMB Voiteg, mai multe sectoare experimentale cu straturi bituminoase din mixturi asfaltice realizate la rece cu emulsie bituminoasă cationică.

În perioada 1 sept. - 15 oct. 1986 am executat prin FMB Voiteg un sector experimental în lungime de 2.0 km pe DN 58B Reșița-Voiteg, km 61 + 200 - 63 + 200, cu următoarele soluții:

a) DN 58B km 61 + 200 - 61 + 700 dreapta și stânga:

- 3,5 cm beton asfaltic la cald B.A.16;

- 6,0 cm beton asfaltic deschis la rece pentru strat de legătură
B.A.D.25.

b) DN 58B km 61 + 700 - 62 + 000 dreapta și stânga:

- tratament bituminos la rece;

- 4,0 cm B.A.D.25 la rece;

- 6,0 cm strat de bază din anrobate cu pietriș.

c) DN 58B km 62 + 000 - 62 + 100 dreapta și stânga:

- tratament bituminos la rece;

- 4,0 cm B.A.16 la rece;

- geotextile.

d) DN 58B km 62 + 100 - 62 + 300 dreapta și stânga:

- tratament bituminos la rece cu criblură 8 - 16;

- 6,0 cm B.A.16 la rece.

e) DN 58B km 62 + 300 - 62 + 500 dreapta și stânga:

- tratament bituminos la rece cu criblură 8 - 16;

- 4,0 cm B.A.16 la rece;

- 6,0 cm B.A.D. 25 la rece.
- f) DN 58B km 62 + 500 - 62 + 700 dreapta și stânga:
 - tratament bituminos la rece;
 - 6,0 cm B.A.D.25 la rece.
- g) DN 58B km 62 + 700 - 62 + 750 dreapta și stânga:
 - tratament bituminos la rece;
 - 6,0 cm B.A.D.25 la rece;
 - geotextile.
- h) DN 58B km 62 + 750 - 63 + 200 dreapta:
 - 3,5 cm B.A. 16 la cald;
 - 4,0 cm B.A.D.25 la rece;
 - 10,0 cm piatră spartă împănată cu B.A.D.25 la cald.
- i) DN 58B - km 62 + 750 - 63 + 200 stânga:
 - 3,5 cm B.A. 16 la cald;
 - 4,0 cm B.A.D.25 la rece;
 - 10,0 cm piatră spartă împănata cu nisip bituminos.

Materialele utilizate au fost următoarele:

- nisip natural de râu 0 - 7 de la balastiera Conop;
- criblură 16 - 25, de la cariera Zam;
- criblură 8 - 16, de la cariera Zam;
- pietriș 16 - 31, de la balastiera Ghioroc;
- pietriș 7 - 16, de la balastiera Ghioroc;
- apă de la rețeaua curentă;
- emulsie bituminoasă cationică (EBCL) cu rupere lentă, produsă la instalația de emulsie de la Săcălaz.

În luna august 1987, luând în considerare rezultatele cercetărilor de laborator efectuate în 1986 și 1987, s-a trecut la realizarea unui strat de legătură din mixtură asfaltică realizată la rece B.A.D. 25 pe DN 59 Timișoara - Moravița km 32 + 550 - 33 + 610 stânga și dreapta. Procesul tehnologic aplicat este cel indicat la pct. 2.1.3.4, deci nu se va mai insista asupra lui.

2.1.6. Caracteristicile fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice realizate la rece prelevate de pe sectoarele experimentale

Pentru urmărirea caracteristicilor fizico-mecanice ale mixturilor asfaltice realizate la rece s-au prelevat probe de la așternere. De pe sectoarele gata executate s-au prelevat epruvete cilindrice cu ajutorul carotierei (fig. 2.7).

Rezultatele încercărilor efectuate în laboratorul central pe probe prelevate de la așternere sunt prezentate în tabelul 2.17.

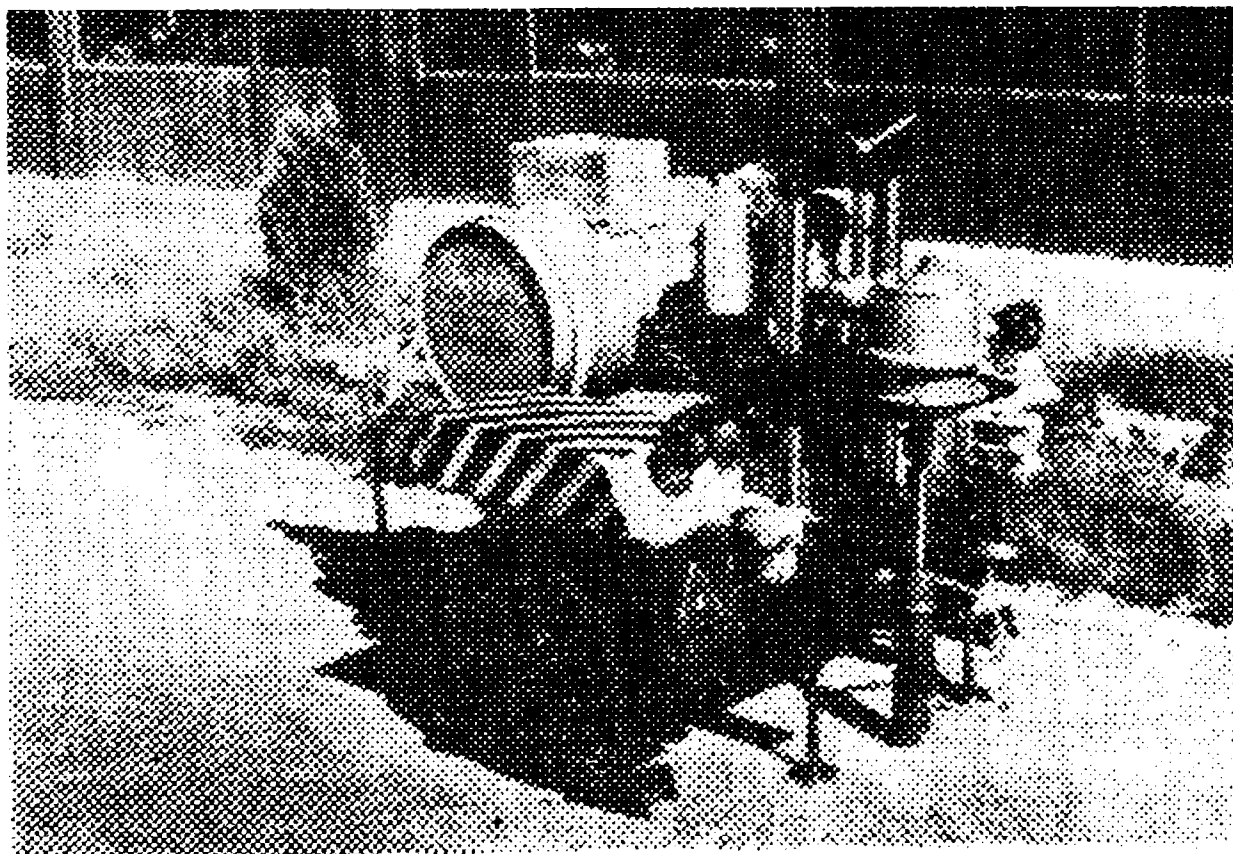


Fig. 2.7 - Carotieră pentru prelevarea probelor din îmbrăcăminți rutiere.

Tabel 2.17

Caracteristici	B.A.D. 25		Anrobate		B.A. 16 (fără filer)	
	1	2	1	2	1	2
Bitum rezidual, %	3.9	4.0	4.9	5.0	6.6	6.8
Curbă de granulozitate, %						
- trece prin sita de 0.09 mm	4.3	4.7	4.0	4.3	5.3	6.1
- trece prin sita de 0.2 mm	5.6	6.3	7.5	8.6	9.9	10.4
- trece prin sita de 0.63 mm	11.7	9.9	12.7	13.6	17.0	16.0
- trece prin ciur de 3.15 mm	24.8	25.6	24.8	28.4	35.7	40.3
- trece prin ciur de 8.0 mm	40.2	38.0	42.7	44.1	59.8	64.0
- trece prin ciur de 16.0 mm	70.1	66.5	72.4	79.0	74.6	79.8
- trece prin ciur de 25.0 mm	91.3	90.4	100.0	100.0	100.0	100.0
- trece prin ciur de 30.0 mm	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Umiditatea mixturii în stație, %	9.0	7.5	7.1	7.5	7.1	7.5
Umiditatea la compactare, %	4.5	4.8	4.3	4.7	4.3	4.8
Densitatea aparentă, g/cm ³	1.83	1.90	1.90	2.0	2.0	2.10
Stabilitate Marshall la 22 °C, kN	3.20	3.25	2.50	3.00	4.00	4.25
Indice de curgere, mm	3.0	2.0	3.0	3.0	2.5	3.0

Notă: epruvetele Marshall s-au preparat la rece.

Rezultatele obținute pe sectoarele executate în 1987 pe DN 59 Timișoara - Moravița km 32 + 550 - 33 + 610 sunt prezentate în tabelul 2.18.

Precizăm că s-a executat numai B.A.D.25 la rece.

Rezultatele obținute pe probele prelevate de pe DN 58B Reșița - Voiteg, km 61 + 200 - 63 + 200 dreapta și stânga, executate în anul 1986, sunt sintetizate în tabelul 2.19.

Caracteristici	Mixtură asfaltică la rece pentru strat de legătură		
	DN 59 - executat 1987		
	km 32 + 700 dr	km 33 + 000 dr	km 32 + 400 stg
Bitum rezidual, %	3.8	4.1	3.9
Curbă de granulozitate, %			
- trece prin sita de 0.09 mm	2.3	4.0	4.1
- trece prin sita de 0.2 mm	4.8	6.4	8.4
- trece prin sita de 0.63 mm	11.7	13.9	17.2
- trece prin ciur de 3.15 mm	27.2	27.3	31.5
- trece prin ciur de 8.0 mm	44.1	43.4	44.6
- trece prin ciur de 16.0 mm	95.6	83.1	80.1
- trece prin ciur de 25.0 mm	100.0	100.0	100.0
Caracteristici pe epruvete Marshall preparate la rece			
Densitatea aparentă, g/cm ³	1.80	1.90	1.82
Absorbție de apă, % vol.	24.80	24.0	25.0
Stabilitate Marshall la 22 °C, kN	2.50	2.80	2.50
Indice de curgere, mm	2.8	3.0	2.5
Caracteristici pe epruvete Marshall preparate la cald			
Densitatea aparentă, g/cm ³	2.20	2.25	2.20
Absorbție de apă, % vol.	11.0	10.0	10.8
Stabilitate Marshall la 22 °C, kN	5.50	6.50	6.00
Indice de curgere, mm	3.5	3.4	3.8

Mixturi asfaltice preparate la rece cu emulsie (EBCL). Caracteristici fizico-mecanice. DN 58B km 61 + 200-63 + 200 dreapta și stânga

Tabel 2.19

Caracteristici	Strat de bază				Strat de legătură							Strat de uzură				
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	
Bitum rezidual, %	3.2	3.6	3.7	3.9	4.0	4.2	4.3	4.3	4.4	4.4	4.9	5.0	5.8	5.9	6.2	7.0
Curbă gran., %																
- trece prin sita de 0.09 mm	2.0	4.3	2.5	3.3	3.6	4.0	4.0	4.4	4.3	3.8	3.8	4.1	5.1	5.9	5.6	4.4
- trece prin sita de 0.2 mm	4.3	5.6	5.7	6.0	6.5	8.1	8.1	8.3	7.3	7.5	7.4	7.4	8.6	10.6	10.3	7.9
- trece prin sita de 0.63 mm	9.8	11.7	12.2	26.7	13.6	14.2	14.8	14.0	13.0	12.6	15.0	15.0	13.4	21.2	20.3	15.3
- trece prin ciur de 3.15 mm	19.2	21.3	33.4	35.7	28.9	25.6	24.4	25.1	21.0	24.8	40.3	40.3	48.4	48.0	45.0	41.9
- trece prin ciur de 8.0 mm	30.4	34.9	40.5	49.8	43.5	36.0	34.1	37.3	29.7	42.7	54.0	54.0	61.1	70.5	78.5	66.8
- trece prin ciur de 16.0 mm	60.6	66.5	69.8	74.6	72.8	66.5	62.6	69.5	63.8	72.4	79.8	79.8	84.9	95.7	96.0	96.1
- trece prin ciur de 25.0 mm	97.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
- trece prin ciur de 30.0 mm	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Caracteristici fizico-mecanice obținute pe epruvete Marshall confecționate la rece																
Umiditate la compact., %	4.8	5.0	4.5	4.0	4.3	4.7	4.5	4.8	4.8	4.7	4.8	4.8	4.3	4.5	4.7	4.7
Densit. apar., g/c m ³	1.80	1.83	1.83	1.90	1.70	1.75	1.80	1.82	1.85	1.90	1.90	1.90	1.92	1.94	1.96	2.0
Stab. Marshall la 22°C, kN	2.50	3.00	3.00	3.10	2.50	2.50	3.00	3.10	3.00	2.70	2.80	2.80	3.25	2.70	2.80	3.50
Indice de curgere, mm	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.7	2.8	2.8	3.0	3.0	2.8	2.9
Absorbție de apă, % vol.	25.0	24.0	24.0	25.0	26.0	25.0	24.8	24.5	24.0	25.1	24.0	24.0	18.0	18.0	17.5	17.0

Din analiza acestora rezultă:

- se pot realiza mixturi asfaltice la rece de tipul B.A.D. 25, mixtură asfaltică pentru strat de bază (anrobat) și B.A. 16;

- conținutul de bitum al B.A.D. 25 variază între 4,0 și 5,0 %, iar granulozitatea agregatului natural total corespunde unui B.A.D. 25 realizat la cald;

- referitor la mixtura asfaltică pentru strat de bază conținutul de bitum rezidual poate varia între 3,5 și 4,0 %;

- cu privire la stratul de uzură realizat din B.A. 16 este necesar să fie impermeabilizat cu un tratament de închidere, datorită absorbției de apă inițial mare.

Întrucât metoda de preparare a epruvetelor Marshall la rece necesită un timp îndelungat de așteptare (cinci zile) s-a trecut în continuare la prepararea epruvetelor Marshall la cald.

2.1.7. Comportarea în exploatare a sectoarelor experimentale executate în 1986 pe DN 58B, Voiteni - Reșița

Comportarea în exploatare a sectoarelor executate cu mixturi asfaltice fabricate la rece în anii 1986...1987 s-a efectuat prin determinarea caracteristicilor de stare pe baza măsurărilor efectuate și calcularea stării tehnice a sectoarelor respective pe baza unui contract de cercetare încheiat între Catedra de Drumuri și Fundații și CESTRIN (Centrul de Studii Tehnice și Informatică Rutieră) în anul 1994 [39] urmărindu-se mai mulți parametri.

Parametrul de degradare (D), a îmbrăcămintei rutiere, definit ca raport între suprafața cu defecțiuni și suprafața totală examinată s-a calculat cu relația:

$$D = \frac{S_{def}}{S_{tot}} \quad [2.1]$$

S_{def} este suprafața cu defecțiuni, în m^2 ;

S_{tot} - suprafața totală, în m^2 .

Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 2.20.

Tabel 2.20

Nr. crt.	Sector experimental	Poziția kilometrică	S _{def} m ²	Caracterizarea suprafeței	Observații		
					D	Calificativ	I _{st}
1.	DN 58B Voiteni - Reșița	61 + 300 - 61 + 700	644	nesatisfăcătoare	0,23	nesatisf.	- 2
2.		61 + 700 - 62 + 000	196	bună	0,09	bun	0
3.		62 + 000 - 62 + 100	94	satisfăcătoare	0,13	satisf.	- 1
4.		62 + 100 - 62 + 300	184	satisfăcătoare	0,13	satisf.	- 1
5.		62 + 300 - 62 + 500	187	bună	0,10	bun	0
6.		62 + 500 - 62 + 700	94	bună	0,07	bun	0
7.		62 + 700 - 62 + 750	159	rea	0,45	rău	- 3
8.		62 + 750 - 63 + 300	694	satisfăcătoare	0,16	satisf.	- 1

Analizând rezultatele obținute se constată că pe 1,55 km lungime respectiv pe DN 58B km 61 + 700 - 62 + 700 și 62 + 750 - 63 + 300, din punct de vedere al parametrului D (degradare) sectorul se prezintă bine și satisfăcător, iar nesatisfăcător pe 0,45 km, adică între km 61 + 300 - 61 + 700 și 62 + 700 - 62 + 750, numai pe 50 m lungime între km 62 + 700 - 62 + 750 calificativul obținut este rău.

Referitor la rugozitatea sectorului experimental, măsurată cu aparatul SRT, parametrul de rugozitate R_{SRT} al suprafeței îmbrăcămintei rutiere a fost definit ca raportul între valoarea măsurată și valoarea admisă, fiind calculat cu relația:

$$R_{SRT} = \frac{SRT_{msurat}}{70} \quad [2.2]$$

în care:

R_{SRT} este parametrul de rugozitate;

SRT - valoarea măsurată cu aparatul SRT;

70 - valoarea admisă a rugozității.

În tabelul 2.21 sunt prezentate rezultatele obținute pentru parametrul rugozitate.

Tabel 2.21.

Nr crt	Sector experim.	Poziția kilometrică	Rugozitate unități SRT			R _{SRT}	Calificativ	I _{SRT}
			stânga	ax	dreapta			
1.	DN 58B Voiteni - Reșița	61+300 - 61+700	67	78	70	1,02	bun	0
2.		61+700 - 62+000	60	68	61	0,89	satisfăcător	- 1
3.		62+000 - 62+100	62	65	65	0,90	satisfăcător	- 1
4.		62+100 - 62+300	60	62	64	0,88	satisfăcător	- 1
5.		62+300 - 62+500	75	80	69	1,06	bun	0
6.		62+500 - 62+700	65	59	55	0,85	satisfăcător	- 1
7.		62+700 - 62+750	65	65	54	0,87	satisfăcător	- 1
8.		62+750 - 63+300	65	57	60	0,87	satisfăcător	- 1

Se precizează că rugozitatea măsurată nu reprezintă rugozitatea mixturii asfaltice fabricate "la rece" cu emulsie bituminoasă cationică, cu rupere lentă ci doar rugozitatea tratamentului bituminos realizat tot "la rece" pentru etanșarea sectorului respectiv. De precizat, de asemenea, că este normal ca rugozitatea să scadă datorită faptului că măsurătorile s-au făcut după 8 ani de la execuția tratamentului bituminos.

Mult mai interesante din punct de vedere al comportării în timp sunt caracteristicile mixturii asfaltice prelevate sub formă de carote de pe sectoarele experimentale și ale căror rezultate pot fi urmărite în tabelul 2.22.

Tabel 2.22

Mixturi asfaltice fabricate la rece cu EBCL. Caracteristici fizico - mecanice obținute în 1994.

Caracteristici	Strat de bază			Strat de legătură				Strat de uzură		
	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3
Bitum rezidual, %	3,6	3,7	3,9	4,2	4,3	4,4	4,9	5,9	6,2	7,0
Curba de granulozitate	se înscrie pentru toate tipurile de mixtură asfaltică în zonele din fig. 2.2, 2.3, 2.4									

Caracteristici fizico - mecanice obținute pe carote prelevate din îmbrăcămintea bituminoasă

Densitate aparentă, g/cm ³	2,10	2,17	2,18	2,20	2,21	2,20	2,25	2,20	2,23	2,25
Absorbția de apă, % vol.	11,0	10,0	10,0	9,0	9,0	8,8	8,8	7,5	7,0	7,0
Stabilitate Marshall, kN	3,50	3,80	3,80	4,00	4,10	4,20	4,40	4,50	4,60	4,60
Indice de curgere, fluaj, mm	3,0	3,0	3,2	3,5	3,6	3,6	3,4	3,5	3,5	3,5

Notă: Stabilitatea Marshall și indicele de curgere s-au determinat pe epruvete tip Marshall reconstituite la cald.

Comparând rezultatele obținute în 1994 cu cele inițiale din 1986 se constată o creștere a compactității sub efectul circulației, densitatea aparentă a crescut de la 1,80...2,0 g/cm³ inițială la 2,15...2,25 g/cm³, ceea ce a corespuns în mod evident și la o micșorare considerabilă a absorbției de apă de la 17,0...25,0 % la valori mult mai scăzute și anume între 7,0 și 11,0 % fapt ce confirmă micșorarea considerabilă în timp a volumului de goluri al mixturii fabricate la rece.

2.1.8. Concluzii privind comportarea în exploatare a sectoarelor experimentale executate în anii 1986...1987

Tehnologia realizării straturilor bituminoase cu mixtură asfaltică preparată la rece, folosind ca liant emulsia bituminoasă cationică, cu rupere lentă, prezintă importante avantaje, concretizate mai ales în obținerea de economii de combustibil și energie electrică, deoarece se elimină complet încălzirea agregatului și a bitumului, iar consumul de energie electrică se reduce cu cca 20 %, prin eliminarea din fluxul tehnologic a uscătorului și a exhaustorului.

Sintetizând eficiența economică, raportată la tona de mixtură asfaltică, se ajunge la:

- economii de combustibil lichid, motorină 15,52 kg/t;
- economii de energie electrică 1,36 kwh/t;

Urmărind comportarea în exploatare a straturilor bituminoase realizate astfel, se impun următoarele concluzii:

- mixturile asfaltice realizate la rece cu emulsie bituminoasă cationică (EBCL) cu rupere lentă se caracterizează inițial printr-un volum mare de goluri, ceea ce corespunde evident unei absorbții de apă mari, fapt ce limitează folosirea acestora cu tehnologia menționată mai sus, cu precădere, numai la realizarea straturilor de bază sau de legătură;

- în cazul fabricării unor mixturi asfaltice pentru strat de uzură, din considerentele arătate mai sus, se impune neapărat impermeabilizarea stratului de uzură astfel realizat prin executarea unui tratament bituminos sau printr-o badijonare cu emulsie bituminoasă cu rupere rapidă (EBCL);

- în final, mixturile asfaltice fabricate la rece pot fi folosite numai în anumite condiții, ele rămân însă totdeauna inferioare din punct de vedere calitativ mixturilor asfaltice realizate la cald, datorită volumului mare de goluri remanent;

- în consecință, la redactarea "Instrucției tehnice departamentale pentru realizarea de straturi bituminoase executate cu mixtură asfaltică preparată la rece, cu emulsie cationică

(EBCL) cu rupere lentă" cu indicativ DD 512-90 s-a renunțat la mixtura pentru strat de uzură.

2.1.9. Elaborarea lucrării "Instrucție tehnică departamentală pentru realizarea de straturi bituminoase executate cu mixtură asfaltică preparată la rece, cu emulsie bituminoasă cationică, cu rupere lentă" aprobată de Consiliul tehnico-economic al Administrației Naționale a Drumurilor, cu indicativ DD 512-90

Contribuția la elaborarea "Instrucțiunilor tehnice" indicativ DD 512 - 90 este următoarea:

- prin Brevetul de Invenție nr. 93981 din 30 oct. 1987, cu titlul "Instalație adaptată pentru producerea mixturilor asfaltice și la rece" împreună cu un colectiv am rezolvat problema prin perfecționarea unei instalații de tip LPX;
- am executat în premieră pe țară modificările necesare pentru dozarea automată a emulsiei bituminoase cationice, cu rupere lentă și a apei la instalația LPX pentru a putea fabrica mai multe tipuri de mixturi asfaltice;
- am luat parte la toate fazele de producere a mixturilor asfaltice preparate "la rece", participând efectiv la toate fazele procesului tehnologic;
- am urmărit punerea în operă a mixturilor asfaltice pentru straturi de bază, de legătură și de uzură;
- am urmărit comportarea în exploatare a straturilor bituminoase astfel realizate;
- în calitate de șef de laborator, al Laboratorului Central al Direcției de Drumuri și Poduri Timișoara, în perioada 1988...1993, am contribuit direct și eficient alături de alți colaboratori la elaborarea lucrării cu titlul "Instrucție tehnică departamentală pentru realizarea de straturi bituminoase executate cu mixtură asfaltică preparată la rece, cu emulsie cationică, cu rupere lentă" aprobată de Consiliul tehnico-economic al Administrației Naționale a Drumurilor, cu indicativul DD 512 -90.

Çap. 3. EVOLUTIA POSIBILITĂȚILOR DE FABRICARE, SI DIVERSIFICARE A EMULSIILOR BITUMINOASE CATIONICE

Emulsia bituminoasă cationică este obținută prin dispersia a două lichide nemiscibile unul în altul (bitum și apă) cu ajutorul unui produs denumit emulgator și a unei energii necesare dispersării [16]; [128]. Emulsionarea bitumului constă în obținerea prin divizare a particulelor fine de bitum încărcate electric, dotate astfel cu capacitatea de a se respinge între ele (fiind încărcate cu aceeași sarcină ionică).

Proprietățile tehnologice și fizico-chimice ale emulsiilor sunt alese în funcție de condițiile lor de aplicare care pot fi rezumate astfel:

- tratamente, anrobate, penetrări etc.;
- utilaje folosite;
- condiții de climă.

Pentru realizarea tratamentelor bituminoase o emulsie bituminoasă cationică trebuie să răspundă următoarelor deziderate:

- rupere rapidă (până la 30 minute);
- bună adezivitate pe agregate uscate sau umede;
- viscozitate bună pentru ca emulsia să nu se scurgă înainte de rupere.

Este evident că pentru a răspunde acestor cerințe este necesar să se stabilească de către un laborator de specialitate compoziția cea mai judicioasă a emulsiei în funcție de domeniul în care urmează să fie folosită. Această problemă devine foarte complexă întrucât specialiștii din sectorul de drumuri cer adesea emulsiilor bituminoase proprietăți relativ contradictorii, respectiv o bună stabilitate la stocare și o rupere rapidă în contact cu agregatele naturale.

În consecință, tehnologia de fabricare trebuie studiată foarte atent pentru a obține soluțiile de compromis cele mai bune între diversele exigențe ale tehnicii rutiere [98]; [101].

3.1. Stabilirea condițiilor optime fizice și mecanice pentru fabricarea emulsiei bituminoase

Se pomește de la premiza că sunt cunoscute performanțele morii coloidale și ale bitumului care va fi folosit la fabricarea emulsiei bituminoase. Alți parametri foarte importanți sunt: temperatura celor două faze și conținutul de bitum.

Temperatura. Bitumul folosit trebuie să aibă o viscozitate mică astfel încât la intrarea sa în moara coloidală să poată fi divizat în particule (globule) cât mai mici sub acțiunea forțelor de forfecare [101]; [128]. Studiile efectuate de diferiți cercetători arată că temperaturile optime care trebuie respectate pentru a obține o emulsie bituminoasă bună sunt următoarele:

- 140 °C pentru bitumul D 180/200;
- 150 °C pentru bitumul D 80/120;
- 160 °C pentru bitumul D 40/50.

Temperatura emulsiei bituminoase la ieșirea din moara coloidală nu trebuie să depășească 95 °C pentru a evita spumarea. În consecință, este necesar să se stabilească un bilanț termic pentru a determina temperatura fazei apoase [140]. Astfel pentru o emulsie cu un conținut de 60 % bitum, temperatura fazei apoase trebuie astfel aleasă încât suma temperaturilor celor două faze (bitum + apă) să fie aproximativ 195 °C.

Influența compoziției asupra principalelor caracteristici ale emulsiilor bituminoase

Studiul compoziției emulsiei bituminoase are drept scop alegerea emulgatorului (natură și cantitate) și procentul de acid clorhidric (în cazul emulsiilor bituminoase cationice) astfel încât să se obțină cea mai bună dimensiune a globulelor de bitum compatibilă cu viteza de rupere necesară unei anumite tehnologii.

3.1.1. Alegerea emulgatorului [140] se face în funcție de tipul de emulsie bituminoasă ce urmează a fi fabricată, ținând cont de faptul că nu toți emulgatorii au aceeași eficiență din următoarele puncte de vedere:

- repartiția globulelor de bitum (granulozitatea emulsiei);
- stabilitatea la depozitare;
- viteza de rupere;
- adezivitatea.

Se va alege, evident, emulgatorul cu cele mai bune performanțe. În acest scop este necesar să se cunoască emulgatorii din punct de vedere a naturii lor chimice și a lungimii catenei, întrucât de aceste proprietăți depind:

- solubilitatea lor în apă;
- coeficientul emulgatorilor de etalare etc.

Coeficientul de etalare **S** a fost definit prin relația lui Harkins [140]:

$$S = \sigma_{aq} - \sigma_b - \sigma_i \quad [3.1]$$

în care:

S este coeficientul de etalare;

σ_{aq} - tensiunea superficială a soluției apoase;

σ_b - tensiunea superficială a fazei bitum;

σ_i - tensiunea interfacială.

Metoda coeficientului de etalare este foarte bună pentru studierea granulozității emulsiei, în schimb nu poate fi folosită pentru studierea vitezei de rupere, întrucât la rupere intervin și alți parametri ca: stabilitatea emulsiei și absorbția ei pe agregate.

În tabelul 3.1, se pot urmări aceste caracteristici iar în fig. 3.1, granulozitatea emulsiei bituminoase cationice cu 60 % conținut de bitum în funcție de diferiți emulgatori folosiți (studii efectuate în Franța [140]).

Tabel 3.1

Emulgator	Coeficient de etalare (S)	Diametru mediu al globulei de bitum din emulsie, în microni
A	7	8,4
B	3	4,9
Amestec BE 0,5 B + 0,5 E	0	3,9

Emulgatorii folosiți de specialiștii francezi au fost notați cu A, B și E.

Granulozitatea emulsiilor bituminoase astfel realizate poate fi urmărită în fig. 3.1. Se constată că emulsiile cele mai fine s-au obținut cu emulgatorul tip B și cu amestecul BE. Folosirea emulgatorului tip A nu este indicată întrucât se obține o emulsie cu globule mari de bitum, diametrul globulei fiind 8,4 μ în timp ce la emulgatorul tip B și amestecul BE permite obținerea unei emulsii mult mai fine, diametrul globulei de bitum fiind cuprins între 3,9...4,9 μ .

În activitatea curentă pentru emulgatorii folosiți la fabricarea emulsiilor bituminoase cationice se folosesc diaminele și poliaminele.

Aminele grase și derivatele lor: diaminele și poliaminele [140].

Formula chimică a aminelor este:



Poliaminele se obțin prin adiția acrilonitrilului pe amina inferioară:



în care n poate varia de la 0 la 2.

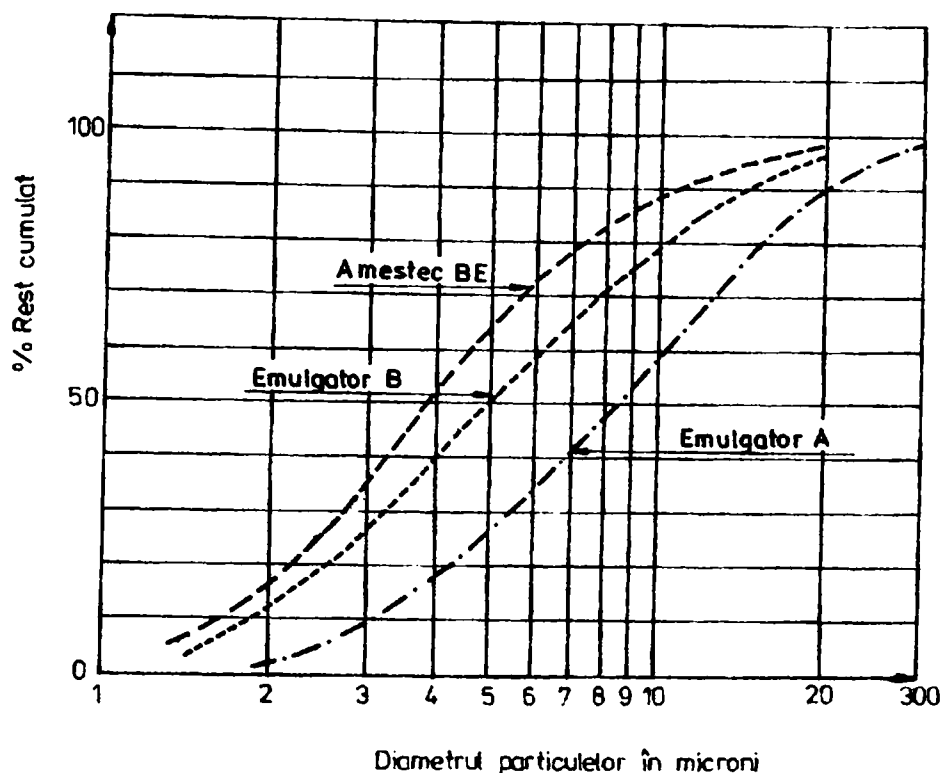


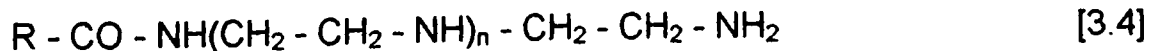
Fig. 3.1 - Analiza granulozității emulsiilor cationice cu 60 % bitum.

În general, ca emulgatori pentru emulsiile bituminoase cationice se folosesc diaminele și poliaminele.

Diaminele sunt emulgatori cationici și se folosesc mai ales pentru fabricarea emulsiilor bituminoase cationice cu rupere rapidă și semilentă. Diaminele conduc la obținerea unor emulsii bituminoase cu o excelentă granulozitate și o bună adezivitate a bitumului rezidual.

Poliaminele se folosesc mai ales pentru obținerea emulsiilor cu rupere lentă.

Amidoaminele se obțin prin reacția dintre un acid gras și o poliamină având formula chimică:



Amidoaminele se folosesc mai ales pentru obținerea emulsiilor cu rupere rapidă. Ele conferă emulsiilor o bună adezivitate, dar stabilitatea la depozitare este inferioară celei obținute cu diamine.

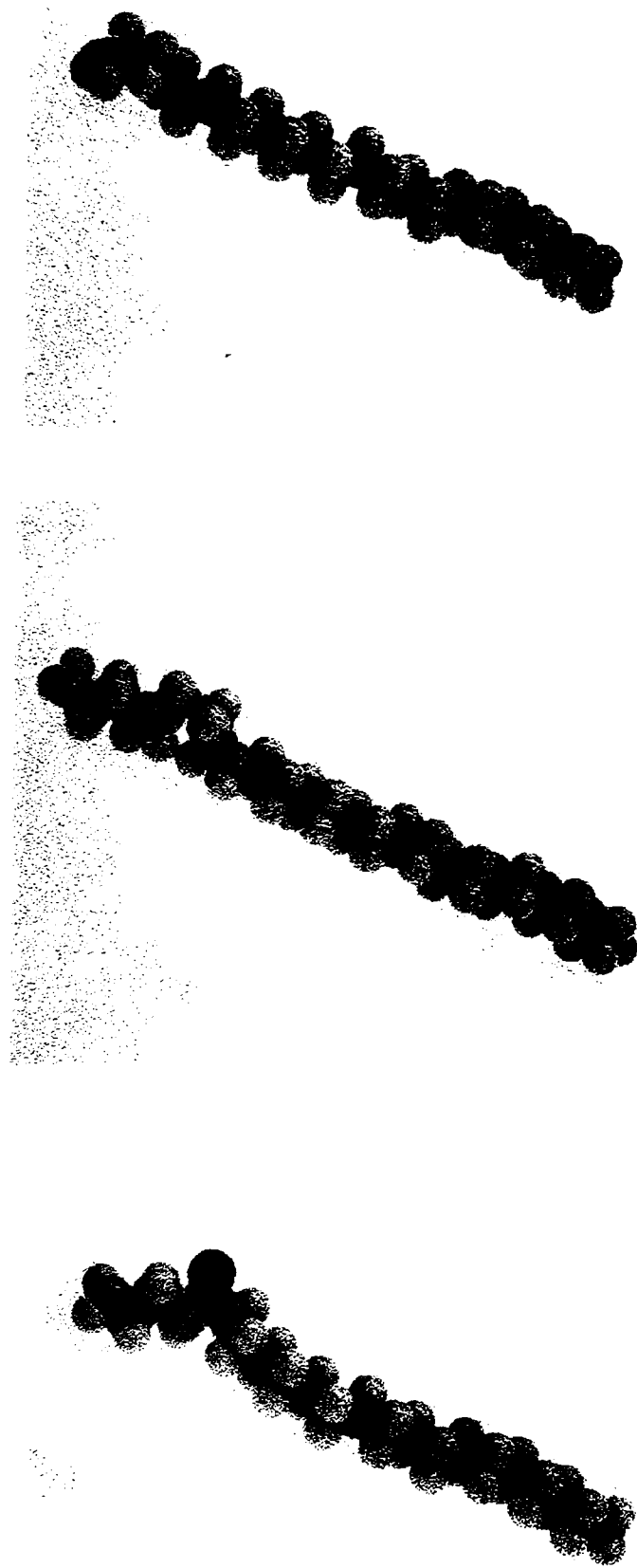


Fig. 3.2 - Diamine, triamine și amidoamine.

Cantitatea de emulgator cationic se determină în funcție de tipul de emulsie bituminoasă ce urmează să se fabrice și anume: rapidă, semilentă și lentă. Este evident faptul [16] că este necesar să se mărească procentul de emulgator pentru a obține emulsii cu rupere lentă, conform tabelului 3.2.

Tabel 3.2

Componenți	Emulsie cationică cu rupere		
	rapidă	semilentă	lentă
Bitum D 80/120, %	60...65	60...65	60...65
Emulgator (valori medii)	0,3...0,5	1,0...2,0	2,0...3,0
Acid clorhidric	0,5	1,5	2,0
Apă	rest până la 100 %	rest până la 100 %	rest până la 100 %

Din tabel se vede că stabilitatea emulsiei bituminoase cationice crește proporțional cu cantitatea de emulgator și de acid clorhidric.

În concluzie: elaborarea unei compoziții optime pentru emulsia bituminoasă cationică [140] prezintă două aspecte diferite și anume:

- trebuie să se adapteze totdeauna compoziția (formula) emulsiei la condițiile locale de punere în operă; dacă se urmărește obținerea emulsiei bituminoase cationice cu rupere rapidă, semilentă sau lentă se va acționa direct asupra procentului de emulgator și acid;
- dacă se urmărește anrobarea specifică a anumitor agregate naturale se impune o cercetare mai aprofundată a naturii agregatelor, a filerizării și a compoziției lor mineralogice.

Se poate afirma în consecință că stabilirea compoziției emulsiilor bituminoase cationice [140] și mai ales a celor speciale, presupune o cercetare prealabilă a condițiilor fizice și mecanice optime pentru producerea emulsifierii.

Este imperios necesar să se asigure concomitent un control riguros al materiilor prime: bitum, emulgator, acid și al emulsiilor bituminoase realizate în fabricile de emulsie.

3.2. Fabrica de Emulsie Bituminoasă de la Șag - Timișeni

Datorită cerințelor mereu crescânde de emulsie bituminoasă cationică pentru o gamă diversificată de lucrări de drumuri, mi-am propus și am realizat în anul 1996 la Șag - Timișeni jud. Timiș, în colaborare cu firma RASCHIG din Germania o foarte modernă fabrică de emulsie bituminoasă. M-am ocupat de proiectarea, execuția și montarea fabricii participând la toate fazele necesare realizării acestei lucrări foarte importante pentru specialiștii care au utilizat deja și vor folosi în continuare emulsiile produse de această fabrică.

Schema teoretică de fabricare a emulsiei bituminoase este prezentată în fig. 3.3.

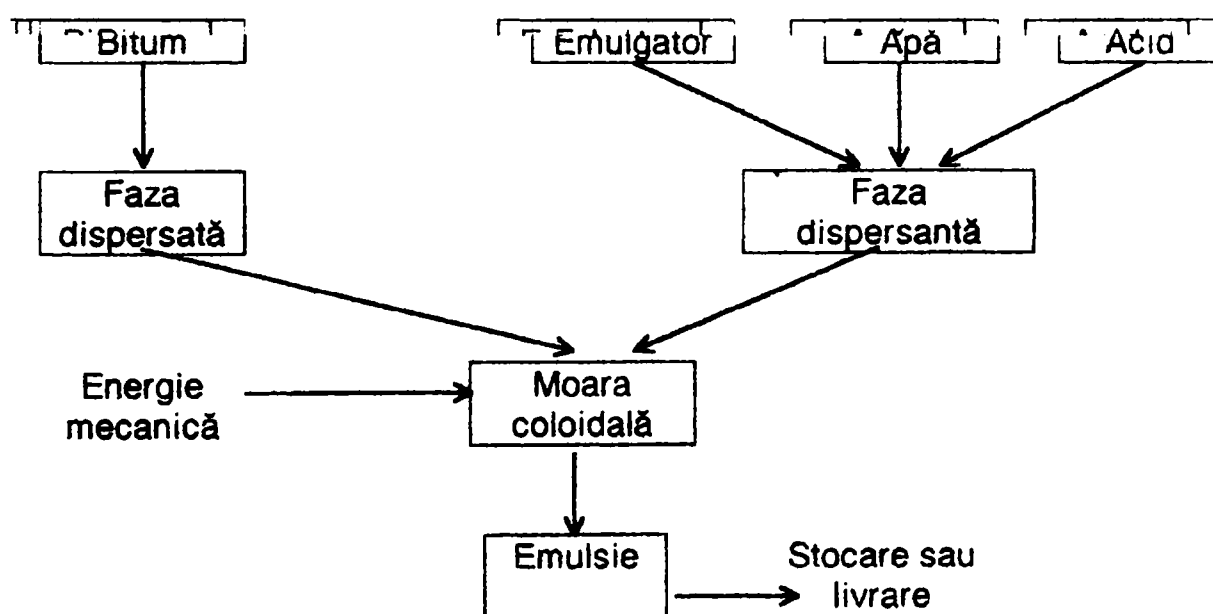


Fig. 3.3 - Schema teoretică de fabricare a unei emulsii.

Fabrica de la Șag - Timișeni [8]; [9]; [11]; [12] cuprinde următoarele părți componente:

- rezervoare pentru stocarea materiilor prime: bitum, emulgatori, apă, acid clorhidric, polimeri;
- rezervoare pentru prepararea fazei apoase;
- sistem automat de încălzire a componentelor la temperatura necesară;
- dispozitiv automat pentru dozarea componentelor;
- moară coloidală pentru fabricarea emulsiei bituminoase;

- rezervoare pentru depozitarea, stocarea și livrarea emulsiei;
- sisteme automate pentru cântărirea emulsiei bituminoase livrate;
- laborator pentru controlul calității emulsiei.

Fabrica (fig. 3.4) a fost judicios proiectată și executată, astfel încât prepararea emulsiei se realizează la parter, iar pe cele două niveluri are loc dozarea emulgatorilor și prepararea soluției apoase.

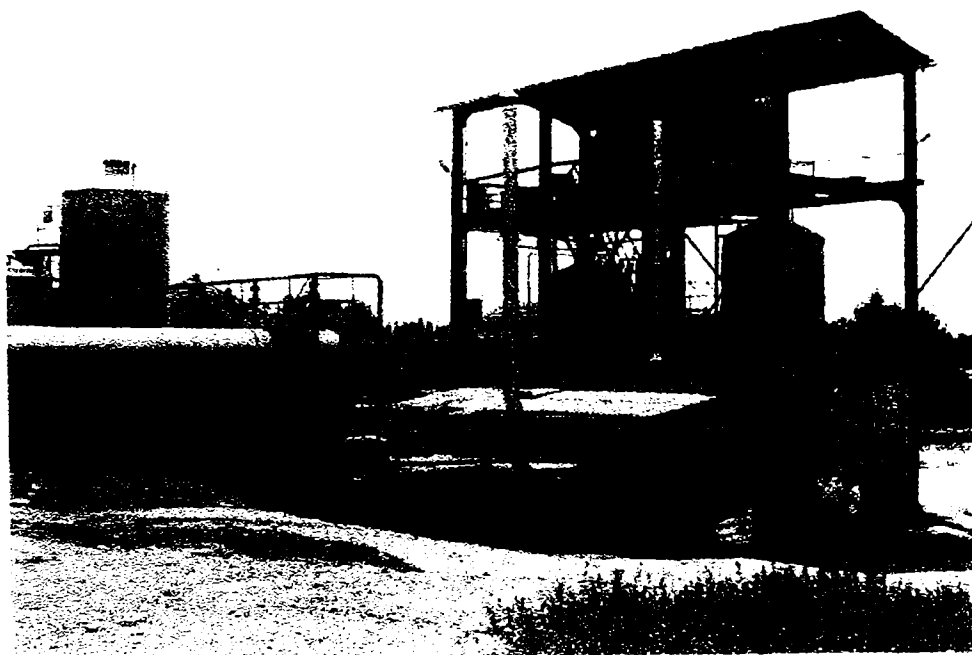


Fig. 3.4 - Fabrica de emulsie

Componenții folosiți la fabricarea emulsiei bituminoase cationice

Bitumul se aprovizionează cu cisterne auto sau CF (cale ferată). Descărcarea se poate face direct din cisternă în pompă printr-un racord flexibil, sau se descarcă într-o cuvă încălzită cu ulei din care poate fi absorbit de pompă sau tot pompa respectivă poate să absoarbă bitumul dintr-un batal zidit, care are o capacitate de 350 t (fig. 3.5). Bitumul tip D 80/120 care urmează să fie folosit este introdus în cinci tancuri termoizolate având capacitatea de 150 t.

Bitumul tip D 80/120 livrat de la Rafinăria Suplacu de Barcău are caracteristicile prezentate în tabelul 3.3.

Tabel 3.3

Caracteristici	D 80/120
Penetrația la 25 °C, în 1/10 mm	81...120
Punct de înmuiere I.B. în °C	43...49
Ductilitate la 25 °C, cm, min	100
Punct de rupere Fraass, °C, max	-17
Punct de inflamabilitate °C, min	240
Stabilitate prin încălzire la 163 °C, timp de 5 ore:	
- pierdere de masă, % max;	0,4
- scăderea penetrației inițiale la 25 °C, % max.	25
Parafină, cu punct de topire min. 45 °C, în % max	2
Substanțe solubile în solvenți organici, % min	99,0
Densitate la 15 °C, min	0,992

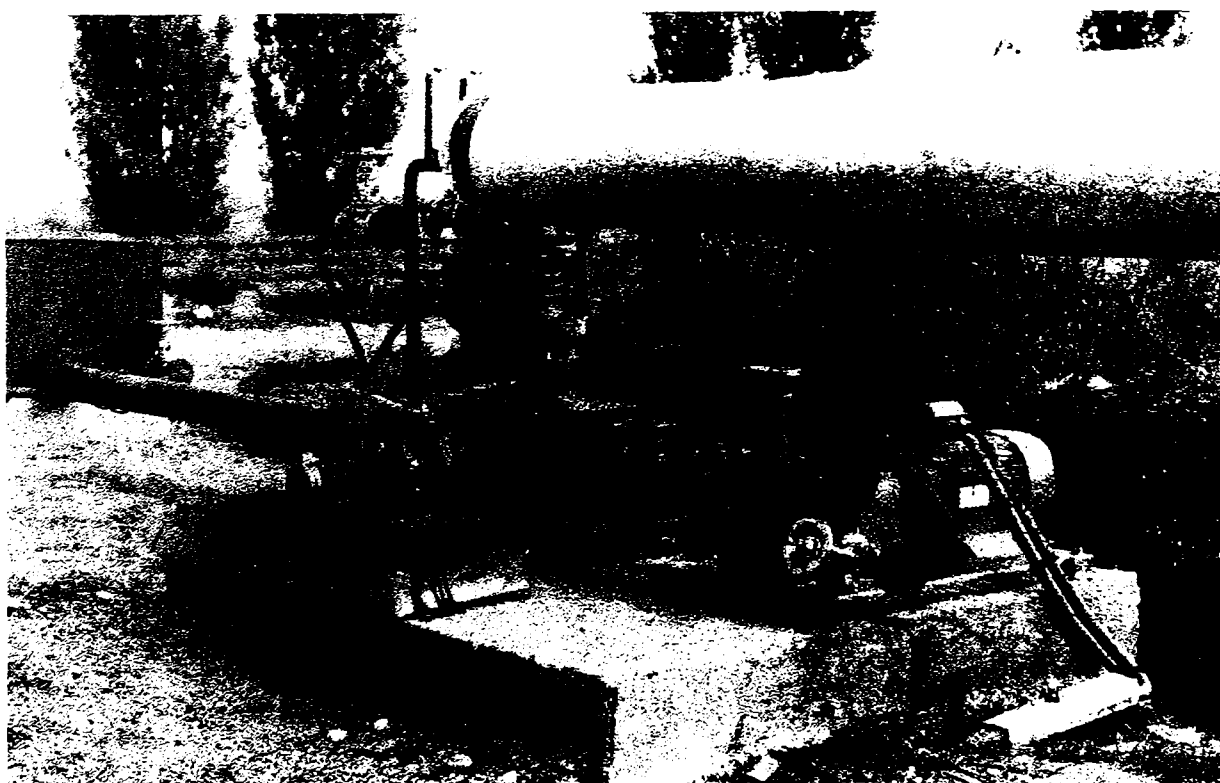


Fig. 3.5 - Instalație pentru descărcarea bitumului.

Emulgatorii utilizați sunt livrați de firma RASCHIG AG din Germania în butoaie sau cisterne. Descărcarea emulgatorului tip 1 se face cu ajutorul unei pompe și se depozitează într-un rezervor încălzit și termoizolat de 30 t capacitate. Emulgatorii tip 2 și tip 3 se ridică la etajul doi, cu ajutorul unui scripete cu motor electric, în vederea dozării.

Acidul clorhidric este aprovizionat de la CHIM COMPLEX Borzești în cisterne CF. Descărcarea lui se face cu o pompă specială, într-un rezervor vertical (dublu) din fibră de sticlă de 23 t capacitate. Depozitul de acid clorhidric este prevăzut cu filtru și sistem de alarmă pentru avarii. Toată instalația pentru acid clorhidric este din material plastic, pentru a evita coroziunea (fig. 3.6).

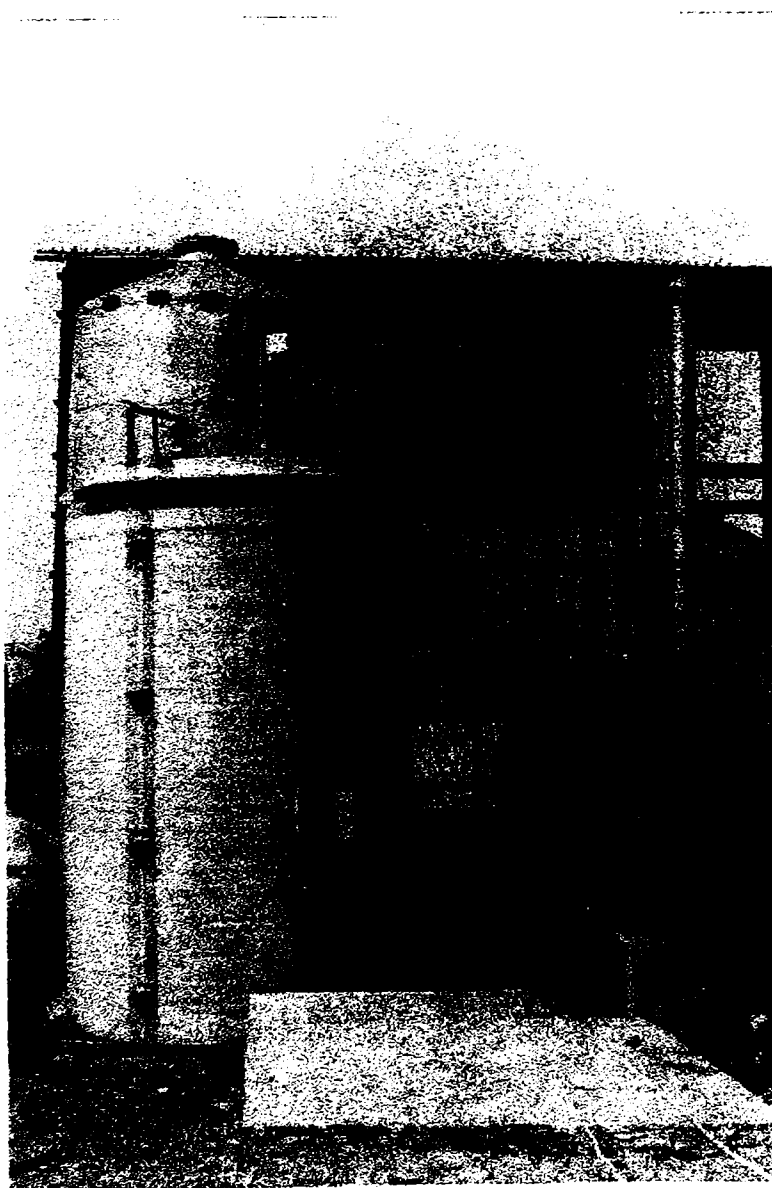


Fig. 3.6- Rezervor acid clorhidric

Centrala termică este complet automatizată, fiind produsă și instalată de firma GEKA din Germania. Este compusă dintr-un cazan cu injector automat, distribuitor de ulei pentru fiecare obiectiv de încălzit separat. De la tabloul de comandă se reglează temperatura necesară pentru fiecare tanc de bitum, emulgator, apă etc. Centrala este dotată cu un vas de expansiune la etajul II și cu un sistem de alarmă în caz de avarii (fig. 3.7).

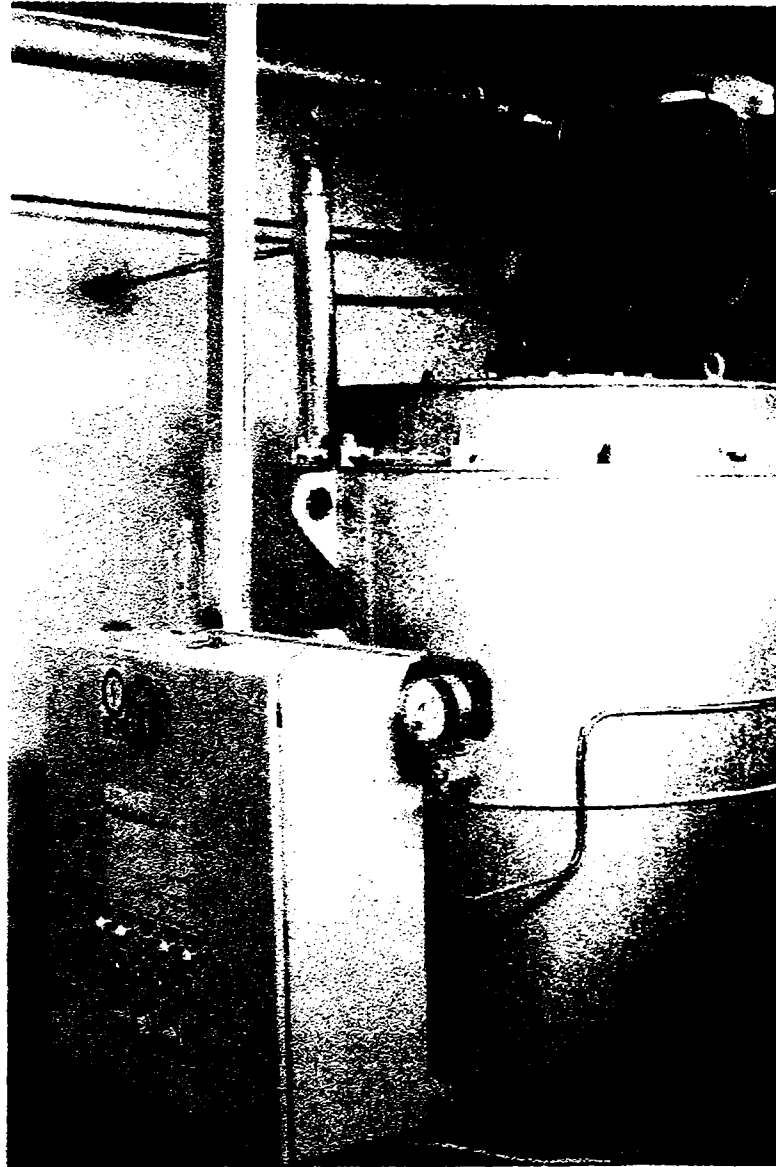


Fig. 3.7- Centrala termică.

Dozarea se face pe fiecare component în parte. Se introduce apă caldă la 60 °C (1/3 din cantitatea necesară) în rezervorul de la etajul unu (fig. 3.8), prin contor automat. Se pompează acid clorhidric tot printr-un contor automat. Se amestecă circa 2 minute.

De la etajul doi, se descarcă emulgatorii tip 2 și tip 3 dozați corespunzător.

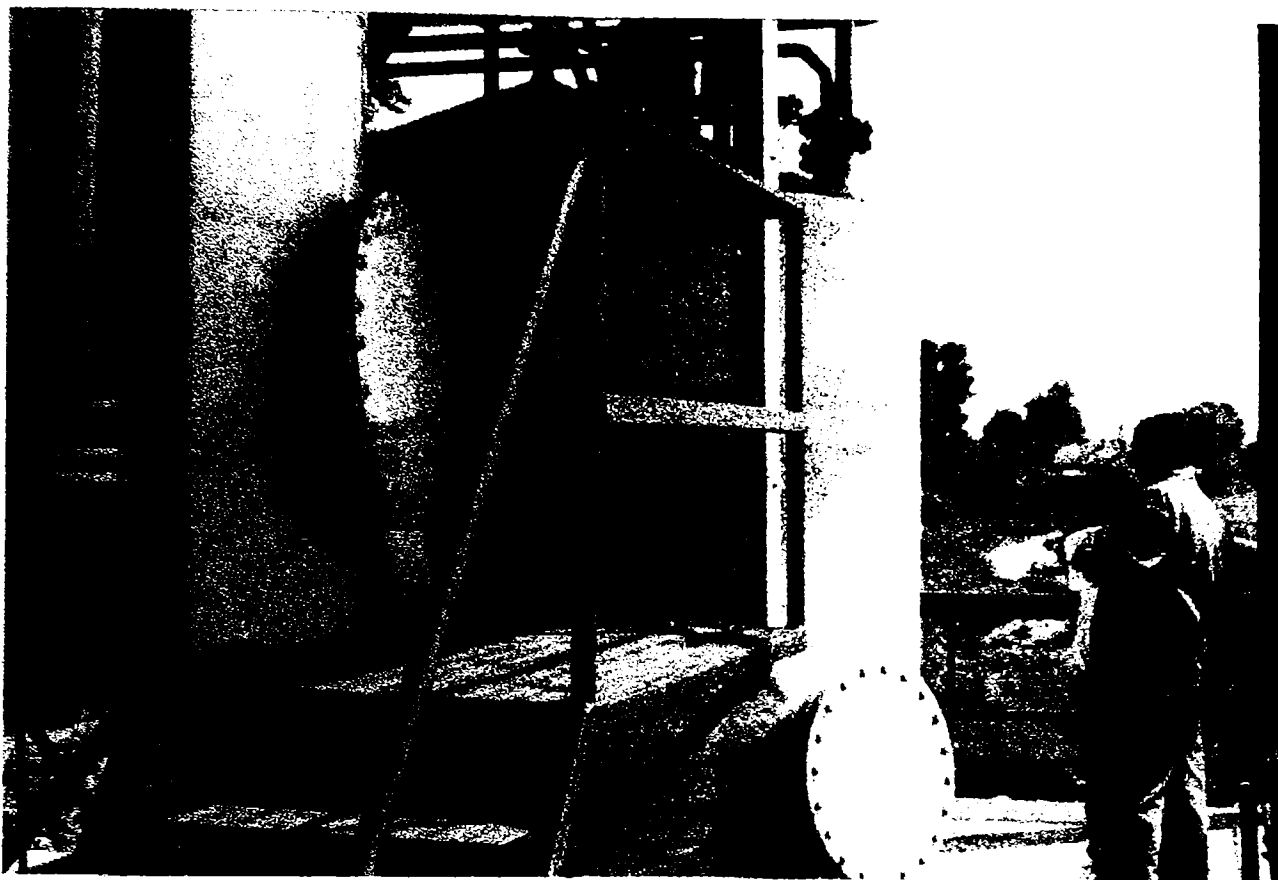


Fig. 3.8 - Instalație omogenizare soluție apoasă - etajul I.

Se omogenizează LATEXUL în rezervorul de serviciu de la etajul unu, care a fost alimentat prin cădere din rezervorul de la etajul doi și se descarcă automat în rezervorul mare de la etajul unu. Se omogenizează tot amestecul și se completează cu apă. Se continuă omogenizarea 3...4 minute.

Prepararea. Soluția apoasă din rezervorul de serviciu de la etajul unu se descarcă în rezervorul de lucru de la parter. Moara coloidală este alimentată cu bitum, soluție apoasă și motorină (în cazul în care se prevede în dozaj). Pentru fiecare component se controlează cantitatea și temperatura.

Emulsia bituminoasă gata preparată trece printr-un refrigerent astfel încât temperatura înainte de depozitare să fie de 40 °C, încălzind astfel apa care circulă în refrigerent la circa 60 °C și care se va folosi la prepararea soluției apoase (fig. 3.9).

Depozitarea emulsiei se face în rezervoare cilindrice de circa 33 t capacitate. Emulsia poate fi recirculată dintr-un rezervor în altul. Depozitul de emulsie este prevăzut

cu un rezervor termoizolat, cu un sistem de încălzire, necesar încălzirii emulsiei bituminoase cu un conținut de 70 % bitum.

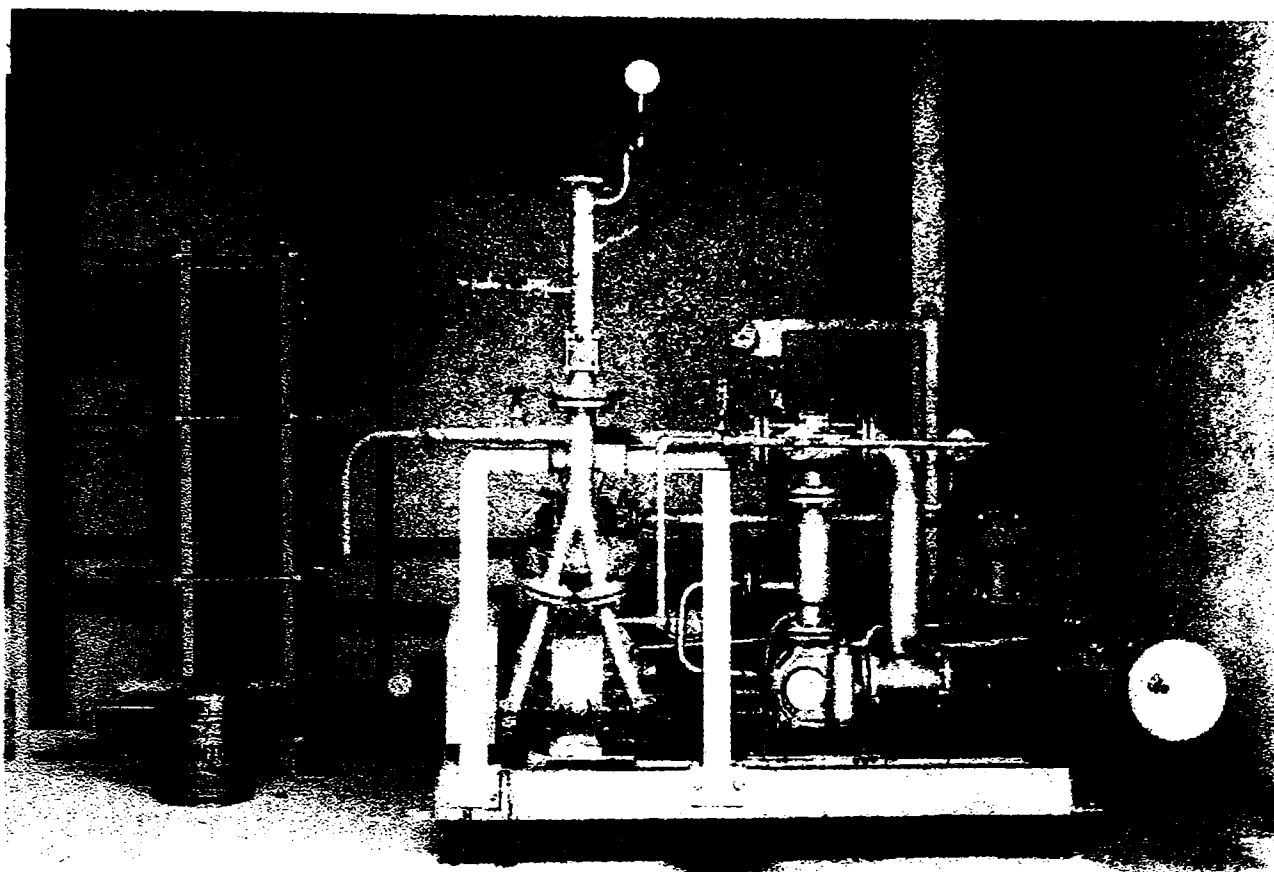


Fig. 3.9 - Moară coloidală și răcitor pentru emulsie.

Livrarea se poate face cu sisteme auto sau CF. Emulsia poate fi livrată rece sau caldă. În cazul în care emulsia bituminoasă n-a fost utilizată la punctul de lucru, există posibilitatea de descărcare în depozit.

Calitatea emulsiei bituminoase poate fi îmbunătățită prin reintroducerea ei în moara coloidală. Alimentarea cisternelor se face printr-un furtun flexibil manipulat de un scripete cu motor electric.

Fabrica se dezvoltă pe trei niveluri: parter, etajul unu și etajul doi.

Amplasarea centralei termice, a depozitelor de emulgator, latex, acid clorhidric, bitum, apă și emulsie au fost astfel realizate încât să asigure trasee cât mai scurte.

Productivitatea fabricii este de cca 20 t/h.

3.2.1. Procesul tehnologic de fabricare a emulsiei bituminoase cationice

Emulsia bituminoasă se produce în fabrica specială amplasată în comuna Șag - Timișeni, jud. Timiș.

La fabricarea emulsiei se folosesc următoarele materiale:

- bitum neparafinos pentru drumuri tip D 80/120;
- emulgatori cationici furnizați de către firma RASCHIG AG din Germania, conform certificatelor de calitate eliberate de către furnizor;
- acid clorhidric tehnic, furnizor CHIM COMPLEX Borzești;
- latex natural, furnizor RASCHIG AG din Germania, conform certificatului de calitate eliberat de către furnizor;
- apă de puț, lipsită de impurități organice și minerale.

Fluxul tehnologic de fabricație cuprinde următoarele operații principale:

- încălzirea bitumului la o temperatură de 130...140 °C;
- pregătirea fazei apoase, care constă în dozarea emulgatorilor, a latexului și a acidului clorhidric, introducerea și omogenizarea lor în rezervorul pentru soluție, împreună cu apa caldă la 60...70 °C ;
- dozarea bitumului și a fazei apoase și introducerea lor în moara coloidală unde are loc dispersia fină a bitumului în faza apoasă, obținându-se astfel emulsia.

Emulsia gata fabricată se stochează în rezervoare metalice, cu posibilitatea de recirculare și se transportă în cisterne auto sau de cale ferată, perfect curățate și încărcate la capacitatea lor maximă.

Întreg procesul tehnologic al fabricii este automatizat, în acest mod fiind asigurată încadrarea lui în limitele stabilite prin controlul automat al temperaturilor și dozajelor, fapt care conduce la păstrarea constantă a calității emulsiei.

Verificarea parametrilor tehnologici și a calității produsului este efectuată de către laboratorul unității producătoare, care este dotat corespunzător cerințelor actuale, în conformitate cu standardele noastre în vigoare.

La livrare, emulsia trebuie să fie însoțită de declarația de conformitate a furnizorului cu Agrementul Tehnic 004 - 07/179 - 1998 eliberat de Comisia de Agrement Tehnic în Construcții, Institutul de Cercetări în Transporturi - S. C. INCERTRANS S. A., Grupa specializată nr. 7 Drumuri și Poduri, lianți bituminoși și mixturi asfaltice.

3.2.2. Emulsii bituminoase cationice cu adaos de polimeri

Adaosul de polimeri la bitum contribuie la influențarea proprietăților sale reologice, îmbunătățind considerabil elasticitatea, stabilitatea mecanică și chimică și adezivitatea, [8]; [9]; [16]. Adaosul de polimeri mărește intervalul de plasticitate prin creșterea punctului de înmuiere I.B. (inel și bilă) și scăderea punctului de rupere Fraass. Pentru a putea obține un bitum modificat cu polimeri cu proprietăți optime pentru lucrările de drumuri este necesar să se folosească un polimer cu un grad ridicat de polimerizare, moleculele cu catenă lungă fiind cele mai bune în acest scop și compatibile cu bitumul [8]; [9]; [11]; [12].

Prin adăugarea unor polimeri corespunzători se obține îmbunătățirea comportamentului reologic, a elasticității, a rezistențelor mecanice și chimice, precum și a adezivității bitumului. Pentru a putea modifica eficient domeniul de plasticitate a unui bitum, respectiv intervalul dintre punctul de înmuiere I.B. (inel și bilă) și punctul de rupere Fraass este necesar ca polimerul să fie compatibil cu bitumul. În general, se folosesc adaosuri în cantități mici de polimer, întrucât acesta este foarte scump și în consecință va conduce la scumpirea bitumului cu polimer. Efectul polimerului depinde de tipul de polimer utilizat și de repartiția lui în liant (bitum). Pentru a obține un bitum modificat pe bază de polimeri cu

proprietăți optime, polimerul adăugat trebuie să aibă un grad ridicat de polimerizare, adică moleculele lui să aibă catene lungi, care să se repartizeze cât mai uniform în bitum, [8]; [53].

În cazul producerii bitumului modificat pe bază de polimer, datorită adaosului de polimer, acesta trebuie amestecat mai multe ore, din cauza creșterii viscozității la temperaturi de peste 150 °C cât și pentru a obține o repartiție egală și deci uniformă. De asemenea, în cazul producerii, transportării și depozitării la temperaturi ridicate poate apărea o rupere a catenelor, în urma căreia au de suferit proprietățile bitumului modificat pe bază de polimeri.

Foarte important de semnalat, este faptul că în cazul producerii emulsiei bituminoase modificate pe bază de polimeri nu mai apare acest inconvenient (foarte clar, pentru că se lucrează la temperaturi mult mai scăzute). În acest caz, polimerii folosiți ajung să acționeze prin intermediul polimerizării emulsiei cu LATEX și ei (polimerii) sunt adăugați fie în faza apoasă, fie în emulsia gata preparată.

De aici rezultă că, în cazul fabricării emulsiei bituminoase, polimerul nu este supus unei temperaturi mai mari de 100 °C, repartizarea lui în emulsie având loc în mod egal și fără probleme, evitându-se astfel deficiențele semnalate la polimerizarea bitumului, rezultate la prelucrare, transport și depozitare, [8].

În concluzie, emulsia bituminoasă modificată pe bază de polimeri prezintă proprietăți mai bune decât ale emulsiei bituminoase fără polimeri, și anume:

- crește intervalul de plasticitate;
- se îmbunătățesc proprietățile reologice, rezistența la șoc și elasticitatea;
- crește adezivitatea pe agregate;
- se mărește fluiditatea la temperaturi înalte și ductilitatea la temperaturi scăzute;
- scade punctul de rupere Fraass, [8]; [53].

Polimerii cei mai cunoscuți și folosiți sunt:

- policlorpropen;

- isobutilen - isopren - copolimer;
- polyisopren (latex natural);
- stiren - butadien - copolimer;
- stiren - butadien - stiren;
- stiren - isopren - copolimer;
- etilen - propilen - dilen - copolimer.

Pomind de la rezultatele cercetărilor efectuate în ultimii ani, am studiat și am realizat la fabrica de la Șag - Timișeni, trei tipuri de emulsie bituminoasă cationică, cu bitum modificat cu polimeri și anume:

- emulsie bituminoasă cationică, E.B.M.C.R., cu bitum modificat cu polimeri, cu rupere rapidă;

- emulsie bituminoasă cationică, E.B.M.C.S.L., cu bitum modificat cu polimeri, cu rupere semilentă;

- emulsie bituminoasă cationică, E.B.M.C.L., cu bitum modificat cu polimeri, cu rupere lentă.

Semnificația simbolurilor: E - emulsie; BM - bitum modificat; C - cationică; R - rupere rapidă; SL - rupere semilentă; L - rupere lentă.

3.2.3. Spectroscopia în infraroșu pentru studierea bitumului modificat cu polimeri

La noi în țară, în ultimii ani, s-au întreprins studii sistematice privind îmbunătățirea calității biturilor prin adaos de polimeri [53]; [71]. Se știe că, din punct de vedere al aspectului, nu se poate deosebi un bitum normal de un bitum modificat cu polimeri și în consecință au fost necesare metode noi de analiză a structurii bitumului astfel modificat.

Una din metode este spectroscopia în infraroșu, întrucât cea mai mare parte a compușilor chimici au proprietatea de a absorbi radiațiile infraroșii. Aceste radiații provoacă în moleculele substanței, mișcări de vibrație și de rotație ale atomilor, care se produc la lungimi de undă bine definite pentru fiecare moleculă sau atomi bine definiți.

Spectrul afectat pentru infraroșu [53]; [71] este cuprins între $12\ 800$ și $10\ \text{cm}^{-1}$, ceea ce corespunde unei lungimi de undă de $0,78$ la $1\ 000\ \text{mm}^{-1}$.

Analiza spectroscopică în infraroșu (IR) se efectuează cu ajutorul spectrofotometrelor de absorbție.

Aparatul are un principiu de funcționare simplu și este prezentat în fig. 3.10 fiind alcătuit din: sursa de radiații care este un filament de nichel - crom încălzit, care constituie sursa de lumină ce se divide în două fascicule identice, ce trec prin compartimentul în care se găsește proba. Ambele fascicule dispun de atenuatori, unul pentru a ajusta pe T (transmitanța) la $100\ %$ și celălalt, pentru a reduce fasciculul de referință la zero, pentru a măsura T . Ambele se recombina, după ce se dispersează prin acțiunea unui dispozitiv monocromatic, iar radiația formată este detectată de un termocuplu, ce o transformă în impulsuri electrice, care sunt amplificate și transmise la un incriptor, care va desena o diagramă spectrală.

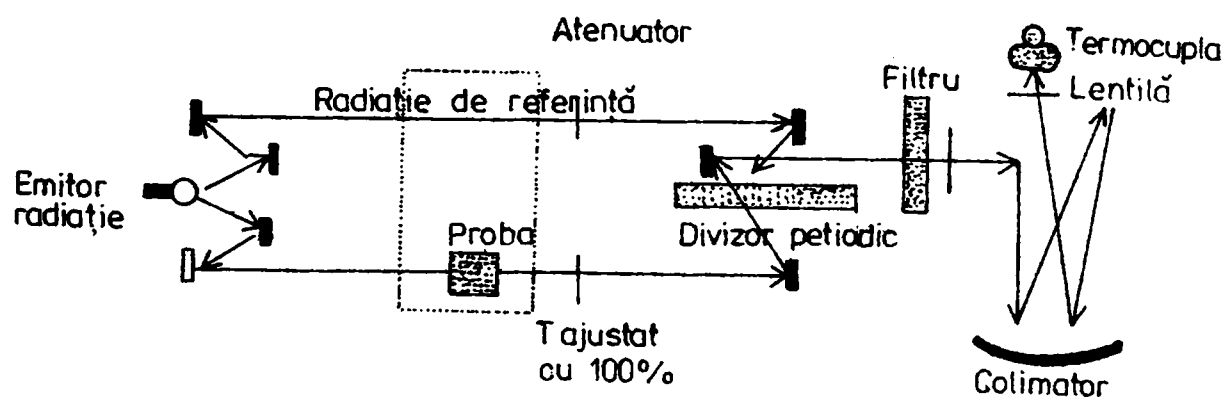


Fig. 3.10 - Aparat pentru analiza spectroscopică în infraroșu

Spectrele IR înregistrate pentru o substanță dată, prezintă serii de benzi de absorbție caracteristice atomilor și grupelor de atomi care o compun, la lungimi de undă bine definite și înregistrate.

Spectrul IR [53]; [71] constituie amprenta digitală a substanței permițând identificarea ei. Într-un amestec de compuși, aceasta face posibilă recunoașterea uneia dintre substanțele existente, dacă aceasta are benzi de absorbție singulare și caracteristice la lungimi de undă bine definite.

Referitor la bitumurile modificate cu polimeri, prin analiza în infraroșu, apar următoarele aspecte:

- condițiile de preparare a probelor;
- selectarea metodei de lucru astfel încât să nu se suprapună spectrelor bitumului și ale polimerului;
- utilizarea unor solvenți adecvați, care să aibă benzi cât mai puține și de intensitate mică care să prezinte posibilități minime de interacțiune cu polimerul.

În țara noastră, cele mai bune rezultate s-au obținut prin modificarea bitumului cu elastomeri de tipul stiren - butadienă - stiren = SBS.

Pregătirea probelor [71]. Se iau cantități precise dintr-un liant modificat și solvent, respectiv 1 g și 10 % solvent, după ce se dizolvă liantul într-un recipient închis, pentru a se menține concentrația impusă. Proba din recipient se introduce în dispozitivul aparatului între fețele a două cristale de clorură de sodiu (NaCl), la o anumită distanță respectiv 0,432. Ca solvenți se folosesc în mod uzual cloroformul CHCl_3 și tetraclorura de carbon CCl_4 .

Analiza calitativă [53] permite identificarea calitativă a tipului de polimer prin spectroscopia de absorbție în infraroșu (IR) care pune în evidență anumite molecule din polimerul folosit la modificarea bitumului. Fiecare tip molecular are spectrul său caracteristic de absorbție în conformitate cu structura sa. În acest scop se înregistrează spectrul probei

de analizat și apoi se înregistrează pe rând spectrele substanțelor bănuite a fi un sistem. Benzile de absorbție urmărite trebuie să fie cele caracteristice pentru fiecare substanță în parte.

În fig 3.11 se poate urmări prezența polimerului SBS în bitum, determinată calitativ prin prezența unui anumit număr de benzi de absorbție în spectrul infraroșu, la numerele de unde 3070 cm^{-1} , 3040 cm^{-1} , 1500 cm^{-1} , 740 cm^{-1} , 710 cm^{-1} .

Analiza cantitativă a lianților modificați [53]; [71], prin spectroscopia de absorbție în infraroșu, prezintă următoarele avantaje:

- folosește cantități mici de substanțe;
- nu este distructivă, substanța analizată poate fi refolosită după analiză;
- analiza poate fi repetată ori de câte ori este necesar pe aceeași cantitate de substanță;
- este o metodă de analiză foarte rapidă comparativ cu analizele chimice.

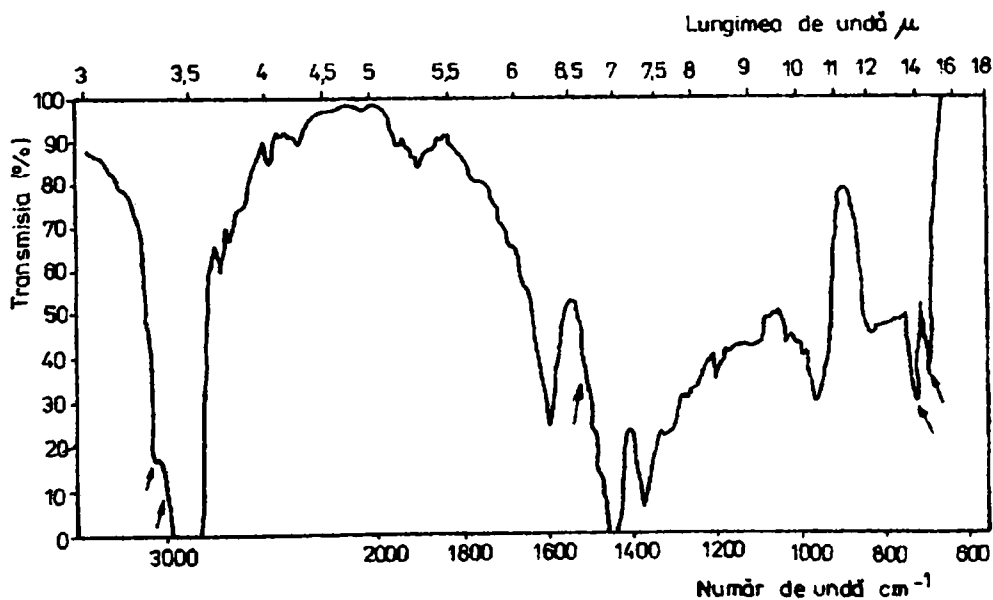


Fig. 3.11 - Spectru infraroșu (IR) al bitumului modificat cu polimer SBS.

Analiza cantitativă, în acest caz, se bazează pe faptul că intensitatea unei benzi de absorbție se află în legătură cu concentrația substanței ce absoarbe radiația incidentă, conform legii lui Beer, care are următoarea expresie:

$$\lg\left(\frac{I_0}{I}\right) = e \cdot l \cdot c \quad [3.5]$$

în care:

I_0 este intensitatea radiației incidente;

I - intensitatea radiației transmisă prin probă;

e - coeficient de extincție optică;

l - drumul optic;

c - concentrația grupurilor funcționale, responsabile cu absorbția.

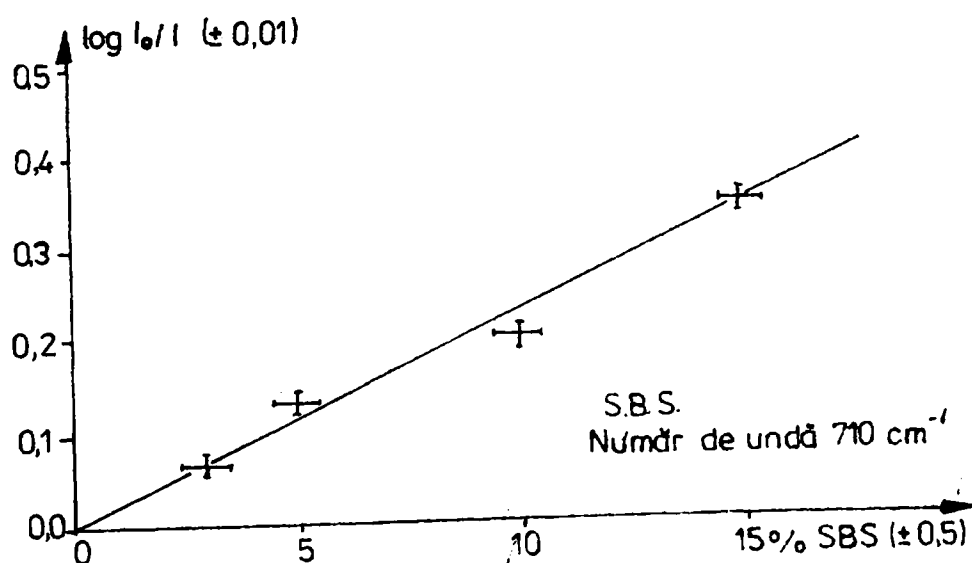


Fig. 3.12 - Curba de etalonare.

Se poate afirma că extincția, pentru un strat subțire absorbant de polimer și la o temperatură dată, este proporțională cu concentrația produsului pentru soluții diluate, deci a căror benzi de absorbție dau o transmisie cuprinsă între 20 și 80 %.

Măsura densității optice a unei benzi de absorbție a unui compus în interiorul altui produs, permite măsurarea concentrației în care este dozat compusul respectiv.

Evident este necesar să se lucreze cu curbe de etalonare, pentru diferite concentrații de polimer între 3...10 %.

Se înregistrează spectrul probei pregătite cu ajutorul spectrofotometrului, se compară curba obținută și se calculează concentrația de polimer cu relația:

$$C = \frac{100D_1}{ec_1} \quad [\%] \quad [3.6]$$

în care:

C este concentrația de polimer în liant, în %;

D_1 - absorbția (extincția) soluției în liant;

e - coeficient de extincție optică a polimerului cu lungimea de undă considerată;

c_1 - concentrația soluției de liant exprimată în g/l.

În concentrație, cercetările efectuate la noi în țară de INCERTRANS București, Institutul de Cercetări Ploiești și Universitatea Tehnică de Construcții București, arată că spectroscopia în infraroșu este o metodă rapidă și sigură de investigare a lianților modificați cu polimeri, indiferent de tipul de bitum și de tipurile de polimeri. Se apreciază că metoda poate intra în practica obișnuită a laboratoarelor de încercări, evident pe măsura dotării lor cu spectrofotometre IR.

3.2.4. Caracteristicile emulsiei bituminoase cationice cu bitum modificat

Componentele pentru obținerea emulsiei bituminoase sunt:

- Bitum D 80/120 de la Rafinăria PETROLSUB Suplacu de Barcău;
- Acid clorhidric tehnic, livrat de CHIM COMPLEX Borzești;
- Emulgator tip 1, tip 2, tip 3 - furnizor RASCHIG AG Germania;
- LATEX natural - furnizor RASCHIG AG Germania;

- Apă.

Emulsia bituminoasă cationică EBMCR, cu rupere rapidă (cu bitum modificat) prezintă o calitate superioară datorită polimerului, care are ca efect:

- creșterea coeziunii și a proprietăților elastice ale liantului;
- creșterea adezivității față de agregatele minerale în prezența apei și la temperaturi scăzute;

scăzute;

- creșterea rezistenței la șoc, în special la temperaturi scăzute;
- reducerea tendinței de îmbătrânire a bitumului;
- reducerea susceptibilității termice a bitumului;
- creșterea rigidității la temperaturi ridicate;
- reducerea tendinței de fisurare la temperaturi scăzute.

Compoziția în procente a emulsiei bituminoase cationice EBMCR cu polimeri este în medie următoarea: - bitum D 80/120..... 65,00;

- latex natural1,0...2,0;

- emulgator tip 1, tip 2, tip 31,80;

- acid clorhidric tehnic.....1,50;

- apărest până la 100,00.

Caracteristicile fizico-chimice ale emulsiei bituminoase cationice fabricată cu polimeri EBMCR sunt prezentate în tabelul 3.4 conform metoda DIN (standard german).

Caracteristicile fizico-chimice ale emulsiei bituminoase cationice fabricată cu polimeri EBMCR sunt prezentate în tabelul 3.5 conform STAS 8877 - 72 valabil în România.

Tabel 3.4

Caracteristici	Metoda	UM	Limita inferioară	Limita superioară
Aspect vizual	DIN 52002	-	maro, lichid omogen	
Conținut de apă	DIN 52048	%	35	34
Rest pe sita de 0,63 mm	DIN 52040	%	-	0,5
p _H - ul soluției apoase	p _H neutru	-	2,3	2,7
Bitum D80/120	emulgabil			
Încărcare electrică	DIN 52044		cationică	
Viscozitate	DIN52048	sec	15	60
Polimer	LATEX	natural		
Stabilitate la depozitare: rest pe sită, după 4 săptămâni	DIN 52042	%		0,5
Calitățile bitumului rezidual:				
- rest (reziduu - cenușă)	DIN 52005	%	2,5	2,5
- punct de înmuiere I.B.	DIN 52011	°C	48	59
Adezivitatea emulsiei față de agregatul natural	anrobare completă a criblurii			

Tabel 3.5

Caracteristici	Metoda	UM	Valori admisibile
Aspect vizual	STAS 8877 - 72	maro, lichid omogen	
Conținut de apă	STAS 8877 - 72	%	max. 40
Viscozitate Engler la 20 °C	STAS 8877 - 72	°E	7...15
Omogenitate (rest pe sita de 0,63 mm)	STAS 8877 - 72	%	max 0,5
Stabilitate la depozitare (rest pe sita de 0,63 mm) după 7 zile	STAS 8877 - 72	%	max 0,5
Adezivitatea emulsiei față de agregatul natural	STAS 10969/1 - 83	vizual	anrobarea completă a criblurii

Cap. 4. STUDII ȘI CERCETĂRI PENTRU INTRODUCEREA ÎN TEHNICA RUTIERĂ ROMÂNESCĂ A UNOR TEHNOLOGII EFICIENTE, ÎN SCOPUL ÎMBUNĂTĂȚIRII STĂRII DE VIABILITATE A DRUMURILOR CU ÎMBRĂCĂMINȚI MODERNE

4.1. Tratamente bituminoase eficiente “la rece”, folosind emulsia bituminoasă cationică cu rupere rapidă cu polimeri (EBMCR)

Întrucât, tratamentele bituminoase realizate la rece cu emulsie bituminoasă fără adaos de polimeri au prezentat de-a lungul anilor o serie de degradări de tipul: adezivitate redusă între liant și agregat, acoperire a părții carosabile în proporție de 70...80 %, dezlipiri și exfolieri ale bitumului rezidual din emulsie, a fost necesar să se studieze îmbunătățirea proprietăților liantului prin adaos de polimeri, concomitent cu îmbunătățirea tehnologiei de execuție.

4.1.1. Materiale utilizate

Pentru obținerea unor tratamente bituminoase de bună calitate s-au folosit:

- emulsia bituminoasă cationică cu rupere rapidă, cu bitum modificat cu polimeri (EBMCR);
- agregatele naturale - criblurile și agregatele de râu concasate și granulate sau în mod excepțional splitul și agregatele de râu sortate.

Compoziția emulsiei bituminoase cationice cu bitum modificat cu polimeri (EBMCR) a fost în medie cea prezentată la pct. 3.2.4.

Caracteristicile EBMCR sunt cele prezentate în tabelul 3.5.

Agregatele naturale folosite pentru realizarea tratamentelor bituminoase cu emulsie trebuiau să corespundă următoarelor condiții de calitate:

- să provină din roci dure;
- să nu se șlefuiască sub circulație;

- să fie foarte curate;
- să aibă formă poliedrică;
- să prezinte o rezistență ridicată la uzură. În acest scop s-au folosit agregate cu un coeficient Los Angeles (L.A.) de maxim 25 %, iar pentru drumurile cu trafic intens sub 15 %.

4.1.2. Elaborarea dozajelor. Urmare a cercetărilor efectuate în ultimii ani, s-a constatat că granulele agregatului natural se aștern în poziții dezordonate (în emulsia bituminoasă stropită în prealabil) astfel încât volumul de goluri dintre granule este de aproximativ 42...52 %. După cilindrare și sub efectul circulației, volumul de goluri se reduce la 20 %. Liantul (bitumul din emulsie) umple 60...70 % din aceste goluri, astfel că rezultă: 80 % agregate naturale, 12...14 % bitum și 6...8 % goluri [9]; [12]; [16]; [77]; [79].

Cantitatea de criblură necesară pe m² trebuie astfel calculată încât așternerea ei să fie realizată într-un singur strat, granulă lângă granulă.

Necesarul de liant depinde de:

- dimensiunea criblurii și forma ei;
- de starea suprafeței tratate și de conținutul de bitum al îmbrăcămintei bituminoase pe care se execută tratamentul;
- de înglobarea în bitum (după ruperea emulsiei bituminoase) a granulelor de criblură până la 2/3 din înălțimea lor.

Dozarea liantului trebuie făcută astfel încât să fixeze întreaga cantitate de criblură. Un dozaj prea ridicat conduce la exces de bitum, un dozaj scăzut de liant determină desprinderea criblurii din tratament.

Stabilirea dozajelor pentru tratamente bituminoase presupune determinarea cantității de agregate naturale și de liant necesare pentru realizarea unui metru pătrat de tratament bituminos.

Agregatele naturale, necesare pentru realizarea unui metru pătrat de tratament, se determină în funcție de dimensiunea medie a agregatelor, obținută din relația:

$$A = \frac{d+D}{2} \quad [\text{mm}] \quad [4.1]$$

în care:

A este dimensiunea medie a agregatului, în mm;

d - dimensiunea granulei celei mai mici, în mm;

D - dimensiunea granulei celei mai mari, în mm.

D și d se iau pentru ordonatele corespunzând resturilor de 90 % și 10 % ale curbei de granulozitate a agregatului ce va fi folosit la realizarea tratamentelor.

Se recomandă $d = (0,6 \dots 0,7)D$

După determinarea valorii A (dimensiunea medie a agregatului), se stabilește cantitatea de agregate pe 1 m^2 , cu relația:

$$V = A - \frac{A^2}{100} \quad [\text{L/m}^2] \quad [4.2]$$

în care V este cantitatea de agregate în L/m^2 .

Pentru transformarea în kg/m^2 , densitatea aparentă a criblurii se ia în general 1450 kg/m^3 .

Pentru liant, cantitatea necesară pe 1 m^2 , în primă aproximație, reprezintă 10 % din volumul de agregate pe 1 m^2 .

În consecință cantitatea de liant se poate exprima prin relația:

$$L = \frac{1}{10} V \quad [\text{L/m}^2] \quad [4.3]$$

în care L este cantitatea de bitum pur în L/m^2 .

Evident trebuie să se aplice unele corecții și anume:

- creșterea valorii L în următoarele cazuri:

- dacă $D < 8$ mm;
- dacă îmbrăcămintea pe care urmează să se execute tratamentul bituminos este poroasă;

- dacă zona în care se realizează lucrarea este o zonă cu climă rece;
- dacă traficul pe drum este redus.

- în alte situații trebuie să se micșoreze valoarea L , astfel:

- dacă agregatele sunt uscate și de formă cubică;
- dacă zona în care se realizează lucrarea este o zonă cu climă caldă;
- dacă traficul este foarte mare pe drum.

În consecință, la stabilirea cantității de liant este necesar să se ia în considerare o serie de alți parametri ca: starea suprafeței îmbrăcămintei, trafic, forma granulelor etc.

Există mai multe relații care permit calcularea cantității de liant pe 1 m^2 , astfel:

$$L = a + bV \quad [L/m^2] \quad [4.4]$$

în care:

L este cantitatea de liant rezidual pe 1 m^2 ;

V - cantitatea de agregate, în L/m^2 ;

a - un factor care depinde de starea suprafeței îmbrăcămintei și poate avea următoarele valori:

- $a = 0$ pentru suprafețe închise;
- $a = 0,2$ pentru suprafețe normale;
- $a = 0,59$ pentru suprafețe poroase sau fisurate;

b - factor care depinde de forma granulelor și poate avea următoarele valori:

- $b = 0,07$ pentru cribluri;
- $b = 0,09$ pentru granule rotunjite.

După Coudre necesarul de liant se stabilește cu relația:

$$L = (0,320 \dots 0,350)\sqrt{A} \quad [L/m^2] \quad [4.5]$$

Dozajul de liant trebuie corectat în funcție de natura îmbrăcămintei pe care se aplică și de trafic.

Cu cât traficul este mai intens, cu atât așezarea granulelor se va face într-un timp mai scurt și volumul de goluri minim se va obține mai repede. Când traficul este mai redus, volumul minim de goluri se realizează mai încet și de aceea este necesar un surplus de bitum pentru a umple golurile existente și pentru a lega mai bine granulele.

Dozajele de lucru folosite pe diferite DN sunt prezentate în tabel 4.1.

Tabel 4.1

DN	Criblură kg/m ²	Emulsie EBMCR kg/m ²
DN 6 Caransebeș - Lugoj	14	1,6
DN 6 Lugoj - Timișoara	16	1,5
DN 59A Timișoara - Jimbolia	16	1,5
DN 6 Craiova - Turnu severin	16	1,4

4.1.3. Executarea tratamentelor cu EBMCR

Pe baza cercetărilor efectuate am executat cu sprijinul ALBIX GENERAL CONSTRUCȚII, tratamente bituminoase cu EBMCR în premieră pe țară. În cele ce urmează voi trata succint modul de realizare al acestora.

Pe parcursul execuției s-au urmărit:

- pregătirea suprafeței;
- stropirea emulsiei;
- răspândirea agregatelor;
- cilindrea.

În legătură cu pregătirea suprafeței se precizează că după repararea degradărilor este necesar să se spele toată suprafața cu un jet de apă sub presiune (fig. 4.1).



Fig. 4.1 - Autospecială pentru spălare cu jet de apă sub presiune.

Stropirea emulsiei în cantitate de $1,6...1,8 \text{ kg/m}^2$ se face cu ajutorul autostropitorului de emulsie, care trebuie să asigure o stropire cât mai uniformă și continuă (fig. 4.2).

Stropirea se face prin duze cu fanta de 2,5 mm sau 4 mm în funcție de viteza de deplasare a autostropitorului.

În timpul stropirii, autostropitorul se deplasează cu o viteză de $4,7...5 \text{ km/h}$ și se folosesc duzele cu fanta de 2,5 mm. Duzele sunt plasate la înălțimea de 20...25 cm deasupra suprafeței de stropit pentru a evita cât mai puțin influența vântului asupra stropirii.

Răspândirea criblurii sort 3 - 8 și 8 - 16 sau a pietrișului concasat 7 - 11 în cantitate de $10...15 \text{ kg/m}^2$ sau $14...18 \text{ kg/m}^2$ trebuie să urmeze imediat în urma stropirii emulsiei EBMCR. Utilajul folosit este prezentat în fig. 4.2. Răspândirea agregatelor trebuie să fie cât mai uniformă și în conformitate cu dozajul stabilit.

Cilindrarea s-a realizat în două etape: rulourile tractate de combină efectuează o precompactare, iar cilindrarea propriu-zisă se face, după maxim un minut de la operația de răspândire a agregatului natural, cu compactorul pe pneuri, presiunea din pneuri fiind cuprinsă între 5...8 atmosfere. Se poate folosi și compactorul cu rulouri netede de 60...100 kN cu care se realizează în general 3...4 treceri pe aceeași suprafață, evitându-se cilindrarea prea puternică pentru a nu sfărâma granulele agregatelor. Utilajele pentru compactare sunt prezentate în fig. 4.3.

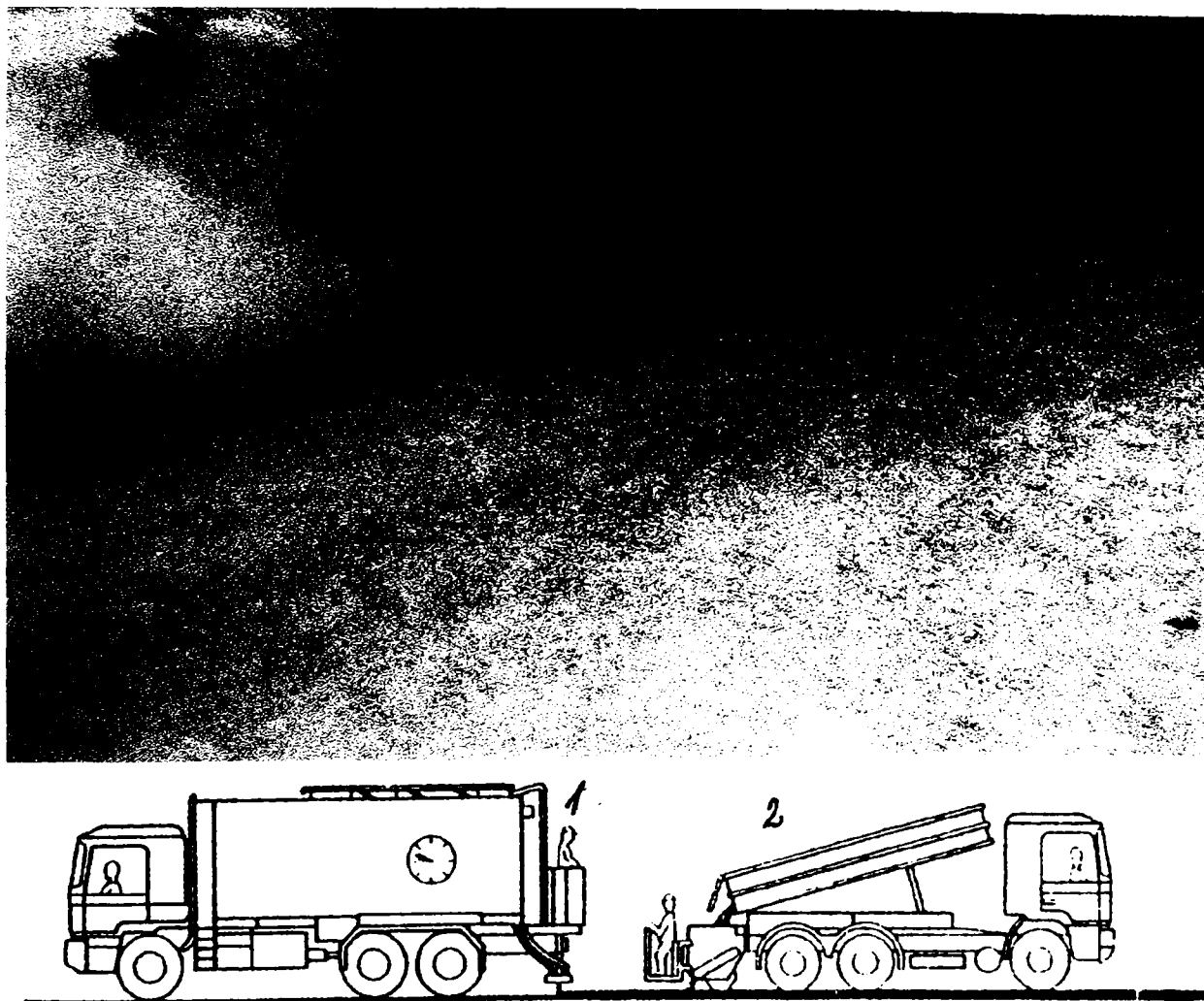


Fig. 4.2 - 1. Autostropitor emulsie; 2. Răspânditor agregat

După 3...4 ore de la cilindrare se folosește o mașină aspiratoare care culege criblura nefixată prin cilindrare (fig. 4.4).

Întrucât ruperea emulsiei se produce într-un timp foarte scurt (3...5 minute) sectorul poate fi dat imediat în circulație.



Fig. 4.3 - Compactor pe pneuri.

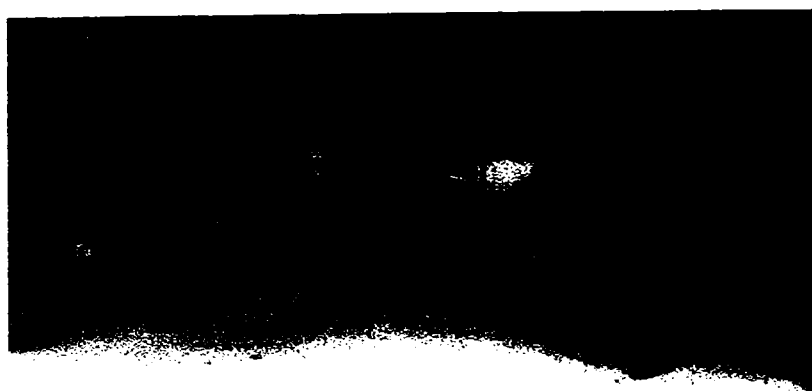
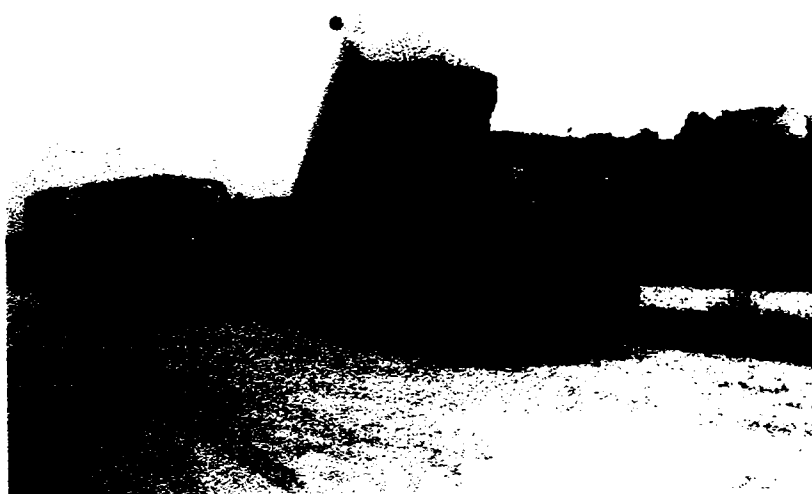


Fig. 4.4 - Mașină de aspirat.

La lucrările de tratamente executate s-a folosit combina pentru tratamente prezentată în fig. 4.5 și 4.6, care are o productivitate de 24 000 m²/zi.

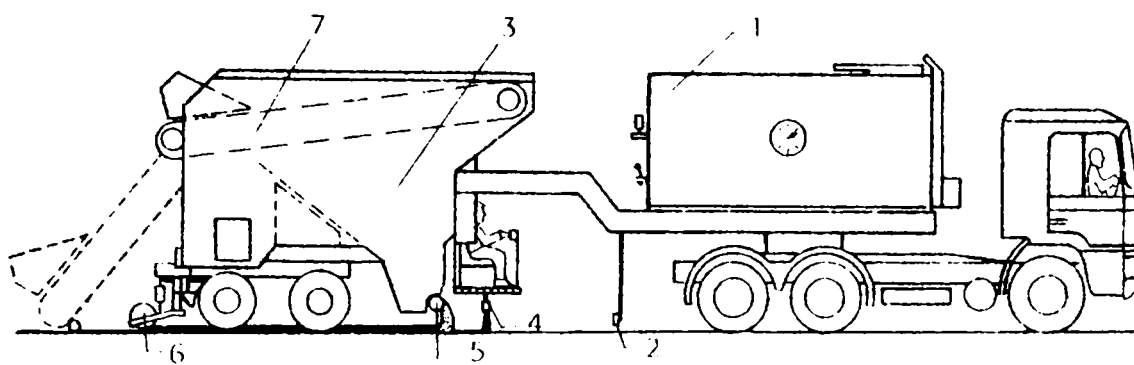


Fig. 4.5 - Combină tratamente: 1 - rezervor pentru emulsie; 2 - riglă gradată; 3 - buncăr criblură; 4 - rampă stropire EBMCL; 5 - șnec agregate; 6 - rulou compactor; 7 - bandă transportoare.



Fig. 4.6 - Combină tratamente.

În fig. 4.7 sunt prezentate aspecte ale tratamentelor astfel realizate.

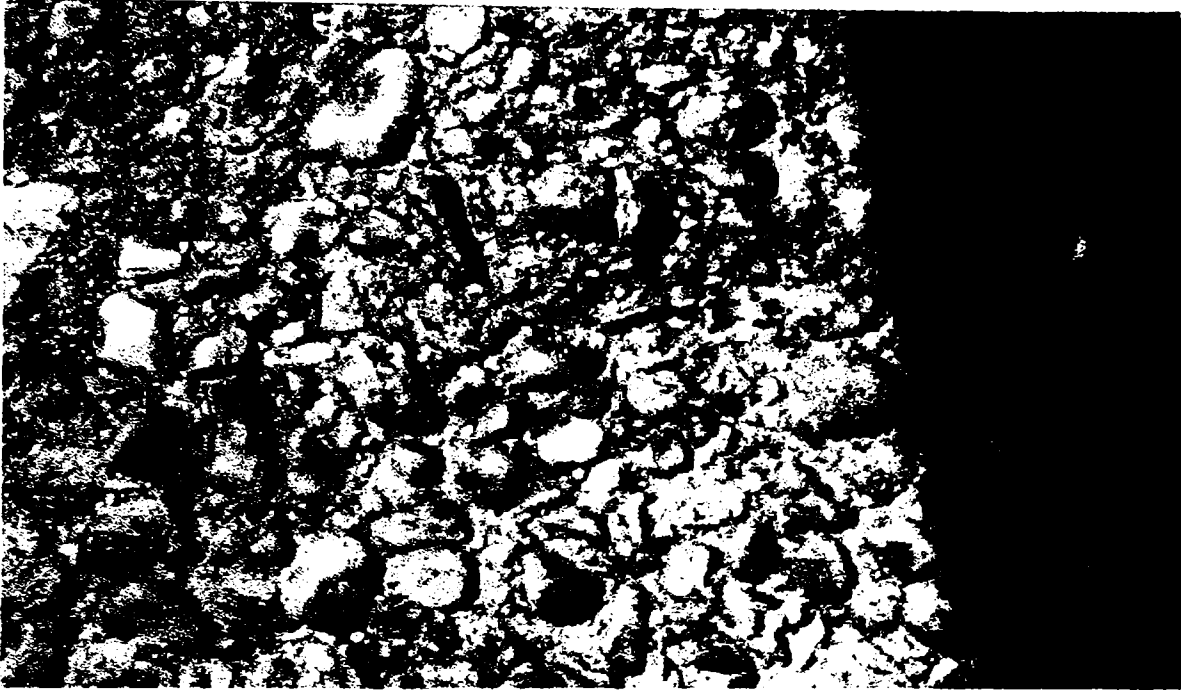


Fig. 4.7 - Tratamente bituminoase.

Universitatea Tehnică
Timișoara
Biblioteca Centrală

4.1.4. Tratamente bituminoase executate cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere rapidă cu bitum modificat cu polimeri (EBMCR)

Doctorandul a realizat, în perioada 1995...1997, tratamente bituminoase "la rece" folosind emulsie bituminoasă cationică cu bitum modificat cu polimeri pe următoarele drumuri naționale:

În anul 1995:

DN 59A Timișoara - Jimbolia

$$\text{km } 4 + 150 - 12 + 380 = 8\,320 \text{ m} = 56\,635 \text{ m}^2$$

$$\text{km } 16 + 300 - 23 + 100 = 6\,800 \text{ m} = 45\,007 \text{ m}^2$$

DN 6 Lugoj - Timișoara

$$\text{km } 500 + 400 - 510 + 400 = 10\,000 \text{ m} = 73\,020 \text{ m}^2$$

DN 6 Caransebeș - Lugoj

$$\text{km } 418 + 000 - 494 + 800 = 24\,953 \text{ m} = 174\,974 \text{ m}^2$$

DN 67 Turnu Severin - Târgu Jiu

$$\text{km } 2 + 030 - 5 + 830 = 3\,550 \times 15,0 = 53\,250 \text{ m}^2$$

$$\text{km } 6 + 000 \text{ Pod} = 0,06 \times 7,0 = \underline{\underline{420 \text{ m}^2}}$$

$$53\,670 \text{ m}^2$$

În anul 1997:

DN 3 București - Călărași

$$\text{km } 38 + 000 - 42 + 400 = 30\,800 \text{ m}^2$$

$$\text{km } 43 + 580 - 50 + 000 = 44\,940 \text{ m}^2$$

DN 5 București - Giurgiu

$$\text{km } 19 + 000 - 20 + 000 (4 \text{ benzi}) = 12\,409 \text{ m}^2$$

$$\text{km } 32 + 600 - 52 + 000 = 147\,606 \text{ m}^2$$

DN 6 București - Timișoara

$$\text{km } 96 + 950 - 103 + 600 = 47\,889 \text{ m}^2$$

$$\text{km } 105 + 600 - 126 + 835 = 148\,645 \text{ m}^2$$

$$\text{km } 548 + 898 - 549 + 898 = 1\,000 \text{ m} = 7\,000 \text{ m}^2$$

$$\text{km } 522 + 000 - 526 + 000 = 4\,000 \text{ m} = 28\,000 \text{ m}^2$$

DN 57 Oravița - Moravița

$$\text{km } 194 + 550 - 198 + 480 = 3\,930 \text{ m} = 27\,510 \text{ m}^2$$

$$\text{km } 198 + 830 - 200 + 700 = 1\,870 \text{ m} = 13\,090 \text{ m}^2$$

DN 59 Timișoara - Moravița

$$\text{km } 36 + 500 - 49 + 370 = 12\,770 \text{ m} = 87\,665 \text{ m}^2$$

$$\text{km } 54 + 700 - 62 + 700 = 8\,000 \text{ m} = 56\,000 \text{ m}^2$$

DN 59A Timișoara - Jimbolia

$$\text{km } 16 + 200 - 23 + 300 = 7\,100 \text{ m} = 49\,700 \text{ m}^2$$

DN 59B Cărpiniș - Deta

$$\text{km } 66 + 220 - 71 + 600 = 5\,350 \text{ m} = 32\,280 \text{ m}^2$$

$$\text{km } 74 + 000 - 75 + 100 = 1\,100 \text{ m} = 6\,600 \text{ m}^2$$

DN 12C Bicz - Gheorghieni

$$\text{km } 8 + 150 - 9 + 000$$

$$\text{km } 14 + 850 - 25 + 950 \quad \text{Total: } 73\,940 \text{ m}^2$$

Am avut o contribuție importantă la realizarea acestor tratamente urmărind calitatea EBMCR, a agregatelor, elaborând dozajele optime și controlând permanent calitatea execuției la fața locului.

4.1.5. Măsurarea rugozității tratamentelor bituminoase

Rugozitatea [9]; [79]; [83] este proprietatea suprafeței de rulare a îmbrăcăminților rutiere de a prezenta asperități, care asigură stabilitatea vehiculelor în mișcare prin realizarea unei aderențe cât mai bune între pneu și cale.

Problema realizării unor suprafețe rugoase și menținerea acestei rugozități un timp cât mai îndelungat devine din ce în ce mai importantă, pe măsura creșterii intensității traficului și a vitezei de circulație.

Aderența care apare între pneul autovehiculului și suprafața de rulare are următoarele roluri:

- să permită autovehiculului să-și păstreze în permanență traiectoria fixată de conducătorul auto:

- să asigure în caz de frânare distanța de oprire cea mai scurtă posibilă.

Din punct de vedere practic interesează:

- coeficientul de frecare transversal definit prin relația:

$$f_t = \frac{N}{R} \quad [4.6]$$

în care:

f_t este coeficientul de frecare transversală;

N - forța perpendiculară pe planul de rotație al roții;

R - reacțiunea normală datorită încărcării pe roată.

- coeficientul de frecare longitudinală este definit prin relația:

$$f_l = \frac{F}{R} \quad [4.7]$$

în care: f_l este coeficientul de frecare longitudinală;

F - forța care acționează asupra roții;

R - reacțiunea normală pe suprafața de contact.

Schema de calcul a coeficientului de frecare transversală este aratăată în fig. 4.8.

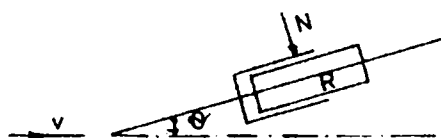


Fig. 4.8 - Schema de calcul a coeficientului de frecare transversală: v - viteza constantă; θ - unghiul de înclinare; N - forța perpendiculară pe planul de rotație al roții; R - reacțiunea normală datorită încărcării pe roată.

Schema de calcul a coeficientului de frecare longitudinală este indicată în fig. 4.9.

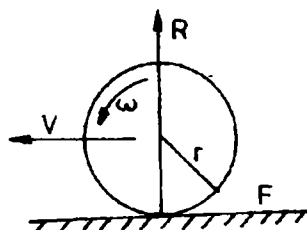


Fig. 4.9 - Schema de calcul a coeficientului de frecare longitudinală: V - viteza constantă; ω - viteza de rotație constantă; F - reacțiunea longitudinală; R - reacțiunea verticală.

Principalii factori care influențează aderența pneu - suprafață de rulare sunt:

- grosimea filmului de apă de pe suprafața de rulare;
- caracteristicile principale ale pneurilor (sculptura evidentă, netedă, uzată etc.);
- rugozitatea îmbrăcămintei rutiere;
- viteza de circulație;
- modul de frânare (blocarea roților sau nu).

Se menționează că toate îmbrăcămintele rutiere uscate prezintă condiții foarte bune pentru o aderență corespunzătoare.

Interpunerea unui film de apă între pneu și suprafața de rulare poate întrerupe contactul dintre pneu și carosabil provocând alunecarea (planarea) autovehiculului, pierderea controlului direcției urmată de derapare (acvaplanare).

Fenomenul este reprezentat schematic în fig. 4.10.

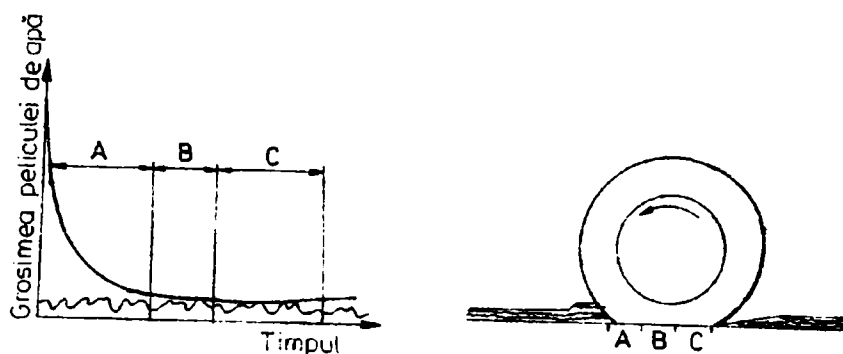


Fig. 4.10 - Mod de evoluție în spațiu și în timp a grosimii peliculei de apă dintre pneu și suprafața de rulare.

A este zona filmului de apă continuu, zonă în care coeficientul de frecare este zero;

B - zona de tranziție, în care coeficientul de frecare are valoarea intermediară între A și C;

C - zona de contact, în care coeficientul de frecare se apropie ca valoare de coeficientul de frecare pe suprafața uscată.

Fenomenul de acvaplanare este posibil numai în zona A, când există un film de apă în grosimea suficientă, adică de 3...5 mm grosime. În consecință, fenomenul are loc când grosimea apei pe drum depășește 3...5 mm, lama de apă nu poate fi expulzată, roata autovehiculului pierde contactul cu îmbrăcămintea și este ridicată în sus. Conducătorul auto pierde controlul autovehiculului și conducerea lui este imposibilă. În legătură cu acest fenomen s-au efectuat studii de către R. Majcherczyk (Universitatea din Paris) privind influența rugozității geometrice a îmbrăcămintei asupra evacuării apei, la interfața pneu -

expulzarea rapidă a filmului de apă dintre pneu și suprafața de rulare permite o creștere a coeficientului de frecare, evitând în anumite cazuri acvaplanarea. Cazul limită în care apa de pe suprafață nu se evacuează este provocat de lipsa striurilor (sculpturii) pneurilor și de rugozitatea geometrică scăzută a îmbrăcămintei, care împiedică eliminarea apei, astfel încât filmul de apă provoacă o alunecare hidrodinamică și astfel autovehiculul își pierde stabilitatea. Pentru autoturisme, acvaplanarea se produce la o viteză de aproximativ 80 km/h.

Studiile efectuate de Wallace, Home și Taylor [9] arată că acvaplanarea depinde de o serie de factori și a fost exprimată prin relația:

$$\frac{h_o}{R} = f\left(\frac{A}{R}, \frac{v^2 \gamma}{E}, \frac{D}{R}\right) \quad [4.8]$$

în care h_o este grosimea filmului de apă;

R - raza pneului;

A - lungimea amprentei filmului;

V - viteza;

γ - densitatea apei;

D - grosimea apei inițiale pe îmbrăcămintă;

E - modulul de elasticitate al pneului.

Relația teoretică pentru calculul lui h_o a fost stabilită astfel:

$$\frac{h_o}{R} = 0,25 \left(\frac{A}{R}\right)^{0,66} \left(\frac{v^2 \gamma}{E}\right)^{1,1} \left(\frac{D}{R}\right)^{0,265} \quad [4.9]$$

Metode de măsurare a rugozității tratamentelor bituminoase

Există o multitudine de metode de măsurare a rugozității dintre care:

- rugozitatea geometrică, prin metoda înălțimii de nisip;
- măsurarea coeficientului de frecare cu aparatul tip pendul SRT;
- metoda amprentei folosind o rășină, care se întărește după aplicarea ei pe suprafața

îmbrăcămintei, obținând astfel o copie fidelă a acesteia;

- măsurarea cu remorci dinamometrice, a coeficientului de frecare longitudinal;
- stradograful francez pentru măsurarea coeficientului de frecare transversal etc.

Pentru tratamentele bituminoase realizate cu EBMCR s-au efectuat măsurători prin metoda înălțimii de nisip și cu ajutorul pendulului tip SRT (tabel 4.2).

Tabel 4.2

DN 6 km...	Valori obținute prin metoda					
	înălțimii de nisip			pendul SRT		
	stânga	ax	dreapta	stânga	ax	dreapta
500 + 450	1,4	1,5	1,6	82	88	81
500 + 500	1,1	0,9	0,8	76	84	83
500 + 800	1,6	1,0	0,9	84	81	82
501 + 500	1,8	1,1	0,9	92	88	82
502 + 000	1,4	1,4	1,2	88	89	81
502 + 500	1,8	1,4	1,3	96	90	91
503 + 000	1,6	1,1	1,2	89	81	88
503 + 600	1,8	0,9	1,1	97	78	81
503 + 900	1,8	0,8	0,9	98	72	78
505 + 000	1,8	1,1	1,4	96	84	86
506 + 200	1,7	1,3	0,9	92	88	72
508 + 300	1,7	0,9	1,4	94	74	94
509 + 100	1,6	1,2	1,2	90	83	87

Tratamentele bituminoase realizate la rece cu emulsie bituminoasă cationică (EBMCR), cu rupere rapidă cu bitum modificat cu polimer de tip latex natural prezintă

multiple avantaje în comparație cu tratamentele executate la rece cu emulsie bituminoasă fără polimeri. Dintre avantaje se menționează mai ales următoarele:

- realizarea lor la “rece”, ceea ce permite o mai mare flexibilitate în realizarea lor;
- posibilitatea de executare a acestora pe timp rece și umed;
- se pot executa pe suprafețe umede și cu agregate umede;
- aderență foarte bună la stratul suport în comparație cu tratamentele clasice;
- ruperea rapidă a emulsiei bituminoase în contact cu agregatele naturale, ceea ce permite practic, darea în circulație a sectorului executat într-un timp foarte scurt;
- excelenta adezivitate a emulsiei bituminoase cationice pe orice tip de agregat natural, datorită emulgatorilor din compoziția sa;
- viscozitate corespunzătoare pentru stropire la temperaturi normale de lucru.

Toate aceste argumente [128]; [9], pledează din plin pentru folosirea lor cu prioritate la execuția tratamentelor bituminoase.

Pe această linie se înscrie preocuparea de a realiza tratamente bituminoase “la rece” folosind ca liant o emulsie bituminoasă cationică, cu bitum modificat cu polimeri cu rupere rapidă, EBMCR.

Lucrările executate au reprezentat o premieră pe țară.

4.2. Covoare asfaltice subțiri din mixturi asfaltice la rece tip Ralumac

4.2.1. Generalități

Având în vedere avantajele pe care le prezintă executarea lucrărilor de întreținere preventivă a drumurilor, prin aplicarea unor straturi bituminoase subțiri, la rece cu emulsie bituminoasă cationică pe bază de bitum modificat [5]; [7]; [8]; [9]; [11]; [12]; [28]; la solicitarea Administrației Naționale a Drumurilor, am efectuat studii și cercetări în vederea definitivării compoziției mixturii asfaltice destinate acestui scop și am executat o serie de sectoare de

drum, folosind o tehnologie modernă pe drumurile naționale din cadrul Direcțiilor Regionale de Drumuri și Poduri Craiova și Timișoara precum și pe pista Aeroportului Otopeni.

Tehnologia studiată [29]; [30]; [44]; [95]; [102]; [134] și practică în Europa, fiind asemănătoare cu cea aplicată în SUA sub denumirea de "Slurry Seal", constă în realizarea pe drum a unui sau a două straturi bituminoase subțiri a căror grosime după uscare poate varia între 5...15 mm. Mixtura asfaltică destinată acestei lucrări este alcătuită din agregate naturale umezite cu apă, cu o soluție de aditiv și cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă pe bază de bitum modificat cu polimeri [5]; [46].

În România, această tehnologie s-a aplicat în anii '80, dar numai la nivel experimental, deoarece nu s-a reușit asimilarea unui emulgator corespunzător calitativ și nici a utilajului specific de preparare și punere în operă.

Spre deosebire de tehnologia aplicată în 1980, când lucrările s-au efectuat folosind o mixtură asfaltică tip mortar asfaltic fin (slurry - seal), realizată numai cu emulsie bituminoasă cationică și un amestec de nisip natural și de concasaj, în anii 1994 și 1995 s-a folosit un alt tip de emulsie și anume emulsie bituminoasă cationică cu polimeri și agregate naturale cu dimensiunea granulelor până la 10...11 mm, pentru a îmbunătăți rugozitatea stratului de uzură astfel realizat.

4.2.2. Emulsia bituminoasă cationică pe bază de bitum modificat cu polimeri, cu rupere lentă (EBMCL)

În anii 1994 și 1995, pentru lucrările realizate în cadrul D.R.D.P. Craiova și Timișoara, s-a folosit emulsia bituminoasă cationică pe bază de bitum modificat cu polimeri cu rupere lentă, fabricată de firma Raschig AG din Germania și adusă cu sistemele în România.

Din anul 1996, emulsia bituminoasă se produce la noi, într-o fabrică foarte modernă, proiectată și executată la Șag - Timișeni, jud. Timiș.

Compoziția în procente a emulsiei bituminoase cationice cu rupere lentă cu polimeri (EBMCL) a fost următoarea:

- bitum..... 65,00;
- latex..... 1,00...3,00;
- emulgator tip 1, tip 2, tip 3..... 1,80;
- acid clorhidric..... 2,50;
- apă..... rest până la 100,00.

Caracteristicile fizice ale emulsiei bituminoase cationice cu rupere lentă cu polimeri au fost determinate conform standardelor germane (DIN) și sunt prezentate în tabel 3.4.

Caracteristicile emulsiei bituminoase cationice cu rupere lentă cu bitum modificat cu polimeri determinate de către laboratorul de specialitate INCERTRANS sunt prezentate în tabel 4.3.

Tabel 4.3

Caracteristici	U.M.	Valori
Aspect vizual		lichid omogen, culoare maronie
Conținut de bitum	%	65...66
Omogenitate (rest pe sita de 0,63 mm)	%	0,0...0,1
pH		3,5...4,0
Viscozitate Engler la 25 °C	°E	8,9...9,9
Indice de rupere, metoda filer silicios		200...210
Adezivitate	%	95...100
Caracteristicile bitumului rezidual al emulsiei bituminoase		
Punct de înmuiere, I.B.	°C	59...61
Penetrație la 25 °C	1/10 mm	63,0...62,6
Ductilitate la 25 °C	cm	> 100
Revenire elastică la 25 °C	%	57,5...55,0

4.2.3. Compoziția mixturii asfaltice tip RALUMAC

Pentru realizarea mixturii asfaltice tip RALUMAC, necesară la execuția covoarelor asfaltice subțiri la rece, s-au folosit următoarele materiale:

- nisip de concasaj 0...3 mm;
- cribluri 3...8 și 8...11 mm;
- filer de calcar;
- ciment P 40;
- emulsie bituminoasă cationică EBMCL cu rupere lentă, realizată din bitum modificat cu polimeri (LATEX natural).

Caracteristicile agregatelor naturale utilizate sunt foarte riguros verificate de către un laborator de specialitate, care urmărește calitatea lucrării pe tot parcursul execuției ei. Nisipul de concasaj și criblurile se ciuruiesc astfel încât să corespundă cu strictețe sortului impus 3 - 8 și 8 - 11.

Granulozitatea agregatelor naturale folosite este prezentată în tabel 4.4

Tabel 4.4

Agregatul	Trece prin ciur sau sita de ... mm, în %						
	11	8	3,15	1	0,63	0,2	0,09
Criblura 8...11 mm	100,0	90,0	10,0	-	-	-	-
Criblura 3...8 mm	100,0	99,2	41,9	0,7	-	-	-
Nisip de concasaj 0...3 mm	100,0	98,4	74,1	24,6	14,7	3,5	0,9
Filer de calcar				100,0	98,0	95,0	90,2

Studiile de laborator au permis elaborarea unor dozaje judicioase pentru două tipuri de mixtură asfaltică tip RALUMAC și anume:

- pentru strat de egalizare;

- pentru strat de uzură.

Dozajele medii ale mixturilor asfaltice tip RALUMAC sunt prezentate în tabelul 4.5.

Pentru obținerea unei mixturi asfaltice tip Ralumac de calitate s-a impus verificarea cu strictețe a calității agregatelor naturale folosite, în ceea ce privește evidențierea substanțelor argiloase existente în fracțiunea sub 0,09 mm și în acest scop laboratorul a folosit metoda cu albastru de metilen, care a permis imediat stabilirea calității agregatelor naturale. Astfel s-au exclus de la început agregatele care ar fi putut conține cantități periculoase de argilă, acestea fiind considerate necorespunzătoare.

Tabel 4.5

Materiale, în %	**Mixtură la rece pentru stratul de ...	
	egalizare	uzură
Criblură 8 - 11	5,0...10,0	-
Criblură 3 - 8	40,0...50,0	40,0...50,0
Nisip de concasaj 0-3	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
Apă de umezire	6,0...8,0	6,0...8,0
Emulsie EBMCL 65	10,0...11,0	11,0...12,0
Bitum rezidual în mixtură	6,5...7,0	7,0...7,6

4.2.3.1. Încercarea cu albastru de metilen

Încercarea cu albastru de metilen [106] măsoară prin dozare, capacitatea de adsorbție a albastrului de metilen de către pulberea aflată în suspensie apoasă, în vederea evidențierii substanțelor argiloase din fracțiunea sub 0,09 mm, care a aderat pe suprafața granulelor de nisip de râu sau nisip de concasaj, criblură, filer de calcar sau filer din cretă măcinată.

Pregătirea probei. Din agregatul natural ce urmează a fi examinat se ia o probă în funcție de sortul agregatului astfel: 5 000 g pentru criblură sort 3 - 8 și 8 - 16.

Încercarea se face asupra fracțiunii sub 0,09 mm. În acest scop, proba supusă examinării se spală cu apă pentru a determina conținutul în fracțiunea sub 0,09 mm. Apa de spălare se lasă în repaos timp de 24 ore minim într-un vas emailat pentru sedimentarea părții fine, apoi se decantează cu grijă apa, astfel ca să nu se antreneze și particulele fine de pulbere minerală. Soluția apoasă cu pulberea minerală se introduce în capsule de porțelan și se usucă până la evaporarea totală a apei pe baie de nisip sau în etuvă până la masă constantă.

Dacă se execută încercarea pe o probă de nisip de concasaj, nisip de râu, filer de calcar sau filer de cretă măcinată pregătirea probei se face în mod diferit și anume:

- din materialul de analizat se ia o probă medie care se usucă până la uscare completă;

- după uscare și răcire se execută cernerea sa, reținându-se fracțiunea care trece prin sita de 0,09 mm.

Mod de lucru. Se cântăresc 30 g din fracțiunea sub 0,09 mm a agregatului supus examinării și se introduce într-un recipient de sticlă (pahar Berzelius) împreună cu 200 cm³ apă distilată și se amestecă ușor pentru omogenizare.

Se prepară soluția apoasă de albastru de metilen de calitate medicinală, cu concentrația $10 \pm 0,1$ g/dm³, astfel că 1 cm³ soluție conține 0,01 g albastru de metilen.

Cu ajutorul unei biurete se introduce în vasul de sticlă 5 cm³ de albastru de metilen și cu o baghetă se mestecă soluția timp de un minut. Apoi, cu bagheta de sticlă se ia o picătură și se așează pe hârtia de filtru; se obține în acest fel o pată pe care se distinge un depozit de culoare albastru închis persistentă, conținând pulbere și o zonă umedă, incoloră, care înconjoară depozitul central. Picătura prelevată trebuie să asigure un diametru al depozitului

de 8...12 mm. Când în zona umedă apare o aureolă de culoare albastru deschis, testul este pozitiv.

În momentul în care testul devine pozitiv se lasă să se producă absorbția albastrului de metilen pe suprafața particulelor argiloase, fără a mai adăuga altă doză de soluție de albastru de metilen, dar repetând testul petei din minut în minut. Dacă după 5 minute testul se menține pozitiv, dozarea se consideră terminată. Dacă testul nu se menține pozitiv, adică aureola de culoare albastru deschis dispăre, se adaugă pe rând câte 1 cm³ soluție de albastru de metilen, după fiecare adaos de soluție făcându-se testul pe hârtia de filtru.

Fiecare nou adaos este urmat de testul petei, care se face din minut în minut. Testul se poate urmări în fig. 4.11.

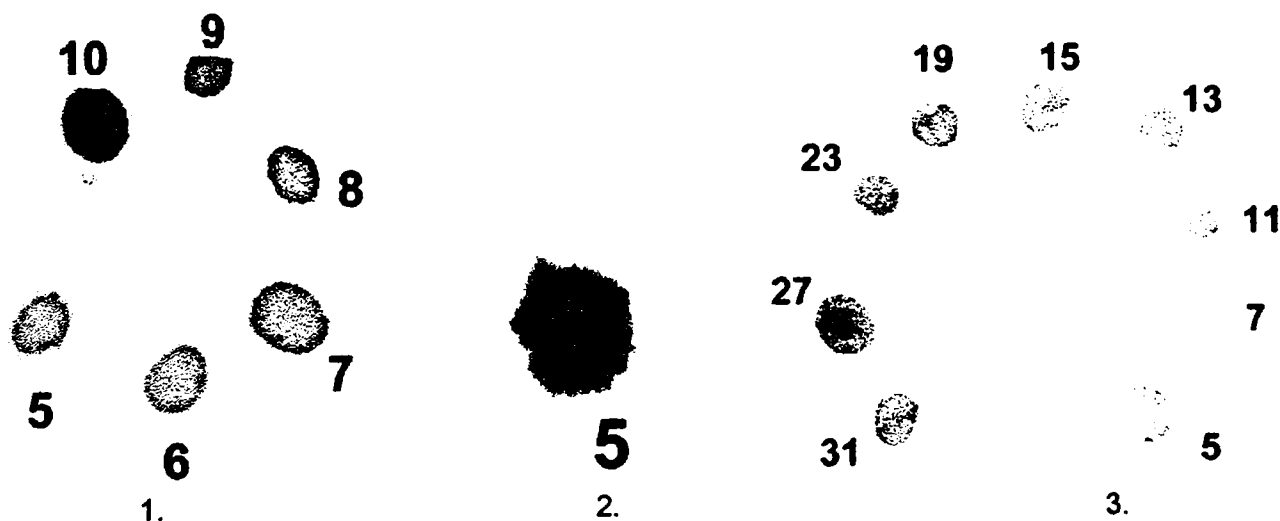


Fig. 4.11 -Testul petei cu albastru de metilen. 1 - material corespunzător la 10 ml albastru de metilen; 2 - material corespunzător la 5 ml albastru de metilen (se consideră perfect, curat); 3 - material necorespunzător.

Dozarea soluției de albastru de metilen se consideră terminată dacă testul petei se menține pozitiv timp de 5 minute consecutiv. În funcție de cantitatea de albastru de metilen consumată, exprimată în cm³ până la obținerea testului pozitiv pe hârtia de filtru, se poate preciza dacă agregatul natural este sau nu compatibil cu emulsia bituminoasă.

Valoarea de albastru de metilen (VA) a pulberii minerale, exprimată în grame de albastru de metilen pentru 100 g pulbere minerală se calculează cu relația:

$$VA = \frac{0,01V}{m} \cdot 100 \quad [\%] \quad [4.10]$$

în care:

VA este volumul total al soluției de albastru de metilen introdusă în suspensia de pulbere, în cm³;

m - masa probei, în g;

0,01 - cantitatea de albastru de metilen, la 1 cm³ soluție de albastru de metilen, în g.

Am efectuat un mare număr de încercări asupra agregatelor naturale folosite la fabricarea mixturii asfaltice la rece tip Ralumac, după cum se poate urmări din tabelul 4.14, unde se constată că pentru nisipul de concasaj 0...3 mm de la Cariera Turcoaia, rezultatele arată în mod constant 13 cm³ albastru de metilen, fapt ce atestă calitatea bună a acestuia.

De asemenea încercarea cu albastru de metilen arată că filerul din creta măcinată de Murfatlar nu corespunde acestui test și deci n-a putut să fie folosit în acest scop, fiind necesară înlocuirea lui cu filer de calcar de la Constantin Daicoviciu (Căvăran), jud. Caraș - Severin.

4.2.4. Procesul tehnologic și punerea în operă

Pentru realizarea covoarelor asfaltice subțiri la rece cu aceste mixturi asfaltice se folosesc mașini și dispozitive proiectate și executate special în acest scop. Combina RALUMAC este prezentată schematic în fig. 4.12.

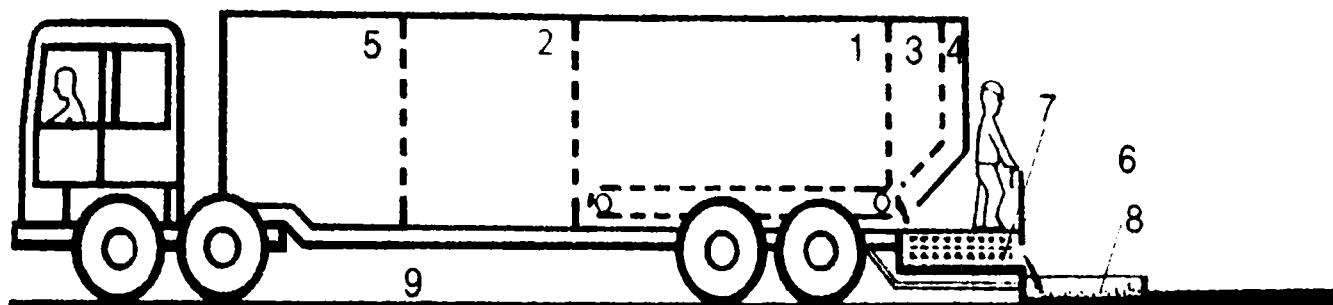


Fig. 4.12 - Combina RALUMAC, reprezentare schematică. 1 - agregate, 2 - emulsie, 3 - ciment, 4 - aditivi, 5 - apă, 6 - dozatoare, 7 - malaxor, 8 - repartizator, 9 - suprafață de așternere.

Combina este o instalație mobilă, care se deplasează, prepară și așterne mixtura asfaltică la rece, la o viteză de 3,0 km/h. Instalația are un buncăr pentru agregate cu o capacitate de 9 m³; un rezervor pentru emulsie bituminoasă, care poate înmagazina aproximativ 12 t de emulsie; două buncăre mai mici de câte o tonă, pentru filer și ciment; rezervor pentru aditivi; rezervor pentru apa de umezire (fig. 4.13).

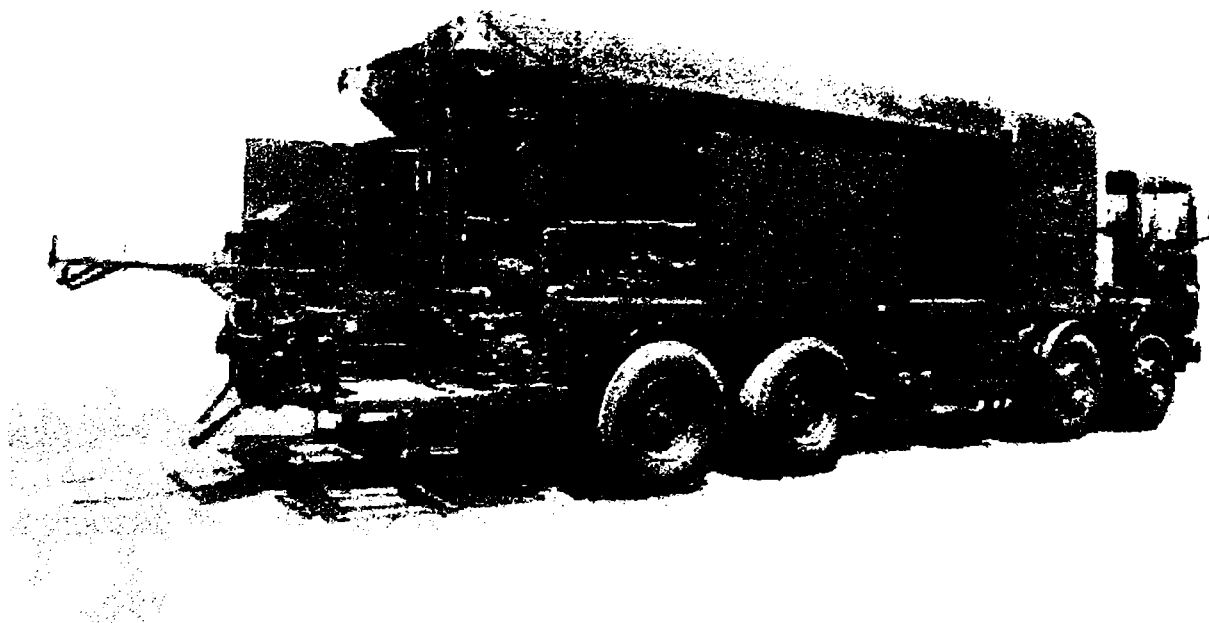


Fig. 4.13 - Combină tip RALUMAC pentru realizarea covoarelor asfaltice subțiri la rece.

Instalația tractează un malaxor prevăzut cu două șnecuri elicoidale, care se deplasează pe două șine de 3 m lungime (pentru preluarea denivelărilor). În cazul țării noastre, s-a făcut o adaptare ca șinele să aibă o lungime de 7 m. Instalația este automatizată, astfel încât în permanență operatorul poate controla cantitățile de agregate, aditiv și emulsie (fig. 4.14).

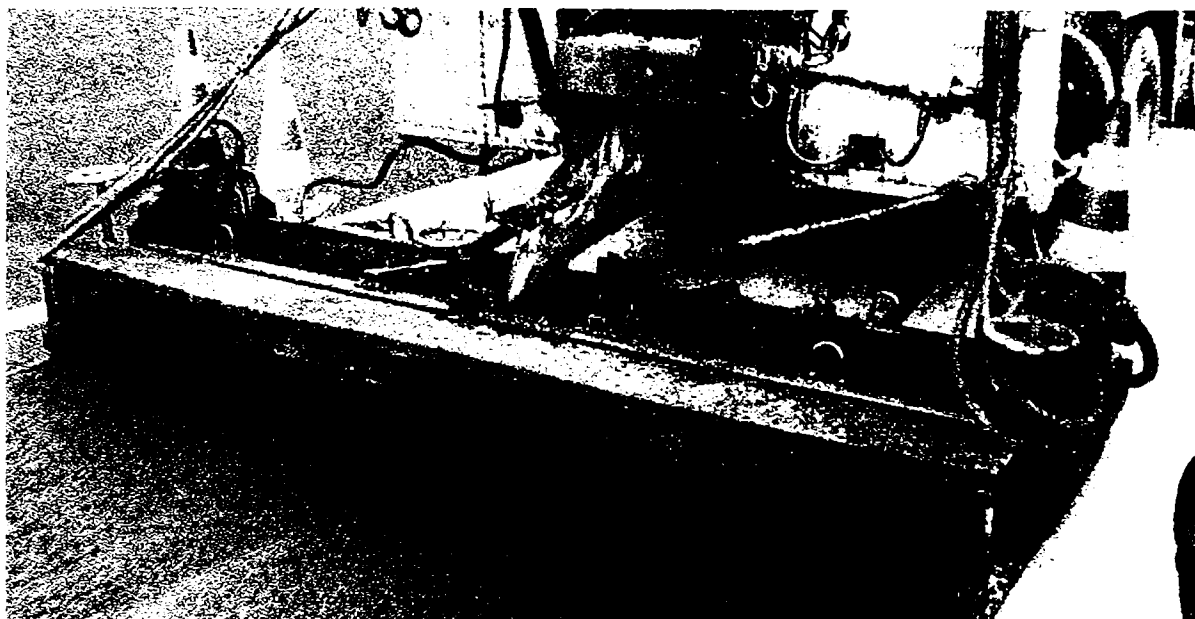


Fig. 4.14 - Malaxorul instalației mobile pentru prepararea și așternerea mixturii asfaltice la rece.

Punerea în operă

După umplerea buncărelor cu componenții necesari fabricării mixturii asfaltice tip Ralumac, combina respectivă se deplasează la locul punerii în operă unde în prealabil s-a realizat pregătirea stratului suport în ceea ce privește:

- corectarea în profil transversal și longitudinal a denivelărilor mai mari de 2 cm; în acest caz se așterne mixtura asfaltică tip RALUMAC în două straturi, primul strat asigurând corectarea profilului, iar al doilea constituind de fapt stratul de uzură;
- plombarea gropilor;
- tratarea fisurilor și crăpăturilor;
- colmatarea rosturilor;

- refacerea și/sau înlocuirea dalelor degradate și lipsite de capacitate portantă;
- curățirea temeinică, folosind perii mecanice, și spălarea cu jet de apă sub presiune;
- amorsarea prin stropire mecanizată cu emulsie bituminoasă cationică EBMCR, cu rupere rapidă, astfel ca să se realizeze 0,3...0,5 kg/m² bitum rezidual (în funcție de porozitatea stratului suport).

Notă: Amorsarea se execută după uscarea stratului suport spălat în prealabil. Se subliniază, de asemenea, că agregatele naturale trebuie să fie curate, să respecte standardul în vigoare, iar emulsia să fie preparată pe bază de bitum cu polimeri.

La locul de așternere se coboară malaxorul combinei. Se așterne material granular în spatele grinzii nivelatoare pentru delimitarea sectorului. Se fixează sistemul de dozare, conform dozajului indicat de laborator (fig. 4.15). Se deschid sistemele de angrenare a agregatului natural, al emulsiei bituminoase cationice EBMCL (cu bitum modificat cu latex, cu rupere lentă), a apei de umezire, a filerului și cimentului, astfel încât toți componenții cad direct printr-un jgheab în malaxor, unde șnecurile elicoidale realizează amestecarea. Se pomește combina și în funcție de gradul de anrobare al agregatelor și de timpul de rupere al emulsiei bituminoase se dozează aditivii (dacă este necesar).

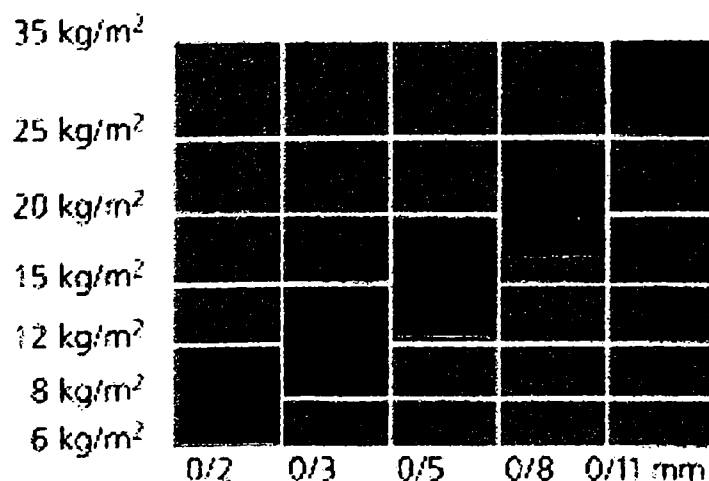


Fig. 4.15 - Dozajul cantitativ al sortului în funcție de mărime

Execuția trebuie foarte atent supravegheată și de aceea doi muncitori se deplasează de o parte și de alta a șinelor cu câte o greblă pentru a împiedica scurgerea mixturii asfaltice. La prima trecere a combinei, grinda nivelatoare se fixează la nivelul părții carosabile. Se pornește mașina și se parcurge sectorul așternând primul strat de egalizare la grosimea necesară. Sectorul pe care s-a așternut stratul de egalizare, se dă în circulație după 30 de minute (fig. 4.16).



Fig. 4.16 - Așternerea stratului de egalizare.

Se așteaptă 3...7 zile (în funcție de temperatura mediului ambiant) pentru evaporarea completă a apei. Se așterne al doilea strat, trecând prin următoarele faze:

- curățarea suprafeței cu peria mecanică;
- spălarea cu jet de apă sub presiune la 170 atm;
- așternerea celui de-al doilea strat de uzură, din mixtură asfaltică tip Ralumac, în

grosime de maxim 15 mm (fig. 4.17).

După 20 minute se poate deschide circulația pe sectorul de drum acoperit cu acest tip de mixtură asfaltică, evident fără să fie necesară compactarea stratului de uzură astfel realizat.



Fig. 4.17 - Așterirea stratului de uzură.

4.2.5. Sectoare realizate cu covoare asfaltice subțiri din mixtură asfaltică tip Ralumac

În perioada 1994...1998 s-au realizat 1 006 700 m² de covoare asfaltice subțiri cu mixtură asfaltică tip Ralumac atât pe drumuri cu îmbrăcăminți din beton de ciment, pe îmbrăcăminți bituminoase cât și pe pavaje (fig. 4.18, 4.19, 4.20).

O lucrare de mare complexitate și importanță este realizarea pistelor nr. 1 și 2 ale Aeroportului Internațional București Otopeni, în lungime de 3,5 km fiecare, executată în anii 1996 și 1997.

Sectoarele realizate sunt următoarele:

- în anul 1994:

- pe îmbrăcăminți din beton de ciment:

DN 6 Orșova - Caransebeș

km 367 + 550 - 367 + 930

km 368 + 950 - 369 + 570

km 376 + 392 - 379 + 372

km 381 + 800 - 384 + 920

km 387 + 022 - 388 + 311

Total: 49 792 m²

DN 68A Lugoj - Ilia

km 15 + 760 - 18 + 200

km 20 + 800 - 27 + 194

Total: 62 013 m²

- pe îmbrăcăminți bituminoase:

DN 6 Tumu Severin - Orșova

km 353 + 000 - 357 + 000

Total: 28 000 m²

- pe pavaje:

Pe un sector de pe DN 6 Orșova - Caransebeș, în localitatea Mehadia s-a executat un covor asfaltic subțire tip RALUMAC pe pavaj. Sectorul se prezintă bine.

- în anul 1995 s-au mai realizat 208 053 m² pe următoarele drumuri naționale:

DN 6 Orșova - Caransebeș

km 369 + 570 - 371 + 500

km 374 + 800 - 376 + 000

km 391 + 375 - 393 + 365

km 397 + 300 - 398 + 200

Pod Orșova 0,172 km = 1235 m² la

km 362 + 664 - 362 + 836,7

Total: 40 505 m²

DN 58 Caransebeș - Reșița

km 10 + 550 - 11 + 200

km 12 + 200 - 12 + 800

Total: 8 561,8 m²

DN 68A Lugoj - Făget

km 10 + 890 - 15 + 750

km 13 + 125 - 13 + 975

km 18 + 200 - 20 + 470

km 20 + 650 - 20 + 780

km 27 + 200 - 28 + 238

Total: 61 061,9 m²

DN 59A Timișoara - Jimbolia

km 42 + 710 - 42 + 774

km 42 + 774 - 43 + 033

km 44 + 310 - 47 + 500

benzi intrare = 4 010 m²

benzi ieșire = 3 192 m²

parcări = 1 038 m²

trotuare = 300 m²

Total: 29 650 m²

DN 68A Lugoj - Făget

km 28 + 238 - 29 + 800

km 30 + 650 - 31 + 050

km 34 + 600 - 39 + 100

Total: 45 243 m²

Lucrări în: Caransebeș - oraș = 7 700 m²

Teregova = 4 800 m²

DN 6 Timișoara - Sânnicolau

km 562 + 700 - 564 + 000

Total: 10 352 m²

- în anul 1996 s-a executat pista nr. 2 de la Aeroportul Internațional București Otopeni în suprafață de 210 000 m²;

- în anul 1997 s-au executat:

- pista nr. 1 de la Aeroportul Internațional București Otopeni - 210 000 m²;

- DN 6 Timișoara - Lugoj

km 549 + 898 - 553 + 000

Total : 48 535 m²

- Municipiul Pitești, B-dul N. Bălcescu

Total: 13 734 m²

- DN 1 Predeal - Brașov

km 151 + 500 - 159 + 000

Total: 71 080 m²

- DJ 709 Ineu - Arad

km 23 + 500 - 24 + 300, Șiria

Total: 4 200 m²

km 31 + 670 - 32 + 800, Pâncota

Total: 4 938 m²

- DJ 792A Bocsig - Tinca

km 8 + 900 - 9 + 800

Total: 4 998 m²

- DJ 793 Sebiș - Buteni

km 57 + 150 - 58 + 400

Total: 8 684 m²

- DN 7, Municipiul Deva

km 386 + 200 - 393 + 000

Total: 82 834 m²



Fig. 4.18 - Așternerea stratului de uzură.



Fig. 4.19 - Covoare asfaltice subțiri - strat de egalizare.



Fig. 4.20 - Covoare asfaltice subțiri - strat de uzură.

4.2.6. Studii și cercetări de laborator privind caracteristicile mixturii asfaltice realizate la rece, tip Ralumac

În general covorul asfaltic subțire realizat din mixtură asfaltică la rece tip RALUMAC prezintă următoarele caracteristici:

- datorită conținutului în bitum modificat cu polimeri (LATEX natural) mixtura asfaltică are o durabilitate mai mare, având o coeziune și elasticitate mărită față de mixturile la rece preparate în aceleași condiții dar cu bitum fără polimeri;
- adezivitatea este foarte bună față de agregatele naturale atât în prezența apei, cât și la temperaturi scăzute;
- impermeabilitate este bună;
- covorul asfaltic obținut prezintă o foarte bună rugozitate, măsurată cu ajutorul aparatului SRT;

- mixturile tip RALUMAC sunt indicate pentru întreținerea preventivă mai ales când îmbrăcămintea rutieră nu necesită ranforsare.

Calitatea mixturii asfaltice a fost studiată printr-o serie de încercări realizate de către laboratorul INCERTRANS București, care a controlat atât calitatea emulsiei bituminoase cât și a mixturii asfaltice produse în instalația descrisă anterior (tabel 4.6).

Zona de granulozitate pentru mixtura asfaltică tip RALUMAC este prezentată în fig. 4.21 și 4.22.

Pentru mixtura asfaltică tip RALUMAC așternută pe DN 6 km 347 - 357 în cadrul D.R.D.P. Craiova, rezultatele privind conținutul de bitum din probele ridicate din stație și de la așternere sunt prezentate în tabelul 4.7.

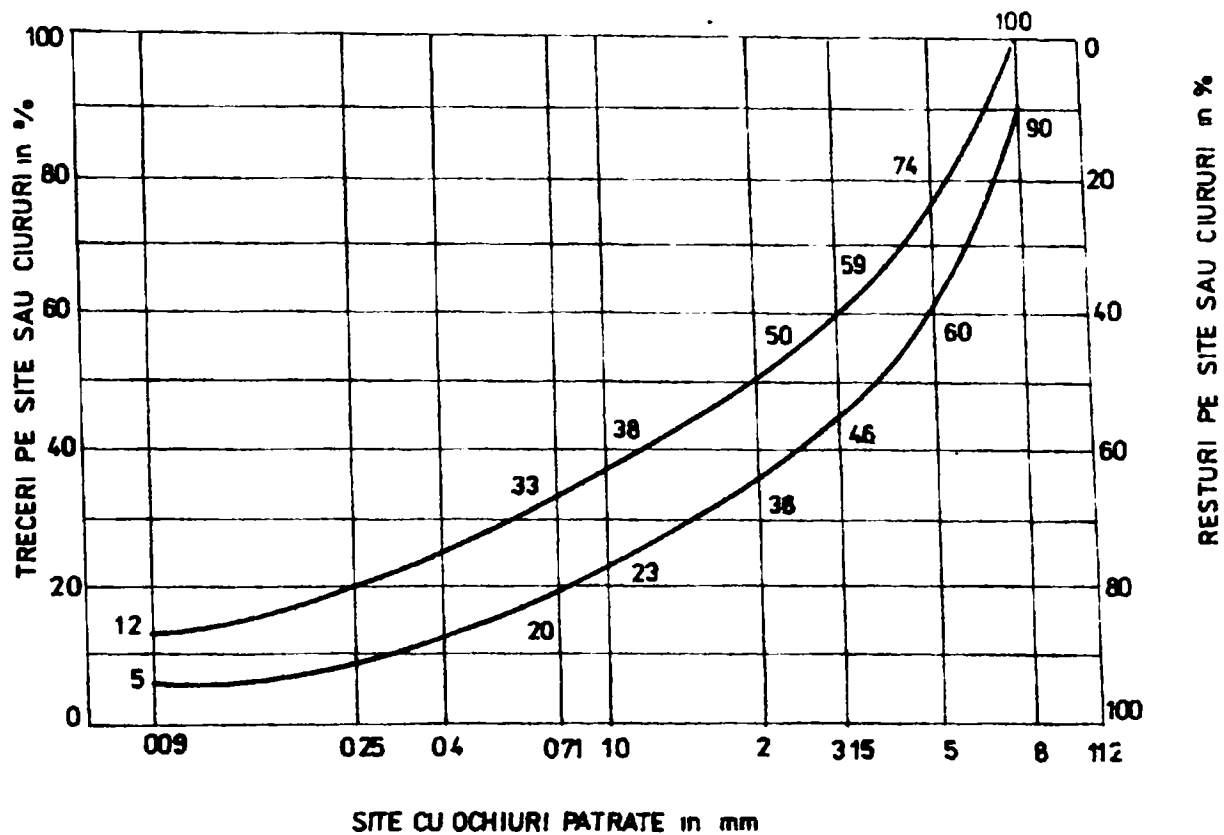


Fig. 4.21 - Zona de granulozitate pentru stratul de reprofilare.

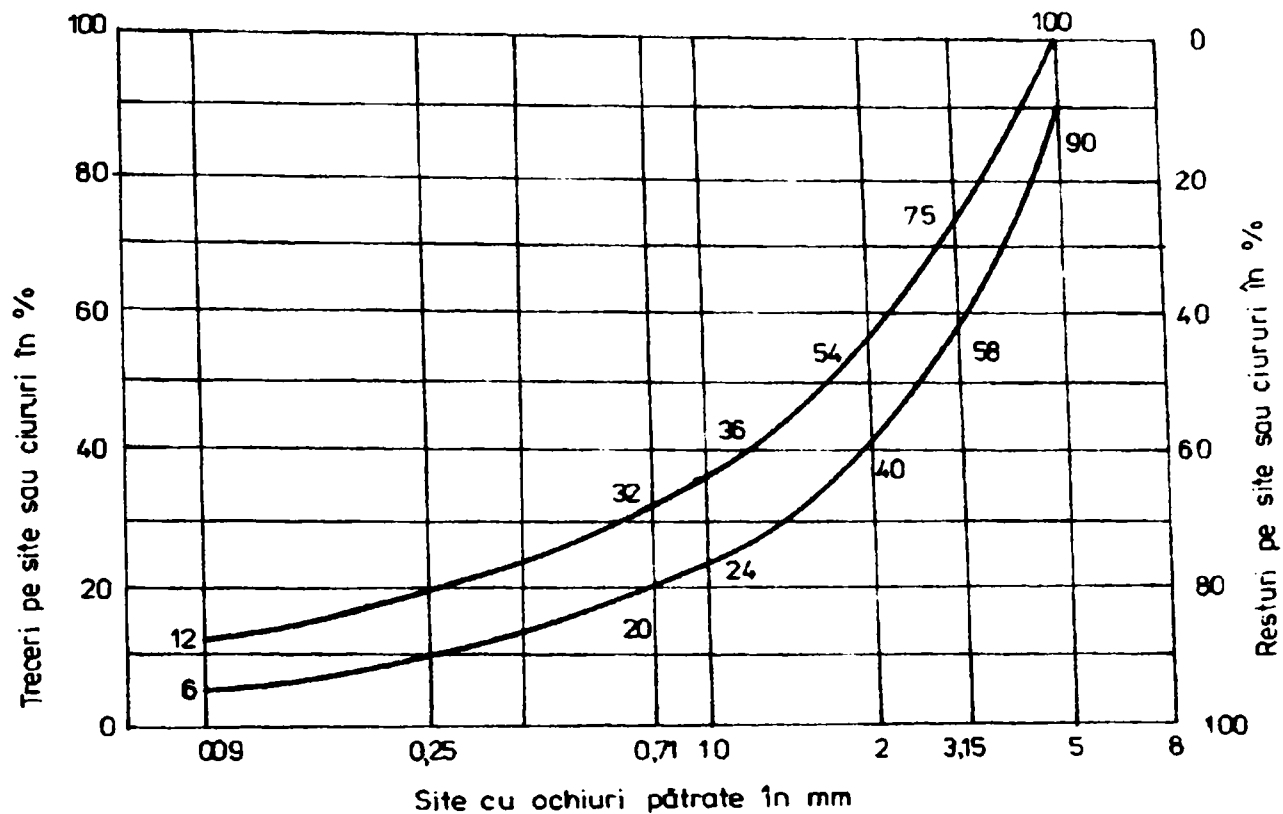


Fig. 4.22 - Zona de granulozitate pentru stratul de uzură.

Referitor la celelalte încercări privind emulsia bituminoasă cationică EBMCL - 65 cu bitum modificat cu polimeri și la caracteristicile mixturii RALUMAC realizată pentru D.R.D.P. Craiova, media rezultatelor încercărilor de laborator efectuate de INCERTRANS pot fi urmărite în tabelul 4.8.

Tabel 4.6

Nr crt	Caracteristici	Materiale folosite pentru strat de...			
		egalizare		uzură	
1.	Caracteristicile fizico-chimice ale emulsiei cu polimeri:				
	- conținut de bitum, %	65,8	66,3	65,1	66,1
	- omogenitate (rest pe sita de 0,63 mm), %	0	0	0	0
	- pH	3,5	3,5	3,5	4,0
	- viscozitate Engler la 25 °C, °E	9,2	9,8	9,0	9,5
	- adezivitate, %	90,0	90,0	95,0	95,0
2.	Caracteristicile bitumului rezidual al emulsiei bituminoase:				
	- punct de înmuiere I.B. °C	62,0	60,0	60,0	61,0
	- penetrație la 25 °C, 1/10 mm	60,7	62,5	62,3	61,8
	- ductilitate la 25 °C, cm	>100	>100	>100	>100
	- revenire elastică la 25 °C, %	49,8	50,3	50,5	50,0
3.	Compoziția mixturii asfaltice tip RALUMAC:				
	- conținut de bitum rezidual, %	7,2	6,4	7,7	7,5
	- curba de granulozitate, %:				
	• trece prin sita de 0.09 mm	7,0	6,1	6,4	7,2
	• trece prin sita de 0.2 mm	27,1	23,4	24,7	22,9
	• trece prin sita de 0.63 mm	31,8	31,0	32,5	32,5
	• trece prin ciur de 3 mm	41,6	48,5	43,5	50,8
	• trece prin ciur de 5 mm	85,9	80,6	84,8	83,6
	• trece prin ciur de 8 mm	100,0	100,0	100,0	100,0

Rezultate privind conținutul de bitum al mixturii RALUMAC

Tabel 4.7

Nr. Crt.	DN	km	Data fabricării mixturii	Tipul mixturii	Conținutul de bitum % din masa mixturii
1.	6	347 + 350	24 iulie 1995	Ralumac	6.8
2.	6	347 + 920	25 iulie 1995	Ralumac	6.6
3.	6	348 + 200	26 iulie 1995	Ralumac	7.0
4.	6	348 + 520	27 iulie 1995	Ralumac	7.2
5.	6	348 + 900	28 iulie 1995	Ralumac	6.8
6.	6	353 + 100	31 iulie 1995	Ralumac	7.3
7.	6	353 + 600	1 august 1995	Ralumac	7.5
8.	6	354 + 200	2 august 1995	Ralumac	6.9
9.	6	354 + 800	3 august 1995	Ralumac	7.0
10.	6	355 + 200	4 august 1995	Ralumac	7.6
11.	6	355 + 800	7 august 1995	Ralumac	7.8
12.	6	356 + 400	8 august 1995	Ralumac	7.2
13.	6	356 + 600	9 august 1995	Ralumac	7.1
14.	6	356 + 900	10 august 1995	Ralumac	6.9

Nr ort	Caracteristici	Materiale folosite pentru strat de...	
		egalizare	uzură
1.	Caracteristicile fizico-chimice ale emulsiei cu polimeri EBMCL :		
	- conținut de bitum, %	64,9	65,3
	- omogenitate (rest pe sita de 0,63 mm), %	0	0
	- PH	3,5	3,5
	- viscozitate Engler la 25 °C, °E	9,3	9,4
	- adezivitate, %	95,0	95,0
2.	Caracteristicile bitumului rezidual al emulsiei bituminoase:		
	- punct de înmuiere I.B. °C	61,0	60,0
	- penetrație la 25 °C, 1/10 mm	57,0	58,0
	- ductilitate la 25 °C, cm	100	100
	- revenire elastică la 25 °C, %	51,0	51,5
3.	Compoziția mixturii asfaltice tip RALUMAC:		
	- conținut de bitum rezidual, %	6,6	7,2
	- curba de granulozitate, %:		
	• trece prin sita de 0.09 mm	8,2	8,1
	• trece prin sita de 0.2 mm	12,1	12,3
	• trece prin sita de 0.63 mm	28,4	29,3
	• trece prin ciur de 3 mm	49,5	48,9
	• trece prin ciur de 5 mm	94,1	93,5
	• trece prin ciur de 8 mm	100,0	100,0

În concluzie, referitor la calitatea gargaratelor aprovizionate se precizează că aceasta se urmărește de la furnizor. Se impun condiții severe la încadrarea în curba de granulozitate a agregatului total. Pentru realizarea acestui deziderat, tot agregatul aprovizionat a fost recioruit pe șantier. În permanență se controlează conținutul de substanțe organice prin metoda cu albastru de metilen. La execuție, urmărirea compoziției mixturii asfaltice tip RALUMAC s-a realizat folosind un autolaborator special amenajat.

În anul 1997 s-a realizat pe DN 1 Predeal - Brașov km 151 + 500 - 159 + 000 un covor subțire din mixtură asfaltică tip Ralumac în perioada sept. - oct. 1997.

Pe sectorul respectiv s-a lucrat cu amestecul a două tipuri de agregate naturale și anume:

- nisip de concasaj 0 - 3 obținut din granit de la cariera Turcoaia (lângă Măcin);
- criblură sort 3 - 8 tot din granit de la Turcoaia.

Dozajele, în procente au fost următoarele:

- nisip de Turcoaia 0 - 3.....60;
- criblură de Turcoaia 3 - 840;
- filer.....5;
- ciment.....2;
- apă.....5;
- aditiv.....3;
- emulsie.....11.

Granulozitatea agregatului total, alcătuit din nisip de concasaj 0 - 3 și criblură sort 3 - 8 s-a înscris în zona de granulozitate anterioară.

Emulsia bituminoasă cationică (EBMCL) cu bitum modificat cu polimer (latex natural) a avut următoarea compoziție iar caracteristicile emulsiei (EBMCL) pot fi urmărite din tabel 4.9.

Caracteristici	Valori	Condiții tehnice	Metoda de analiză
Conținut de apă, %	35,0...40,0	max. 40	STAS 8877 - 72
Conținut de bitum, %	60,0...65,0	min. 60	STAS 8877 - 72
Omogenitate (rest pe sita de 0,63 mm), %	0,05...0,2	max. 0,5	STAS 8877 - 72
Stabilitatea la depozitare (rest pe sita de 0,63 mm) după 7 zile, %	-	max. 0,5	STAS 8877 - 72
Viscozitatea Engler la 20 °C, °E	13...14	7...15	STAS 8877 - 72
Timp de rupere I _R (metoda filer silicios)	200		
Adezivitatea, %	granulele sunt anrobate în întregime		

Caracteristicile mixturii asfaltice tip Ralumac așternută pe DN 1 Predeal - Brașov, km 151 + 500 - 159 + 000 pot fi urmărite în tabelul 4.10.

Granulozitatea agregatului natural total s-a înscris în următoarele limite:

- trece prin sita de 0,09 mm _____ 5...12 %;
- trece prin sita de 0,71 mm _____ 20...33 %;
- trece prin ciur de 2,0 mm _____ 36...50 %;
- trece prin ciur de 3,15 mm _____ 46...58 %;
- trece prin ciur de 5,0 mm _____ 60...74 %;
- trece prin ciur de 8,0 mm _____ 90...100 %.

Caracteristicile mixturii asfaltice tip Ralumac realizată pe DN 1 km 151 + 500 - 159 + 000. Tabel 4.10

Nr. probei	Data încercării	DN1, poziția kilometrică	Bitum, %	Apă, %	Curba de granulozitate: trece prin ciur sau sita de ... mm, in %						
					8	5	3.15	2.0	0.71	0.09	
1.	29 sept. 1997	km 158 + 500 dr.	5.8	9.2	100.0	73.2	57.1	49.3	25.6	6.4	
2.	29 sept. 1997	km 157 + 500 dr.	5.7	0.3	100.0	72.9	56.6	48.9	27.2	6.3	
3.	29 sept. 1997	km 156 + 800 dr.	6.4	7.6	100.0	72.6	56.4	48.2	30.0	6.2	
4.	5 oct. 1997	km 152 + 300 stg.	6.8	6.3	100.0	61.7	48.3	37.4	21.2	5.9	
5.	30 sept. 1997	km 155 + 300 dr.	5.5	3.8	100.0	62.1	48.3	37.9	22.4	7.3	
6.	30 sept. 1997	km 154 + 250 dr.	5.8	1.7	100.0	63.4	49.7	37.1	22.4	8.1	
7.	30 sept. 1997	km 152 + 700 dr.	5.7	7.7	100.0	72.8	51.7	38.2	28.5	9.9	
8.	1 oct. 1997	km 151 + 700 dr.	5.9	3.9	100.0	73.1	55.3	39.1	29.1	10.6	
9.	1 oct. 1997	km 158 + 800 stg.	5.5	4.7	100.0	67.8	49.3	39.7	23.4	8.5	
10.	2 oct. 1997	km 157 + 700 stg.	6.0	3.8	100.0	64.2	48.3	39.5	26.1	10.3	
11.	2 oct. 1997	km 156 + 500 stg.	5.6	6.0	100.0	66.4	52.7	40.1	24.3	9.6	
12.	4 oct. 1997	km 155 + 500 stg.	5.9	6.0	100.0	69.4	51.3	45.8	27.4	10.1	
13.	4 oct. 1997	km 154 + 300 stg.	5.7	7.4	100.0	73.8	56.4	48.7	31.5	8.8	
14.	4 oct. 1997	km 153 + 300 stg.	5.8	8.3	100.0	72.4	56.8	48.3	31.2	8.5	
15.	5 oct. 1997	km 151 + 300 stg.	6.0	9.5	100.0	68.7	52.8	46.3	30.4	9.7	
16.	6 oct. 1997	km 158 + 700 dr.	6.4	0.4	100.0	66.8	48.5	37.2	29.7	10.8	
17.	6 oct. 1997	km 157 + 700 dr.	6.7	0.1	100.0	64.5	49.7	38.2	26.4	10.3	
18.	6 oct. 1997	km 158 + 500 dr.	6.5	3.8	100.0	62.4	50.2	41.4	27.6	9.1	
19.	6 oct. 1997	km 157 + 500 stg.	6.8	4.5	100.0	73.8	57.4	49.3	31.8	10.8	
20.	7 oct. 1997	km 156 + 700 dr.	6.6	9.9	100.0	73.6	57.2	49.6	32.4	11.9	
21.	7 oct. 1997	km 155 + 500 dr.	6.7	6.0	100.0	71.3	56.6	48.4	31.6	11.3	
22.	7 oct. 1997	km 154 + 600 dr.	6.6	3.0	100.0	69.4	51.9	39.5	22.4	7.7	
23.	8 oct. 1997	km 153 + 500 dr.	6.5	3.6	100.0	61.6	48.4	38.7	25.8	8.6	
24.	8 oct. 1997	km 152 + 600 dr.	6.8	10.9	100.0	65.7	50.3	47.3	29.6	9.4	
25.	8 oct. 1997	km 151 + 600 dr.	6.6	3.6	100.0	69.2	51.4	43.6	27.1	9.6	
26.	10 oct. 1997	km 155 + 800 stg.	6.7	4.6	100.0	71.6	57.1	49.3	32.6	11.4	
27.	10 oct. 1997	km 154 + 500 stg.	6.4	8.0	100.0	64.3	48.6	40.1	26.7	8.1	
28.	12 oct. 1997	km 153 + 500 stg.	6.8	11.2	100.0	65.4	50.2	38.1	25.4	9.3	
29.	12 oct. 1997	km 152 + 600 stg.	6.7	3.7	100.0	70.1	54.3	46.7	29.3	11.1	
30.	12 oct. 1997	km 151 + 600 stg.	6.8	7.5	100.0	72.4	56.5	48.1	31.6	10.7	

4.2.7. Mixtura asfaltică realizată la rece tip Ralumac pentru acoperirea pistelor Aeroportului Internațional Otopeni - București

Mixtura asfaltică tip Ralumac destinată acoperirii pistei nr. 2 de la Aeroportul Internațional Otopeni - București a necesitat efectuarea unor studii, mai complexe, atât în ceea ce privește calitatea emulsiei bituminoase cationice modificate cu polimer cât și a agregatelor naturale folosite.

Se disting două etape în realizarea covorului asfaltic subțire tip Ralumac și anume:

- în anul 1996 s-a folosit emulsia bituminoasă cationică, cu bitum modificat cu polimeri realizată în fabrica de la Șag - Timișeni;
- ca agregat natural s-a utilizat un agregat de import, din Germania, de la Passau.

Agregatul folosit a fost de două sorturi, și anume:

- sort 0 - 8 pentru stratul de reprofilare;
- sort 0 - 5 pentru stratul de uzură.

Compoziția medie, în procente a celor două tipuri de mixtură asfaltică tip Ralumac utilizată cu agregate naturale de la Passau este dată în tabel 4.11.

Tabel 4.11

Materiale	Strat de reprofilare	Strat de uzură
Sort 0 - 8	86	-
Sort 0 - 5	-	86
Ciment	2	2
Apă de umezire	8	8
Aditiv	4	4

Caracteristicile emulsiei bituminoase determinate conform metodei DIN au fost prezentate în capitolul 2, tabelul 3.4.

Caracteristicile mixturii asfaltice fabricate în anul 1996 și așternută pe pista nr. 2 a Aeroportului Otopeni sunt prezentate în tabelul 4.12.

Datorită rezultatelor obținute în anul 1996 când s-a acoperit pista nr. 2, în anul următor s-a pus o nouă problemă și anume: studierea posibilității folosirii unui agregat natural local, care să îndeplinească aceleași condiții de calitate ca ale agregatului natural folosit în anul precedent.

Pentru acest scop s-a studiat nisipul de concasaj 0...3 mm de la cariera Turcoaia din Dobrogea. Se precizează că roca de proveniență este granitul de Turcoaia.

Laboratorul a urmărit cu foarte mare acuratețe calitatea mixturii asfaltice produse și folosite la regenerarea pistei nr. 1; în acest scop am introdus și folosit pe tot parcursul execuției aparatura prezentată în continuare. Rezultatele încercărilor se pot urmări în tabelul 4.13.

Încercările efectuate asupra nisipului de concasaj de la Turcoaia folosit la execuția mixturii asfaltice tip Ralumac în anul 1997 pentru acoperirea pistei nr. 1 de la Aeroportul Otopeni se pot urmări în tabelul 4.14.

Din tabel se constată că nisipul de concasaj corespunde calitativ scopului propus, atât ca granulozitate cât și din punct de vedere al probei cu albastru de metilen, care a indicat constant 13 ml, ceea ce înseamnă că nisipul de concasaj era lipsit de părți argiloase și poate fi utilizat la realizarea covorului asfaltic la rece.

Emulsia bituminoasă cationică, pe bază de bitum modificat cu polimeri s-a caracterizat printr-un procent mai mare de latex natural (polimerul) folosit tocmai pentru a îmbunătăți performanțelor emulsiei în ceea ce privește mărirea aderenței.

Nr. probei	Data încercării	Bitum, %	Apă, %	Curba de granulozitate: trece prin ciur sau sita de ... mm, în %					
				11	8	3,15	2,0	0,71	0,09
1.	13 octombrie	6,6	6,9	100,0	96,4	57,6	38,5	20,2	4,1
2.	13 octombrie	6,4	4,7	100,0	97,3	60,0	41,9	24,5	5,2
3.	14 octombrie	6,2	0,2	100,0	100,0	97,9	43,1	23,9	8,6
4.	15 octombrie	6,2	0,7	100,0	100,0	96,1	42,0	23,0	13,3
5.	16 octombrie	7,3	1,5	100,0	100,0	98,9	40,5	26,7	7,2
6.	17 octombrie	7,5	1,6	100,0	100,0	97,3	47,3	25,7	7,6
7.	18 octombrie	6,3	2,6	100,0	100,0	96,4	49,8	35,3	10,7
8.	19 octombrie	5,9	2,0	100,0	100,0	96,4	47,8	32,7	9,6
9.	20 octombrie	5,6	0,6	100,0	96,8	61,4	41,4	29,9	8,6
10.	21 octombrie	5,7	0,7	100,0	97,2	63,0	41,2	29,1	8,5
11.	22 octombrie	6,0	2,4	100,0	100,0	99,3	51,3	31,5	9,4
12.	23 octombrie	5,8	1,2	100,0	100,0	98,9	50,2	30,3	8,6
13.	24 octombrie	6,1	1,9	100,0	100,0	96,8	50,6	28,9	11,2
14.	25 octombrie	6,2	1,6	100,0	100,0	97,0	51,6	29,3	11,1
15.	26 octombrie	5,6	2,4	100,0	100,0	96,1	44,1	25,0	5,8
16.	27 octombrie	6,7	8,7	100,0	100,0	98,0	48,4	28,1	9,8
17.	28 octombrie	6,5	4,0	100,0	100,0	96,3	45,2	26,3	7,8
18.	29 octombrie	7,7	2,0	100,0	100,0	97,7	44,9	25,0	4,8
19.	04 noiembrie	6,1	1,2	100,0	100,0	96,8	43,0	22,6	3,9
20.	05 noiembrie	6,2	0,6	100,0	100,0	98,8	40,0	27,5	8,4
21.	06 noiembrie	6,1	0,7	100,0	100,0	98,6	45,0	29,6	8,9
22.	07 noiembrie	5,8	1,0	100,0	97,1	62,1	37,4	21,0	3,0
23.	08 noiembrie	5,6	2,8	100,0	97,2	61,9	37,4	22,1	7,8
24.	09 noiembrie	5,8	0,3	100,0	99,6	92,3	43,3	24,6	7,2
25.	10 noiembrie	5,7	0,3	100,0	99,8	92,6	44,3	25,7	5,7
26.	11 noiembrie	7,0	8,4	100,0	100,0	97,7	54,0	32,6	9,7
27.	12 noiembrie	6,2	5,7	100,0	100,0	97,1	51,8	31,3	9,8
28.	13 noiembrie	6,2	9,6	100,0	100,0	97,6	53,8	33,7	6,4
29.	14 noiembrie	6,3	5,2	100,0	97,8	76,3	55,3	33,0	10,6
30.	15 noiembrie	6,1	9,2	100,0	97,3	76,7	55,7	33,3	10,4
31.	16 noiembrie	6,9	2,7	100,0	100,0	55,4	40,4	22,1	9,2
32.	17 noiembrie	7,4	2,1	100,0	100,0	56,2	42,2	29,1	8,9
33.	18 noiembrie	7,2	2,0	100,0	100,0	55,8	40,8	28,4	8,7
34.	20 noiembrie	7,1	1,0	100,0	100,0	58,2	40,7	27,6	9,0
35.	21 noiembrie	6,9	0,9	100,0	100,0	58,5	40,4	27,7	9,2

Caracteristicile mixturii asfaltice tip Ralumac - pista nr. 1 Aeroport Otopeni, executat în 1997 Tabel 4.13

Nr. probei	Data încercării	Poziția probei	Bitum, %	Apă, %	Curba de granulozitate: trece					prin ciur sau sita de .. mm, %
					5	3,15	2,0	1,0	0,71	
1.	29 aug. 1997	Banda 12 - 3 + 000	7,5	12,4	100,0	100,0	64,2	39,5	0,71	0,09
2.	29 aug. 1997	Banda 11 - 2 + 500	7,7	8,9	100,0	100,0	73,8	41,7	32,4	9,1
3.	3 sept. 1997	Banda 10 - 3 + 000	7,8	10,3	100,0	100,0	62,8	40,4	36,2	10,5
4.	3 sept. 1997	Banda 10 - 2 + 000	7,7	6,2	100,0	100,0	74,3	45,9	34,5	8,9
5.	4 sept. 1997	Banda 9 - 2 + 500	8,0	1,6	100,0	100,0	62,7	39,5	36,8	10,4
6.	31 aug. 1997	Banda 11 - 1 + 500	7,6	8,0	100,0	100,0	68,3	40,5	38,4	9,1
7.	1 sept. 1997	Banda 9 - 1 + 000	7,7	6,4	100,0	100,0	69,4	42,7	31,8	13,8
8.	1 sept. 1997	Banda 8 - 0 + 500	7,5	2,8	100,0	100,0	71,9	48,3	37,9	15,4
9.	3 sept. 1997	Banda 12 - 2 + 000	7,9	5,1	100,0	100,0	67,8	41,6	37,5	11,4
10.	5 sept. 1997	Banda 11 - 1 + 500	8,0	9,4	100,0	100,0	71,9	43,8	38,4	12,7
11.	6 sept. 1997	Banda 7 - 1 + 000	7,8	10,8	100,0	100,0	61,2	37,1	35,7	8,9
12.	2 sept. 1997	Banda 9 - 0 + 150	7,6	6,1	100,0	100,0	69,4	46,1	36,2	9,7
13.	30 aug. 1997	Banda 7 - 2 + 500	7,7	3,8	100,0	100,0	72,5	39,6	31,7	8,1
14.	5 sept. 1997	Banda 10 - 0 + 500	7,8	10,3	100,0	100,0	71,8	41,7	32,3	8,4
15.	9 sept. 1997	Banda 4 - 3 + 000	7,5	5,7	100,0	100,0	74,3	48,1	40,7	14,8
16.	10 sept. 1997	Banda 2 - 2 + 500	7,7	8,7	100,0	100,0	71,7	41,2	35,4	10,5
17.	10 sept. 1997	Banda 3 - 2 + 000	7,6	3,6	100,0	100,0	74,3	45,7	39,9	13,4
18.	7 sept. 1997	Banda 9 - 0 + 250	7,9	4,4	100,0	100,0	71,8	47,3	36,8	12,3
19.	12 sept. 1997	Banda 5 - 3 + 000	7,8	1,4	100,0	100,0	64,1	37,8	32,4	9,7
20.	13 sept. 1997	Banda 2 - 3 + 000	7,7	9,3	100,0	100,0	66,5	37,4	33,1	9,9
21.	14 sept. 1997	Banda 1 - 1 + 000	7,5	6,8	100,0	100,0	66,8	42,4	37,3	11,3
22.	13 sept. 1997	Banda 6 - 0 + 500	7,6	12,9	100,0	100,0	73,8	47,5	40,4	12,8
23.	11 sept. 1997	Banda 3 - 2 + 500	7,8	9,4	100,0	100,0	73,4	39,8	35,4	9,8
24.	12 sept. 1997	Banda 6 - 2 + 000	7,9	7,0	100,0	100,0	62,1	37,5	31,7	8,6
25.	14 sept. 1997	Banda 2 - 0 + 200	7,7	12,2	100,0	100,0	63,1	48,1	39,7	13,4
26.	9 sept. 1997	Banda 2 - 2 + 000	7,6	9,9	100,0	100,0	74,6	46,5	40,7	15,1
27.	15 sept. 1997	Banda 2 - 1 + 500	7,8	6,0	100,0	100,0	65,7	38,3	32,1	9,4
28.	13 sept. 1997	Banda 4 - 1 + 000	7,7	7,3	100,0	100,0	62,4	37,5	36,1	8,7
29.	16 sept. 1997	Banda 4 - 0 + 500	7,8	2,7	100,0	100,0	74,3	48,5	40,1	14,3
30.	19 sept. 1997	Banda 5 - 0 + 100	7,9	3,9	100,0	100,0	73,6	46,9	38,4	10,1

Data încercării	Albastru de metilen	Trece prin ciur sau sita de ... mm, în %				
		3,15	2	1	0,71	0,09
28 aug. 1997	13 ml	100,0	72,4	46,1	39,8	13,8
29 aug. 1997	13 ml	100,0	61,6	37,9	30,6	8,4
30 aug. 1997	13 ml	100,0	62,3	38,1	30,4	9,3
9 sept. 1997	13 ml	100,0	64,3	39,5	31,6	10,1
10 sept. 1997	13 ml	100,0	64,8	41,3	36,1	12,8
11 sept. 1997	13 ml	100,0	62,6	38,1	30,6	9,7
12 sept. 1997	13 ml	100,0	69,8	41,3	32,8	11,3
14 sept. 1997	13 ml	100,0	66,8	42,1	38,4	15,6
15 sept. 1997	13 ml	100,0	74,5	46,8	39,2	14,4
16 sept. 1997	13 ml	100,0	73,2	46,1	37,3	12,5

4.2.7.1. Aparat pentru determinarea conținutului de bitum din mixtura asfaltică tip Ralumac

Aparatura funcționează pe principiul extracției bitumului cu toluen și este alcătuit din: baie electrică; balon de sticlă; stativ metalic; pahar Berzelius; tub gradat de formă specială, în care se adună apa condensată; refrigerent drept; tub cilindric metalic având partea inferioară perforată, situată la circa 1 cm de partea sa inferioară (în acest cilindru se introduce mixtura asfaltică).

Ca solvent se utilizează: xilen sau toluen chimic pur.

Mod de lucru:

Se așază balonul de sticlă pe baia electrică, iar în balon se pune un stativ metalic;

- pe stativ se așază paharul Berzelius în care se introduce cilindrul metalic;

- în cilindrul metalic se introduce o cantitate de aproximativ 300 g mixtură asfaltică tip Ralumac, cântărită exact la o balanță de precizie;

- în balonul de sticlă se introduce solvent până la nivelul stativului;

- se assemblează și se pornește aparatul dând drumul la încălzire;

- prin încălzire se produce evaporarea solventului, ai cărui vapori se condensează în refrigerent, ceea ce conduce la antrenarea sa în tubul gradat;

- în tubul gradat, pe o ramură a sa, are loc decantarea apei din mixtura asfaltică, iar pe cealaltă ramură are loc curgerea solventului în cilindrul metalic; solventul dizolvă astfel bitumul din mixtura asfaltică;

- se lasă aparatul să funcționeze până ce solventul din paharul Berzelius devine incolor, ceea ce arată că tot bitumul a fost extras din mixtura asfaltică și în consecință extracția este terminată;

- se demontează aparatul;

- în cilindrul metalic și în paharul Berzelius rămâne agregatul care a intrat în compoziția mixturii asfaltice, care se usucă și se răcește.

Se determină conținutul de apă din Ralumac cu relația:

$$A = \frac{a}{M} \cdot 100 \quad [\%] \quad [4.11]$$

A este conținutul de apă al mixturii asfaltice exprimat în %;

a - cantitatea de apă decantată, în g;

M - cantitatea de mixtură asfaltică luată pentru determinare, în g.

Se cântărește cantitatea de agregat natural uscat (A_g) până la masă constantă și se supune operației de cernere, determinându-i astfel granulozitatea.

Se reprezintă grafic curba de granulozitate, verificându-se dacă se înscrie sau nu în zona de granulozitate impusă.

Aparatul este prezentat în fig. 4.23.

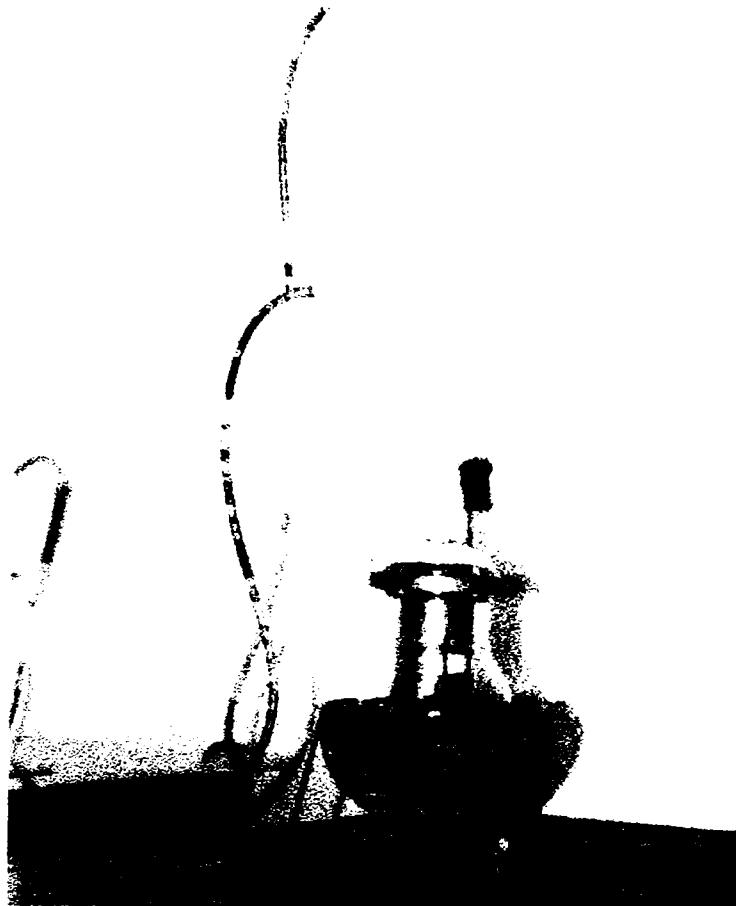


Fig. 4.23 - Aparat pentru determinarea conținutului de bitum.

Se calculează cantitatea de bitum din mixtura asfaltică cu relația:

$$B = M - a - A_g \quad [g] \quad [4.12]$$

în care: B este cantitatea de bitum din mixtura asfaltică, în g;

a - cantitatea de apă decantată, în g;

A_g - cantitatea de agregat uscat, în g.

Se calculează procentul de bitum din mixtura asfaltică tip Ralumac cu relația:

$$b = \frac{B}{A_g} + 0,2 \quad [\%] \quad [4.13]$$

în care: b este procentul de bitum din mixtura asfaltică;

B - cantitatea de bitum din mixtura asfaltică, în g;

Ag - cantitatea de agregat uscat, în g;

+ 0,2 reprezintă un coeficient de corecție.

Metoda permite un control riguros al calității mixturii asfaltice fabricate în combina tip Ralumac, pe tot parcursul procesului tehnologic. Se fac minim două determinări pe zi.

Analizând caracteristicile mixturii asfaltice se constată că acest tip de Ralumac a fost realizat numai cu nisip de concasaj de Turcoaia (granit) și în consecință și zona de granulozitate este diferită de cea obținută la mixtura asfaltică folosită pe drumurile naționale, DN 1 Predeal - Brașov, km 151 + 500 - 159 + 000.

Curba de granulozitate pentru pista nr. 1 a Aeroportului Otopeni este cea prezentată în fig. 4.24.

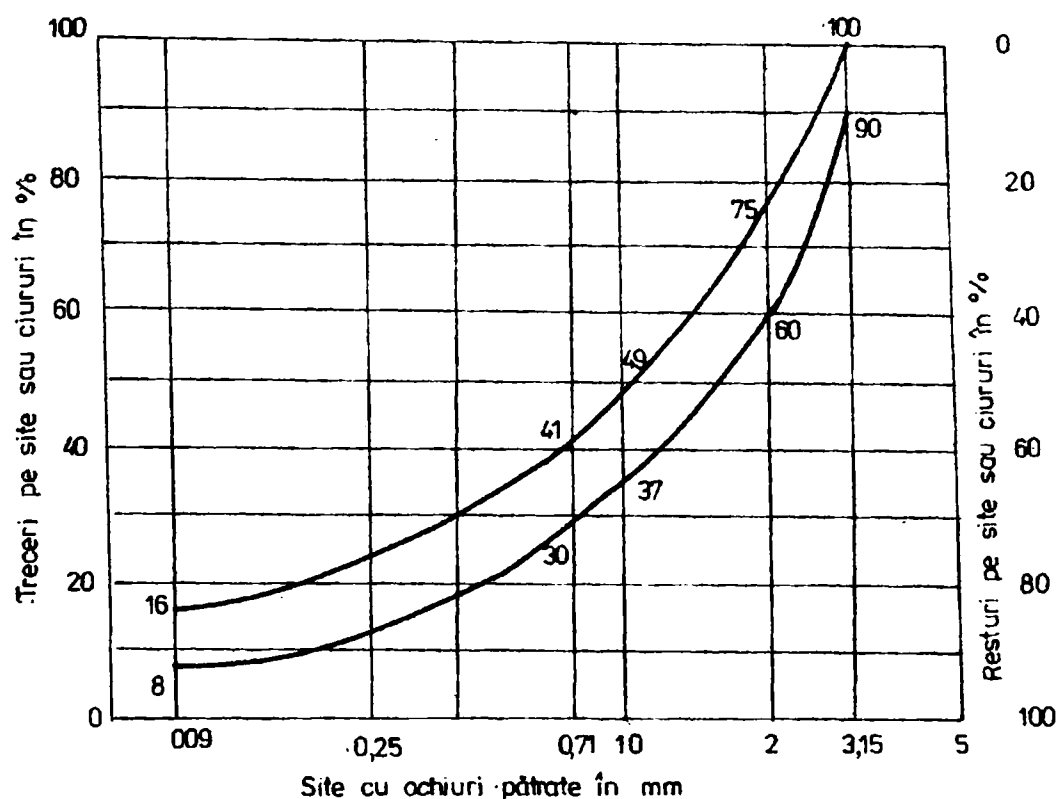


Fig. 4.24 - Zona de granulozitate pentru pista nr. 1.

4.2.8. Rugozitatea suprafeței de rulare a covoarelor asfaltice subțiri realizate cu mixtură asfaltică la rece tip Ralumac

Una din condițiile majore pe care trebuie să le îndeplinească covorul subțire realizat din mixtură asfaltică tip RALUMAC este rugozitatea. Pe sectoarele executate s-au efectuat măsurători cu aparatul SRT de către Laboratorul Central al D.R.D.P. Timișoara. Măsurătorile s-au executat în 11 august 1995 pe DN 68A Lugoj - Făget între km 10 + 890 la 20 + 783. Pe o secțiune de încercare, măsurătorile s-au făcut în cinci profiluri transversale, pe fiecare profil s-au executat câte trei determinări și anume: una pe fiecare bandă, pe urmele roților și una în axa drumului.

Rezultatele obținute pot fi urmărite în tabelul 4.15.

În concluzie, din măsurătorile efectuate asupra rugozității se constată că rugozitatea este bună, valorile SRT fiind mai mari de 70 unități SRT, în consecință suprafața de rulare permite circulația cu viteze mai mari de 80 km/h.

O altă serie de măsurători s-a realizat în 14 august 1995 pe DN 6 Orșova - Caransebeș pe sectorul km 369 + 570 - 398 + 200. Rezultatele obținute pot fi urmărite în tabel 4.16.

Din valorile obținute se constată că rugozitatea măsurată prin metoda SRT este bună, valorile variind între 84 și 90, în concluzie suprafața de rulare este corespunzătoare, $SRT \geq 70$, permite circulația cu viteze mai mari de 80 km/h.

Rugozități în unități SRT

Tabel 4.15

Nr. Crt.	DN 68A Lugoj -Făget		Rugozitate medie, în punctele de măsurare, în unități SRT			Temperatura suprafeței de rulare, °C	Corectarea valorilor de rugozitate		
	de la km	până la km	1	2	3		1	2	3
1	11+060	11+100	84	86	85	20	85	87	86
2	11+400	11+440	83	85	84	18	84	86	85
3	11+800	11+840	85	86	85	20	86	88	87
4	12+000	12+040	87	87	86	21	89	89	88
5	12+400	12+440	86	88	87	20	88	90	89
6	12+800	12+840	85	88	86	20	87	90	88
7	13+500	13+540	86	87	86	20	88	89	88
8	18+700	18+740	85	88	87	21	87	90	89
9	19+000	19+040	88	89	87	22	90	91	89
10	19+500	19+540	85	88	86	22	87	90	88
11	20+000	20+040	83	87	85	25	85	89	87
12	20+300	20+340	83	85	84	24	85	87	86
13	13+000	13+040	83	86	85	20	84	87	86
14	13+400	13+440	86	87	86	21	88	89	88
15	13+800	13+840	85	87	86	20	86	88	87
16	14+000	14+040	85	87	86	20	86	88	87
17	14+200	14+240	88	88	87	21	89	89	88
18	14+700	14+740	87	88	87	21	88	89	88
19	14+900	14+940	88	89	87	22	89	90	88

20	15+200	15+240	85	88	86	22	87	90	88
21	15+400	15+440	86	88	87	22	88	90	89
22	15+760	16+000	85	88	86	22	87	90	88
23	18+000	18+200	85	88	87	21	87	90	89
24	20+800	21+000	83	85	84	24	85	87	86
Valori medii ale rugozității			85	88	87		86	89	86

Rugozitate în unități SRT

Tabel 4.16

Nr. crt.	DN 6 Orșova - Caransebeș		Rugozitate medie, în punctele de măsurare, în unități SRT			Temperatura suprafeței de rulare, °C	Corectarea valorilor de rugozitate		
	de la km	până la km	1	2	3		1	2	3
1.	369+700	369+740	85	87	84	15	85	87	84
2.	369+950	369+990	85	85	85	16	85	85	84
3.	370+300	370+340	87	87	85	16	87	87	85
4.	370+600	370+640	85	87	85	18	86	88	86
5.	370+900	370+940	84	88	82	16	84	88	82
6.	371+200	371+240	82	85	84	15	82	85	84
7.	374+900	374+940	85	87	86	17	86	88	87
8.	375+500	375+540	80	87	84	18	81	88	85
9.	375+800	375+840	85	88	84	19	86	89	84

10.	391+400	391+440	87	88	85	20	87	89	86
11.	391+800	391+840	82	88	85	20	83	89	86
12.	392+200	392+240	83	87	84	21	85	89	86
13.	392+450	392+490	83	87	86	20	84	88	87
14.	392+700	392+740	82	88	85	20	83	89	86
15.	392+900	392+940	85	88	85	19	86	89	86
16.	393+300	393+340	85	87	86	18	86	88	87
17.	397+700	397+740	83	87	85	20	84	88	86
18.	398+000	398+040	83	87	85	21	84	88	86
Valori medii ale rugozității			84	87	85		85	88	86

4.2.9. Concluzii

În urma studiilor, experimentărilor și analizei comportării în exploatare se poate afirma că straturile bituminoase subțiri realizate la rece cu mixtură asfaltică tip RALUMAC sunt destinate în principal execuției lucrărilor de întreținere preventivă a drumurilor cu îmbrăcăminti bituminoase sau beton de ciment, [5], [14].

Defecțiunile care se pot remedia prin aplicarea straturilor subțiri la rece sunt:

a) în cazul îmbrăcămintilor bituminoase:

- suprafețe poroase, lunecoase (glisante) sau îmbătrânite;
- suprafețe fisurate;
- denivelări în profil longitudinal și transversal sub 2 cm.

b) în cazul îmbrăcămintilor din beton de ciment:

- suprafețe poroase;
- suprafețe cu exfolieri, fisuri, crăpături;

- decolmatări de rosturi;
- denivelări în profil longitudinal și transversal sub 2 cm.

În cazul îmbrăcăminților bituminoase cu exces de bitum, reprofilarea se execută cu mixtură tip RALUMAC, cu conținut redus de bitum.

În cazul suprafețelor cu denivelări cuprinse între 1...2 cm, măsurate cu lata de 3 m, punerea în operă se realizează în două straturi, din care primul strat are rol de reprofilare, [5]; [8]; [12].

Trafic. Modularea compoziției mixturii asfaltice tip RALUMAC permite adaptarea acestei tehnologii la toate clasele de trafic, inclusiv pentru traficul greu. Evident, caracteristicile agregatelor sunt corelate cu intensitatea și viteza traficului.

Mixtura asfaltică tip RAlumac realizată cu EBMCL prezintă caracteristici bune în exploatare, ceea ce o recomandă pentru a fi folosită la:

- întreținerea drumurilor în orașe cât și în afara localităților, chiar supuse unui trafic greu;
- întreținerea pistelor de aviație, stații de taxi, etc.;
- ca strat de uzură nou peste un strat de anrobate realizate cu bitum la cald sau cu emulsie bituminoasă;
- ca strat de rulare nou pe benzi de staționare de urgență sau în locurile de parcare de pe autostrăzi;
- locuri de parcare pe suprafețe mari, curți ale fabricilor și suprafețe de sport sau jocuri.

Straturile subțiri la rece nu se aplică în cazul în care denivelările existente sunt provocate de un fenomen de fluaj al îmbrăcăminții bituminoase existente. Straturile subțiri la rece nu măresc capacitatea portantă a structurii rutiere și nici nu corectează substanțial

profilul transversal sau longitudinal de bază al drumului. Ele se pot aplica numai pe îmbrăcăminți bituminoase sau din beton de ciment cu capacitate portantă corespunzătoare.

Constatări de pe teren mai importante au fost:

- execuția lucrărilor de întreținere prin aplicarea de straturi bituminoase subțiri la rece este o tehnologie pretențioasă și contrar aparențelor, nu reprezintă o soluție general valabilă pentru toate drumurile;

- în vederea obținerii unor lucrări de calitate este necesar să se respecte cu strictețe prescripțiile privind calitatea materialelor, alegerea și pregătirea stratului suport și tehnologia de execuție;

- sectoarele executate în anul 1994, cu caracter experimental și în condiții diversificate de climă, trafic, materiale și starea îmbrăcăminții stratului suport, au prezentat o comportare diferențială, ceea ce a permis alegerea și stabilirea condițiilor optime de lucru pentru anii următori;

- urmărirea în continuare a comportării în exploatare a sectoarelor executate în anii 1994...1996 a adus noi date, fapt ce s-a finalizat prin definitivarea instrucțiunilor tehnice și în acest domeniu.

Se menționează ca o realizare de majoră importanță faptul că s-a obținut "Agreementul Tehnic" de la M.L.P.A.T. (Ministerul Lucrărilor Publice și Amenajarea Teritoriului) - Comisia pentru Agreement Tehnic în Construcții (Agreement nr. 004 - 07/175 - 1998), în urma rezultatelor bune obținute în anii 1994 și 1995. Lucrările au continuat astfel că în 1996 s-a executat o lucrare foarte importantă și anume, regenerarea pistei Aeroportului Otopeni din București. Lucrările la Otopeni au fost eșalonate în perioada 1996...1997, și au fost foarte riguros controlate de laboratorul INCERTRANS București și urmărite din punct de vedere calitativ de doctorand.

Avantajele covoarelor asfaltice subțiri tip RALUMAC

Covoarele asfaltice subțiri tip RALUMAC oferă soluții avantajoase pentru:

- corectarea denivelărilor sub 2 cm;
- eliminarea fisurilor și crăpăturilor;
- mărirea rugozității suprafeței de rulare;
- reducerea poluării fonice.

Din punct de vedere al clasificării tehnice sunt lucrări situate între tratamentele bituminoase și covoarele asfaltice de 4...5 cm grosime realizate la cald pentru straturi de uzură folosite în mod curent la întreținerea drumurilor.

Covoarele asfaltice subțiri tip RALUMAC se pot executa în condiții bune numai la temperaturi peste 5 °C. Prin folosirea lor se evită pericolul exsudării pe timp de vară.

Ele au durata de exploatare de până la 10 ani, sunt rezistente la fisurare și au o bună stabilitate în cazul temperaturilor ridicate.

Covoarele subțiri tip RALUMAC, datorită aditivilor folosiți, prezintă o foarte bună aderență pe stratul suport.

Ele se realizează în mod curent cu instalații mobile (utilaje adecvate, combine etc.). Pe sectoarele cu circulație intensă, execuția este rapidă, putând fi programată pe timp de noapte sau între orele cu circulație scăzută. Într-o oră, cu utilajul folosit, se pot realiza până la 1 200 m, în cazul unui drum pe o lățime de 3,50 m, ceea ce reduce întreruperea circulației la minim. Întrucât covorul asfaltic subțire executat din mixtură asfaltică tip RALUMAC nu necesită compactare, el poate fi dat în circulație la 20...30 minute după execuție.

Din punct de vedere al poluării fonice, execuția acestor covoare este foarte avantajoasă, întrucât o reduce în mod substanțial.

Fiind o lucrare pretențioasă sub aspectul calității, materialele, emulsia și tehnologia sunt supuse permanent unui control exigent, atât în laborator cât și pe parcursul execuției.

4.2.10. Implementarea în tehnica rutieră românească a covoarelor asfaltice subțiri realizate cu mixtură asfaltică tip Ralumac

Dacă în anii 1994...1995 s-a importat din Germania emulsia bituminoasă cationică (EBMCL), cu bitum modificat cu polimeri, cu rupere lentă, la mijlocul anului 1996 s-a realizat printr-o colaborare româno-germană, la Șag - Timișeni, jud. Timiș o foarte modernă fabrică pentru producerea emulsiei bituminoase cationice. M-am ocupat de proiectarea și realizarea la parametri proiectați a întregii instalații.

Din septembrie 1996, fabrica a produs emulsie bituminoasă cationică, folosind bitumul de la Suplacu de Barcău, emulgatorii și latexul din Germania. Astfel că, în 1996 și 1997, lucrările de la Aeroportul Internațional București - Otopeni au fost realizate cu mixtură asfaltică tip Ralumac, produsă pe bază de emulsie bituminoasă cationică, cu rupere lentă și bitum modificat cu polimeri, iar agregatele naturale au fost din țară (1997) și din străinătate (1996).

Am contribuții importante privind stabilirea compoziției emulsiei bituminoase cationice cu rupere lentă, care datorită modificării bitumului cu latex natural a prezentat proprietăți calitative deosebite.

S-au studiat, de către laboratorul de specialitate, calitățile agregatelor folosite prin metoda cu albastru de metilen, pentru stabilirea compatibilității dintre agregate și emulsia bituminoasă. S-au studiat caracteristicile nisipului de concasaj și a criblurii 3...8 mm livrate de cariera Turcoaia atât în ceea ce privește granulozitatea cât și adezivitatea.

Prin încercările întreprinse în laborator s-a pus în evidență incompatibilitatea dintre filerul de cretă măcinată de la Murfatlar și emulsia bituminoasă cationică (EBMCL) cu rupere lentă și bitum modificat cu polimeri.

S-au elaborat dozajele optime de lucru pentru combina tip Ralumac.

S-a stabilit zona de granulozitate pentru covoarele asfaltice subțiri astfel realizate, diferențiindu-se mixtura tip Ralumac pentru acoperirea pistelor de la aeroport de cea folosită pentru acoperirea îmbrăcăminților bituminoase și din beton de ciment.

S-au executat 150 km covoare asfaltice cu mixtură tip Ralumac pe drumuri naționale, județene și străzi în orașe, situate în diferite zone ale țării.

S-au urmărit, prin încercări de laborator, pe tot parcursul execuției, calitatea mixturii asfaltice fabricate și puse în operă.

S-au efectuat măsurători privind rugozitatea stratului de uzură astfel obținut și menținerea rugozității pe parcursul anilor.

Sectoarele executate au fost ținute sub observație efectuându-se diferite investigații anuale.

4.3. Comportarea în exploatare a covoarelor asfaltice subțiri tip RALUMAC

O preocupare permanentă a autorului este urmărirea, împreună cu beneficiarii și specialiștii din INCERTRANS București, a comportării în exploatare a sectoarelor executate. Studiile efectuate în 1998 au condus la elaborarea unor concluzii dintre care prezentăm pe cele pe care le considerăm esențiale [141].

Stabilirea comportării în exploatare s-a făcut prin evaluarea următoarelor caracteristici care definesc indicele de stare tehnică:

- starea de degradare a suprafeței stratului;
- uniformitatea suprafeței de rulare;
- rugozitatea.

Caracterizarea sectoarelor de drum selecționate în vederea experimentării covoarelor asfaltice subțiri de tip Ralumac s-a făcut prin menționarea următoarelor date privind:

- amplasamentul;

- stratul suport;
- traficul;
- starea tehnică a sectoarelor înainte de realizarea stratului de Ralumac ;
- tehnologii utilizate;
- materiale folosite;
- compoziția stratului.

Lista sectoarelor experimentale (realizate în cadrul D.R.D.P. Timișoara) cu covoarele asfaltice subțiri de tip Ralumac realizate este prezentată în tabelul 4.17.

Datele de trafic sunt cele de la recensământul de circulație din 1995. Acestea au fost puse la dispoziție de CESTRIN și se referă la traficul mediu zilnic anual (MZA) exprimate în vehicule fizice și osii de 115 kN recenzate pe sectoarele de drum studiate.

Starea tehnică a drumului, înainte de executarea covorului asfaltic subțire de tip Ralumac a fost stabilită de CESTRIN. S-au determinat capacitatea portantă, starea de degradare și uniformitatea suprafeței în profil longitudinal. Din măsurătorile efectuate au rezultat următoarele:

- sectoarele pe care s-a aplicat soluția cu covoare asfaltice subțiri de tip Ralumac au o capacitate portantă corespunzătoare;
- principalele tipuri de degradări constatate pe sectoarele stabilite sunt:
 - în cazul sectoarelor cu îmbrăcăminti bituminoase: fisuri transversale și longitudinale, suprafețe șlefuite, fenomene de oboseală;
 - în cazul sectoarelor cu îmbrăcăminti din beton de ciment: decolmatarea rosturilor, fisuri și crăpăruri, exfolierea suprafețelor;
- uniformitatea suprafeței în profil longitudinal s-a constatat că este necorespunzătoare vitezei de circulație impusă de clasa tehnică a drumului.

Tabel 4.17

DN	Poziția kilometrică	Anul execuției	Lungimea (km)	Tip sistem rutier	Tip climateric
6	362 + 664 - 362 + 836	1995	0,19	SNS	III
6	367 + 550 - 367 + 930	1994	0,38	SRB	III
6	368 + 950 - 369 + 570	1994	0,62	SRB	III
6	369 + 570 - 371 + 500	1995	1,93	SRB	III
6	374 + 800 - 376 + 000	1995	1,20	SRB	III
6	376 + 392 - 379 + 372	1994	2,98	SRB	III
6	381 + 800 - 384 + 920	1994	3,13	SRB	III
6	386 + 650 - 388 + 311	1994	1,66	SRB	III
6	391 + 375 - 393 + 365	1995	1,99	SRB	III
6	397 + 300 - 398 + 200	1995	1,00	SRB	III
6	562 + 700 - 564 + 000	1995	1,30	SNB	I
58	10 + 550 - 11 + 200	1995	0,65	SRB	II
58	12 + 200 - 12 + 800	1995	0,60	SRB	II
59A	44 + 310 - 47 + 500	1995	3,19	SNB	I

Notă:

SRB - sisteme rutiere rigide;

SNB - sisteme rutiere semirigide;

SNS - sisteme rutiere nerigide.

Tehnologia de execuție a avut în vedere două faze distincte de execuție și anume:

- pregătirea stratului suport prin repararea degradărilor îmbrăcămintei rutiere, plombarea gropilor, colmatarea rosturilor, tratarea fisurilor și crăpăturilor, frezarea

denivelărilor și repararea sau înlocuirea dalelor distruse, care s-a făcut de către districtul de drumuri;

- execuția covoarelor asfaltice subțiri de tip Ralumac în unul sau două straturi (strat de egalizare și strat de rulare), respectiv prepararea, punerea în operă, compactarea și darea în circulație.

Ca agregate naturale s-a utilizat nisipul de concasare 0...3 mm și criblură 3...8 mm provenite de la cariera Șanovița, de natură bazaltică. Agregatele utilizate au îndeplinit condițiile din STAS 667 - 90.

Emulsia bituminoasă utilizată a fost emulsia bituminoasă cationică cu rupere lentă pe bază de bitum modificat cu polimer (latex), fabricată de S.C. ALBIX GENERAL CONSTRUCȚII S.R.L.

Stabilirea comportării în exploatare a sectoarelor experimentale cu covoare asfaltice subțiri tip Ralumac realizate pe rețeaua de drumuri naționale s-a făcut prin evaluarea următorilor parametri:

- indicele de degradare a îmbrăcămintei rutiere;
- planeitatea suprafeței;
- rugozitatea stratului de rulare.

Evaluarea parametrilor s-a făcut conform "Instrucțiunilor tehnice departamentale privind determinarea stării tehnice a drumurilor moderne" - indicativ CD 155 - 86.

În urma investigațiilor pe teren asupra celor 14 sectoare experimentale cu covoare asfaltice subțiri tip Ralumac executate pe drumurile naționale, cu durata de exploatare cuprinsă între 2...3 ani, împreună cu INCERTRANS, am întocmit fișe individuale pentru fiecare sector experimental în care sunt prezentate toate datele legate de comportarea în exploatare a sectorului experimental.

Din analiza acestor fișe, rezultă următoarele:

• referitor la amplasament

Sectoarele experimentale acoperă, din punct de vedere climateric, toate cele trei tipuri principale de climat stabilite pe baza indicelui de umiditate Thornthwaite (I_m), și anume:

- tip I: sectoarele de pe DN 6 cu $I_m < 20$;
- tip II: sectoarele de pe DN 58 cu $0 < I_m < 20$;
- tip III: sectoarele de pe DN 6 cu $I_m > 20$.

• referitor la sistemul rutier și stratul suport

Sectoarele experimentale au fost realizate atât pe sisteme rutiere rigide (tip SRB) cât și nerigide sau semirigide (tip SNS, SNB). Ponderea cea mai mare în cadrul sectoarelor experimentale analizate o au sistemele rutiere rigide.

Tipul stratului suport - beton de ciment, îmbrăcămintă bituminoasă sau pavaj - determină o serie de degradări specifice fiecărui tip de îmbrăcămintă. În cazul îmbrăcămintei din beton de ciment, la suprafața covorului asfaltic subțire de tip Ralumac apar fisuri transversale și longitudinale transmise în dreptul rosturilor care lipsesc în cazul îmbrăcămintei bituminoase. În cazul îmbrăcămintei bituminoase apar degradări sub formă de suprafețe exsudate, alte tipuri de fisuri și uneori faianțări.

În ceea ce privește aderența covorului asfaltic subțire de tip Ralumac la stratul suport, după comportarea în exploatare se poate constata o aderență mai bună în cazul îmbrăcămintei bituminoase și mai redusă în cazul îmbrăcămintei din beton de ciment și pavaj.

• referitor la volumul de trafic preluat

În perioada de exploatare a sectoarelor experimentale (1995...1997), volumul de trafic preluat, exprimat în osii standard de 115 kN, este cuprins între 18×10^4 și 360×10^4 . Volumul cel mai mare de trafic preluat s-a înregistrat pe DN 6 Orșova - Caransebeș, pe sectoarele

experimentale de la km 366 + 550 - 367 + 930 și 376 + 392 - 379 + 382; volumul cel mai mic de trafic preluat s-a înregistrat pe DN 58 Caransebeș - Reșița.

• **referitor la starea tehnică înainte de execuția sectorului experimental**

Sectorul experimental de pe DN 59A Timișoara - Jimbolia, a prezentat degradări sub formă de faianțări, iar sectoarele de pe DN 6 km 376 + 392 - 379 + 372, 384 + 800 - 384 + 920 și 454 + 550 - 454 + 850 sunt caracterizate printr-un grad avansat de fisurare și exfoliere, starea de degradare a suprafeței covorului asfaltic subțire de tip Ralumac datorându-se transmiterii acestor degradări.

Restul sectoarelor au avut o stare tehnică bună, capacitate portantă corespunzătoare, lipsită de degradări majore, dar cu rugozități și planeități scăzute.

• **referitor la starea de degradare (ID)**

- parametrul de degradare al sectoarelor experimentale analizate are valori cuprinse între 0...0,36. Valoarea medie este 0,12, fapt ce permite acordarea, pentru sectoarele experimentale, a calificativului satisfăcător.

- starea de degradare a covorului asfaltic subțire de tip Ralumac de pe sectoarele experimentale nu se datorează în principal comportării necorespunzătoare în exploatare a acestuia, ci stării de degradare a stratului suport. Degradările stratului suport se transmit mai lent în cazul îmbrăcăminților bituminoase (2...3 ani) și mai rapid în cazul îmbrăcăminților din beton de ciment (1...2 ani). Aceste degradări se transmit aproape în totalitate la covorul asfaltic subțire de tip Ralumac. Degradările specifice covoarelor asfaltice subțiri de tip Ralumac sunt peladele, rupturile de margine și suprafețele cu ciupituri.

• **referitor la uniformitatea suprafeței**

Uniformitatea suprafeței, definită prin parametrul de planeitate IRI, determinată pe sectoarele experimentale, prezintă variații mari ale valorilor obținute, încadrându-se în clase

cuprinse între 2...12. Distribuția claselor IRI, stabilită pe sectoarele experimentale, este prezentată în tabel 4.18.

Tabel 4.18

Clasa IRI	Ax	Margine	Total
3 - 4	44,5	22,2	33,3
4 - 5	27,8	44,5	36,1
5 - 6	11,1	22,2	16,7

Clasa IRI reprezentativă pentru uniformitatea sectoarelor experimentale este 4...5 care reprezintă 36 % din valorile măsurate și care împreună cu clasa 3...4 reprezintă aproximativ 70 % din valorile măsurate atât în ax cât și pe margine. Această clasă permite o circulație confortabilă cu viteze de 100...120 km/h. Uniformitatea suprafeței de rulare este în general mai bună pe firul de măsurare din ax decât pe firul de măsurare din margine.

• referitor la rugozitate

Parametrul de rugozitate R (HS) are valori cuprinse între 0,40...2,35, fapt ce permite acordarea unor calificative de calitate de la satisfăcător la foarte bun. Valoarea medie a parametrului de rugozitate, determinată pe sectoarele experimentale, este de 0,90.

Rugozitatea are în general valori mai mari pe firul de măsurare din ax și valori mai reduse pe firul de măsurare din margine.

Poate fi pusă în evidență o legătură clară între volumul de trafic preluat și rugozitate. Astfel, pe sectoarele experimentale de pe DN 59A Timișoara - Jimbolia, rugozitatea este foarte bună datorită traficului redus preluat, în timp ce, pe sectoarele de pe DN 6 Orșova - Caransebeș cu un trafic preluat mult mai mare se observă o reducere a rugozității covoarelor asfaltice subțiri de tip Ralumac deși tehnologia aplicată este identică.

Concluzii

- Având în vedere domeniile de aplicare recomandate pentru execuția covoarelor asfaltice subțiri la rece tip Ralumac, și anume drumuri cu capacitate portantă corespunzătoare, afectate numai de degradări de suprafață și cu denivelări sub 2 cm, se consideră corespunzătoare comportarea în exploatare după 2...3 ani de la darea în exploatare a sectoarelor executate.
- Aplicarea acestei tehnologii determină în mod evident o îmbunătățire a confortului de circulație, legat de rugozitatea și de eliminarea micilor denivelări până la 2 cm în special în zona rosturilor în cazul când stratul suport este o îmbrăcăminte din beton de ciment.
- Degradările apărute cu o dezvoltare mai largă pe sectoarele experimentale de pe DN 6 Orșova - Caransebeș, km 376 - 388 și 454 - 455 se datoresc în principal stării de degradare a stratului suport și într-o măsură mai mică aplicării necorespunzătoare a tehnologiei de lucru, degradările având un caracter local.
- Soluția propusă nu rezolvă problema transmiterii fisurilor și crăpăturilor de la stratul suport. Acestea apar în general după un an de exploatare și evoluează în timp cu o oarecare întârziere în cazul îmbrăcăminților bituminoase ca strat suport.
- Transmiterea fisurilor și crăpăturilor de la stratul suport și mecanismul de evoluție în timp impune intervenția (după maxim 2 ani în cazul îmbrăcăminților din beton de ciment și după maxim 3 ani în cazul îmbrăcăminților bituminoase ca strat suport) prin colmatarea fisurilor transmise pentru a stopa procesul de evoluție în timp a acestui tip de degradare.
- Condițiile climaterice afectează comportarea în exploatare a covoarelor asfaltice subțiri de tip Ralumac numai prin accelerarea în timp a procesului de degradare, odată cu apariția primelor fisuri transmise.

- Traficul și în special traficul greu nu afectează în mod deosebit comportarea în exploatare a covoarelor asfaltice subțiri de tip Ralumac cu excepția accelerării procesului de reducere a rugozității, în special pe firul de margine a benzilor de circulație.
- Având în vedere comportarea în general corespunzătoare, în condiții de climă și de trafic diferite a sectoarelor experimentale cu covoare asfaltice subțiri de tip Ralumac se impune o analiză comparativă a costurilor acestuia, cu cele ale tehnologiilor de întreținere curentă a drumurilor folosite în prezent, pentru stabilirea eficienței acestei tehnologii.
- În urma lucrărilor efectuate în fazele anterioare, prin care s-a urmărit comportarea în exploatare a sectoarelor experimentale realizate pe drumurile naționale, se impune selectarea pe baze tehnice și economice a soluțiilor tehnologice și a materialelor cu cele mai bune performanțe, având în vedere comportarea acestora în condițiile climatice din țara noastră.

4.4. Mixtura asfaltică stocabilă realizată la rece tip COMPOMAC

Până în anul 1997, în România s-au cunoscut și fabricat mixturi asfaltice stocabile de două tipuri:

- mixtură asfaltică stocabilă cu aplicabilitate imediată, care se folosește în primele 4...5 ore de la preparare;
- mixtură asfaltică stocabilă care se poate folosi într-un intervalul de 3...4 luni de la preparare.

Literatura de specialitate [16] arată că aceste mixturi stocabile se produc din:

- nisip natural, sort 0 - 7;
- criblură sort 3 - 8, 8 - 16 sau pietriș 7 - 16.

Nu se admite folosirea nisipului de concasaj în locul nisipului natural, deoarece conduce la ruperea rapidă a emulsiei bituminoase.

Ca liant se poate folosi emulsia bituminoasă cationică fără petrosin (dacă se utilizează imediat mixtura stocabilă) și cu petrosin (dacă urmează să fie depozitată și folosită într-un interval de până la 4 luni).

Compoziția unei astfel de mixturi stocabile este arătată în tabel 4.19.

Tabel 4.19

Compoziția mixturii stocabile, în %	cu criblură	cu pietriș
Nisip 0 - 7	10...15	10...15
Pietriș 7 - 16	-	80...90
Criblură 8 - 16	60...70	-
Criblură 3 - 8	rest până la 100	-
Bitum rezidual	4...5	4...5

Aceste tipuri de mixturi asfaltice se folosesc pentru repararea îmbrăcăminților rutiere mai ales pe timp de iarnă.

Mixturi asfaltice stocabile cu agregate monogranulare

Doctorandul a cercetat, fabricat și experimentat mixtura asfaltică stocabilă cu agregate monogranulare care este un amestec de agregat monogranular cu emulsie bituminoasă cationică sau cu emulsie cationică și anionică.

Acest tip de mixtură asfaltică se folosește pentru repararea îmbrăcăminților rutiere mai ales pe timp de iarnă. Pentru îmbunătățirea aderenței la stratul suport și a adezivității față de agregatele naturale, emulsia bituminoasă cationică folosită la prepararea mixturii este îmbunătățită prin adaosul unui polimer, respectiv latex. Prezintă avantajul că se poate stoca timp de un an și se pune în operă la temperatura mediului ambiant.

Mixtura stocabilă cu agregate monogranulare se poate prepara în două variante:

- STOCAMIX - preparată cu emulsie bituminoasă cationică și petrosin;

- COMPOMAC - preparată cu emulsie anionică și cationică.

Compoziția mixturii stocabile tip STOCAMIX:

- criblură sort 3 - 8 sau sort 8 - 16..... 90... 95 %;
- apă de umezire..... 4... 7 %;
- bitum rezidual..... 5... 6 %;
- petrosin..... 4... 6 %.

Compoziția mixturii stocabile tip COMPOMAC:

- criblură sort 3 - 8 sau sort 8 - 16..... 90... 95 %;
- apă de umezire..... 4... 7 %;
- emulsie bituminoasă anionică (50 %)..... 3,3... 3,5 %;
- emulsie bituminoasă cationică (60 %)..... 6,7... 7 %.

Cele două emulsii bituminoase trebuie să asigure 5...6 % bitum rezidual în mixtura asfaltică stocabilă.

Important: în cazul mixturii asfaltice tip COMPOMAC (fig. 4.25), după umezire cu apă, se adaugă emulsia bituminoasă anionică, se amestecă bine cu agregatele și după terminarea amestecării se adaugă emulsia cationică; cele două emulsii în contact conduc la ruperea emulsiei bituminoase cationice și agregatele se anrobează cu o peliculă de bitum iar ruperea emulsiei anionice are loc mai târziu, la punerea în operă sub efectul compactării.

Fabricarea și controlul mixturilor stocabile cu agregate monogranulare

Mixturile asfaltice stocabile se prepară (fig. 4.26) astfel:

- se stabilește debitul de emulsie necesar conform dozajului;
- se dozează agregatele și se amestecă prin umezire cu 4...7 % apă pe masa de amestec;
- se pune în funcție șnecul malaxorului pentru alimentare cu agregate și pompa pentru emulsie;



Fig. 4.25 - Mixtură asfaltică stocabilă tip COMPOMAC.



Fig. 4.26 - Prepararea mixturii asfaltice stocabile.

- mixtura asfaltică stocabilă la ieșirea din malaxor se descarcă și se transportă la locul de depozitare.

Depozitarea mixturii stocabile se face în grămezi acoperite cu folii de polietilenă pentru cantități de peste 5 tone și în saci de polietilenă pentru cantități mai mici.

Controlul calității se realizează de către laboratorul de specialitate, care verifică:

- calitatea materialelor aprovizionate;
- stabilește dozajele pentru componenții mixturii asfaltice stocabile;
- controlează calitatea mixturii stocabile fabricate conform standardelor în vigoare.

Punerea în operă se face în conformitate cu " Instrucțiunile departamentale pentru prevenirea și remedierea defecțiunilor la îmbrăcămințile rutiere moderne" C.D. 98-86.

5. CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII ORIGINALE, APLICABILITATEA ȘI VALORIFICAREA REZULTATELOR OBȚINUTE

Teza de doctorat, prin tematica abordată, prezintă contribuțiile aduse la realizarea unor tehnologii rutiere "la rece", pe baza studiilor și încercărilor proprii întreprinse în laborator și corelate cu rezultatele datelor experimentate, de pe sectoarele de drum executate de-a lungul anilor, care au prezentat rezultate bune, în ceea ce privește îmbunătățirea condițiilor de circulație, în condițiile creșterii traficului din țara noastră.

Autorul s-a orientat spre tehnologiile la rece în urmă cu circa 20 de ani deoarece acestea sunt foarte eficiente din punct de vedere economic, iar din punct de vedere tehnic mixturile asfaltice preparate la rece rezolvă foarte bine necesitățile de întreținere periodică a structurilor rutiere într-o anumită etapă de exploatare a acestora.

În condițiile în care resursele financiare alocate sectorului rutier, pentru întreținere, exprimate în costuri / m², sunt insuficiente, avantajele tehnologiilor la rece sunt evidente.

Puntez doar câteva:

- mixturi asfaltice la rece fabricate în instalații LPX modificate:
 - economii de combustibil lichid, motorină 15,52 kg/t;
 - economii de energie electrică 1,36 kwh/t;
- tratamente bituminoase executate cu emulsie bituminoasă pe bază de bitum modificat:
 - realizarea lor la "rece", ceea ce permite o mai mare flexibilitate în realizarea lor;
 - posibilitatea de executare a acestora pe timp rece și umed;
 - aderență foarte bună la stratul suport în comparație cu tratamentele clasice;
- învelișuri asfaltice subțiri executate cu mixtură asfaltică la rece de tip RALUMAC:

- corectarea denivelărilor sub 2 cm;
- eliminarea fisurilor și crăpăturilor;
- mărirea rugozității suprafeței de rulare;
- reducerea poluării fonice;
- preț de cost scăzut față de covorul asfaltic subțire realizat la cald;
- reparații cu mixtură asfaltică stocabilă de tip COMPOMAC:
 - se folosește pentru repararea îmbrăcăminților rutiere mai ales pe timp de iarnă;
 - se poate stoca timp de 18 luni și se pune în operă la temperatura mediului ambiant.

Tehnologiile prezentate sunt nepoluante pentru mediul înconjurător.

Pentru a adopta și perfecționa tehnologiile la rece, a fost necesar să parcurg următoarele etape:

- aprofundarea cunoștințelor teoretice despre emulsiile bituminoase;
- studii și cercetări asupra emulsiilor bituminoase cationice cu bitum modificat;
- crearea posibilităților de fabricare pe scară industrială a emulsiilor bituminoase cu bitum modificat și a mixturilor asfaltice la rece, prin import de tehnică, precum și prin modificarea tehnicii clasice indigene;
- studii și cercetări asupra agregatelor din diverse zone ale țării;
- execuția sectoarelor experimentale și apoi a lucrărilor, practic, la scară industrială.

Eforturile pe care le-am depus s-au concretizat, în acest domeniu, într-o serie de contribuții originale pe care le menționez în continuare.

Alături de alți colaboratori din cadrul D.R.D.P. Timișoara și a Catedrei de Drumuri și Fundații din Facultatea de Construcții Timișoara am realizat în premieră în România "Instalația adaptată pentru producerea mixturilor asfaltice și la rece" pentru care am primit

Brevetul de Invenție 93981 din 30 octombrie 1987. Pentru a corespunde din punct de vedere tehnologic, am modificat instalația LPX de la Șantierul Voiteg, situat pe DN 59 Timișoara - Moravița astfel:

- am eliminat uscătorul din dotarea instalației, întrucât agregatele naturale nu mai necesită încălzirea, mixturile asfaltice obținându-se la rece;
- am introdus un rezervor pentru apă;
- am introdus un rezervor pentru emulsia bituminoasă cationică, cu rupere lentă;
- am proiectat și realizat un sistem automat de dozare a emulsiei și a apei printr-un releu de timp; am studiat și determinat timpii optimi de malaxare care au fost: 30 de secunde pentru amestecul agregatelor cu apa de umezire și 60 de secunde pentru amestecul agregatelor cu emulsia bituminoasă până la obținerea unui amestec de culoare cafenie.

Am participat la toate fazele de execuție ale fabricării mixturilor asfaltice la rece pentru strat de bază, de legătură și de uzură.

Am urmărit execuția straturilor bituminoase din anii 1986 și 1987 care s-au realizat pe DN 58B km 61 + 200 - 63 + 200, aplicându-se diferite soluții.

Am colaborat la controlul și urmărirea calității execuției pe sectoarele experimentale.

În anii 1988...1993, în calitate de șef al Laboratorului Central al D.R.D.P. Timișoara am urmărit printr-o gamă largă de încercări de laborator și observații "in situ", modul de comportare în exploatare a sectoarelor de drum astfel realizate.

Am primit împreună cu alți colaboratori certificatul 752/31 decembrie 1987 de inovator pentru "Mixtura asfaltică preparată cu emulsie bituminoasă cationică cu rupere lentă în instalația LPX".

Menționez că sectoarele experimentale executate au reprezentat o premieră pe țară în domeniul folosirii mixturilor asfaltice "la rece". Tot în calitate de șef laborator al D.R.D.P. Timișoara în perioada 1988...1993 am fost coautor la lucrarea cu titlul: "Instrucție tehnică

departamentală pentru realizarea de straturi bituminoase executate cu mixtură asfaltică preparată la rece, cu emulsie bituminoasă cationică, cu rupere lentă", instrucție care a fost aprobată de către Consiliul Tehnic al Direcției Drumurilor din București din Ministerul Transporturilor cu Indicativul DD 512 - 90.

Pentru fabricarea unei emulsii bituminoase cationice de calitate superioară am realizat în colaborare cu firma Raschig AG din Germania o foarte modernă fabrică de emulsii bituminoase cationice la Șag-Timișeni, jud. Timiș pe DN 59 Timișoara - Moravița. Am participat efectiv și am urmărit realizarea fabricii, din faza de proiectare, la execuție și până la punerea ei în funcție în anul 1996. Am urmărit ca întreaga instalație să fie complet automatizată astfel încât întregul proces tehnologic de obținere a emulsiei bituminoase cationice să fie controlat în de aproape cu cele mai moderne tipuri de control automat a dozării bitumului, apei, emulgatorilor, polimerilor și a acidului clorhidric.

Întregul proces de control al fabricii este automatizat, în acest mod fiind asigurată încadrarea lui în limitele stabilite prin controlul automat al temperaturilor și dozajelor, fapt care conduce la păstrarea constantă a calității emulsiei bituminoase.

Am asigurat, prin laboratorul fabricii de la Șag-Timișeni, verificarea parametrilor tehnologici și a calității produsului, în conformitate cu standardele românești în vigoare.

Am studiat și introdus fabricarea cu precădere în premieră pe țară a emulsiei bituminoase cationice cu bitum modificat cu polimeri folosind "latexul natural" livrat de firma Raschig AG din Germania. Am produs astfel două tipuri de emulsie cu bitum modificat cu polimeri și anume:

- emulsia bituminoasă cationică (EBMCR), cu rupere rapidă, cu bitum modificat cu polimer, pentru realizarea tratamentelor bituminoase la rece și a diferitelor altor lucrări de întreținere curentă care necesită o rupere rapidă (sub 30 de minute);

- emulsia bituminoasă cationică (EBMCL), cu rupere lentă, cu bitum modificat cu polimer, necesară pentru obținerea mixturii asfaltice tip Ralumac, folosită pentru realizarea învelișurilor asfaltice subțiri pe drumuri cu îmbrăcăminti bituminoase, din beton de ciment și pavaje.

Pentru atestarea calității emulsiilor bituminoase cationice realizate cu bitum modificat la Șag-Timișeni, am primit Acordul Tehnic 004-07/179-1998 eliberat de Comisia de Acord Tehnic în Construcții din Institutul de Cercetări în Transporturi - SC INCERTRANS SA Grupa specializată nr. 7 Drumuri și Poduri, lianți bituminoși și mixturi asfaltice.

Prin introducerea polimerului latex natural în emulsia bituminoasă cationică am obținut o îmbunătățire a calității acesteia, latexul natural având ca efect:

- creșterea coeziunii și a proprietăților elastice ale liantului;
- creșterea adhezivității față de agregatele naturale în prezența apei și la temperaturi scăzute;
- reducerea tendinței de îmbătrânire a bitumului;
- micșorarea susceptibilității termice a bitumului, creșterea rigidității la temperaturi ridicate și reducerea tendinței de fisurare la temperaturi scăzute.

Aceste calități superioare ale emulsiei bituminoase cationice cu bitum modificat cu polimeri față de cea fără polimeri au impus-o cu succes în tehnica rutieră actuală, fiind din ce în ce mai solicitată pentru realizarea covoarelor subțiri și a tratamentelor bituminoase. Finalizarea cercetărilor s-a făcut prin publicarea în 1998 a cărții "Emulsii bituminoase", autori Ioan ALEXA, Aurica BILȚIU ca rod al experienței de peste 25 de ani în producerea și folosirea emulsiilor bituminoase (132 pag., 52 fig., 21 tabele).

Pe baza studiilor efectuate am introdus începând cu anul 1996 realizarea tratamentelor bituminoase "la rece" folosind emulsia cu bitum modificat cu latex natural.

Am contribuit la execuția a peste 500 de km pe diverse drumuri naționale și județene din țară, în regiunile Timișoara, Craiova, Brașov, București, etc.

Am urmărit comportarea lor în exploatare și am demonstrat superioritatea tratamentelor bituminoase astfel realizate, tocmai datorită proprietăților speciale ale emulsiei cu bitum modificat.

Studiile și cercetările efectuate de doctorand au condus la realizarea învelișurilor bituminoase subțiri pentru asigurarea etanșeității și rugozității suprafețelor de rulare.

Am contribuit la fabricarea emulsiei cationice cu rupere lentă (EBMCL) cu bitum modificat cu polimeri, în cazul de față latex natural.

Doctorandul a efectuat studiile și a elaborat dozajele optime pentru mixtura asfaltică tip Ralumac alcătuită din cribluri sort 3 - 8 și 8 - 11, nisip de concasaj, filer de calcar, ciment P40 și emulsie bituminoasă cationică EBMCL cu rupere lentă cu bitum modificat cu polimer (latex natural) în două variante și anume:

- pentru strat de egalizare;
- pentru strat de uzură.

Am contribuit efectiv la urmărirea procesului tehnologic de fabricare a mixturii asfaltice tip Ralumac în instalația mobilă (combină).

Am urmărit punerea în operă a fiecărui strat.

Am realizat sectoare experimentale cu mixtură asfaltică la rece, tip Ralumac, atât pe îmbrăcăminți din beton asfaltic, din beton de ciment cât și pe pavaje.

Am contribuit la reabilitarea pistelor de la Aeroportul Otopeni.

Am urmărit comportarea în exploatare a sectoarelor astfel realizate în condiții diferite de climă, trafic, materiale, starea îmbrăcăminții stratului suport, fapt ce a permis alegerea și stabilirea condițiilor optime de lucru.

Am obținut Acordul Tehnic de la MLPAT - Comisia pentru Acord Tehnic în Construcții nr. 004-07/175-1998.

Domeniile de utilizare a emulsiei bituminoase cu bitum modificat au fost extinse de doctorand și la fabricarea mixturilor asfaltice stocabile.

Am participat la realizarea mixturilor asfaltice stocabile executate la rece tip COMPOMAC.

Am urmărit și controlat întregul proces tehnologic de fabricare și punere în operă a acestora.

Am primit pentru acest tip de mixtură asfaltică Acordul Tehnic nr. 004-07/098-1997.

Rezultatele obținute în activitatea de cercetare și promovare a tehnologiilor menționate au fost valorificate și prin prezentarea lor la diverse conferințe și importante conferințe în țară și străinătate.

De asemenea, valorificarea rezultatelor obținute s-a făcut și prin publicarea acestora în revista Drumuri și Poduri precum și în convolutele apărute în Zilele Academice Timișene 1997 și altele.

Totodată, la Conferința Internațională de la Bordeaux s-a prezentat o lucrare despre emulsiile bituminoase care a fost publicată.

Menționez faptul că lucrarea "Emulsii bituminoase", apărută în 1998 la Editura Mirton, conține în mod detaliat experiența acumulată și reprezintă o sinteză a cunoștințelor la zi asupra problematicii tehnologiilor la rece, pe bază de emulsii bituminoase cationice și a fost difuzată tuturor unităților interesate de la noi din țară.

BIBLIOGRAFIE

1. Alexa I. - Planificarea executării lucrărilor la SIRDSC Timișoara, prin metoda drumului critic. Lucrare de absolvire, curs de perfecționare MTTc, 1976.
2. Alexa I. - Realizarea unei îmbrăcămînți asfaltice rugoase tip clutaj. Timișoara, a II-a Sesiune de comunicări științifice a cadrelor tehnice și economice din Direcția Drumuri și Poduri Timișoara, 16 - 18 decembrie 1976.
3. Alexa I., Nicoară L., Stelea L., Lucaci Gh., Stelea Ileana, Dee V., Beke A. - Instalație adaptată pentru producerea mixturilor asfaltice și la rece. Brevet de invenție nr. 93981 din 30 octombrie 1987.
4. Alexa I., Szitar Rodica, Pașca I. - Unele considerații asupra fenomenului transmiterii fisurilor din straturile stabilizate cu lianți hidraulici în îmbrăcămînțile bituminoase, la structurile rutiere mixte. În: A 8 - a Conferință națională de drumuri și poduri, Cluj - Napoca, 5 - 6 iunie 1990, vol. Drumul și eficiența.
5. Alexa I. - Covoare asfaltice subțiri executate la rece cu emulsie pe bază de bitum modificat. Băile Herculane, A.P.D.P. Filiala Banat, Simpozion "Drumul și mediul înconjurător", 5 - 6 octombrie 1995.
6. Alexa I. - Tehnologii noi de întreținere și reparare a drumurilor (film). Voineasa, Ședința cu șefii de secție pe țară, 12 octombrie 1995.

7. Alexa I. - **Întreținerea și repararea drumurilor modernizate.** Timișoara, Simpozion Camera de Comerț și Industrie, 23 mai 1996.
8. Alexa I. - **Contribuții la realizarea unor mixturi asfaltice prin procedeul "la rece".** Referat pentru doctorat susținut la Universitatea "Politehnică" din Timișoara, Facultatea de Construcții în 2 noiembrie 1996.
9. Alexa I. - **Tratamentele și șlamurile bituminoase în tehnica rutieră.** Referat pentru doctorat susținut la Universitatea "Politehnică" din Timișoara, Facultatea de Construcții în februarie 1997.
10. Alexa I. - **Contribuții la introducerea unor tehnologii rutiere prin procedeul "la rece".** Lucrare propusă pentru premiul Anghel Saligny. Bistrița - Năsăud. Aprilie 1997.
11. Alexa I. - **Contribuții la executarea în premieră pe țară a covoarelor asfaltice subțiri din mixturi asfaltice la rece, realizate cu emulsie bituminoasă cationică, preparată cu bitum modificat, după o tehnologie modernă, în colaborare cu firma RASCHIG AG din Germania (RALUMAC).** În: Zilele Academice Timișene, vol I., 22 - 24 mai 1997.
12. Alexa I. - **Execuția tratamentelor bituminoase la rece cu emulsie bituminoasă cationică EBMCR, cu bitum modificat cu polimeri.** În: Zilele Academice Timișene, vol I., 22 - 24 mai 1997.

13. Alexa I. - Din experiența fabricării și utilizării emulsiei bituminoase cationice. Lucrare în limba franceză, trimisă la al 2 lea Congres mondial al emulsiilor bituminoase, Bordeaux, 22 - 26 septembrie 1997.
14. Alexa I., Lucaci Gh. - Aspects techniques de l'application du coulis bitumineux a froid, sur certaines routes en Roumanie. Bordeaux, France, 1997.
15. Alexa I. - Sintează documentară privind emulsiile bituminoase. Referat pentru doctorat susținut la Universitatea "Politehnică" din Timișoara, Facultatea de Construcții în decembrie 1997.
16. Alexa I., Bilțiu Aurica - Emulsii bituminoase. Editura Mirton, Timișoara, 1998.
17. Andrei R. - Metode statistice aplicate la drumuri. Editura Tehnică, București, 1983.
18. Audeon M. - Le formulateur homme-clé dans la reussite d'une émulsion. În: Routes 754/1997, Paris.
19. Babak V. G. - Principe physico-chimiques de la maitrise de la rupture des emulsions. În: Routes 754/1997, Paris.
20. Beuran Marieta, Iliescu M. - Unele aspecte privind calculul la oboseală a structurilor rutiere nerigide. În: A 8 - a Conferință Națională de drumuri și poduri, Cluj - Napoca, 5 - 6 iunie 1990, vol. Drumul și eficiența.

21. Di Benedetto H., Yan X., Chaverot P. - Caractéristiques mécaniques des enrobés au bitume et au bitume polymère (Styrelf 13). În: Bulletin de liaison, 187/oct. - nov. 1993, Paris.
22. Bilțiu Aurica - Adezivitatea lianților hidrocarbonați. În: MID - Drumuri Poduri 12/1973, București.
23. Bilțiu Aurica - Studii privind metodele de încercare a emulsiilor bituminoase cationice. Simpozion Cluj - Napoca, Soluții eficiente în construcția și întreținerea drumurilor, podurilor și căilor ferate. 2 - 3 octombrie 1987.
24. Bilțiu Aurica - Determinarea rezistenței la degradare a mixturilor asfaltice cu aparatul Los Angeles. În convolut: Simpozion Cluj - Napoca, Soluții eficiente în construcția și întreținerea drumurilor, podurilor și căilor ferate. 2 - 3 octombrie 1987.
25. Boicu M. - Mixturi tumate la rece. În: Drumuri Poduri nr. 37/1997, București.
26. Bota O., Panțel E., Iliescu M., Chira Carmen, Olteanu Carmen, Hoda G. - Dimensionarea sistemelor rutiere suple și semirigide. În: Drumuri Poduri nr. 37/1997, București.
27. Blot G. - Methode de mesure de l'état surface d'une chaussée. Présentation, applications et développements éventuels. În Bulletin de liaison, 124/mars - avril 1983, Paris.
28. Boussad N., Cornet E., Lafon J. F., Lombardi B. - Expérimentation de la grave-bitume a froid Emultech sur la RD a Saint-Gaudens. În: Routes 757/dec. 1997, Paris.

29. Le Bouteiller E. - L'émulsion de bitume, une technique mondiale. În: Routes 754/sept. 1997, Paris.
30. Brillet F. - Propriétés antiderapantes des revêtements routiers. Bilan de quatorze années de campagnes nationales de glissance. Bulletin de liaison, 134/nov. - dec. 1984, Paris.
31. Brillet F., Marsac P. - Mesure de la macrotexture des chaussées. Bulletin de liaison, 140/nov. - dec. 1985, Paris.
32. Brule B. - Les bitumes - polimeres, notion de base. În: Revue générale des routes et des aérodromes, nr. 711, din 1993.
33. Buschmann J., Freund V., Niepel U., Ruttgers G., Taeubner K. - Bitumen - emulsion, 1983, Frankfurt am Main.
34. Del Campo Fernandez J. J. - Le développement des emulsions dans les pays d'Amerique Latine. În: Routes 754/sept. 1997.
35. Champion M. - Un nouveau banc d'essai des gravilloneuses a la SEMR de Blois. În: Bulletin de liaison 136, mars - avril 1985.
36. Chervrier J. P. - Intéret et limites des méthodes de mesures nucleaires en construction routiere. În: Bulletin de liaison 140, nov. - dec. 1985.

37. Clarac A., Thouret D. - L'enrobage selectif total - Un procédé de fabrication innovant. În: Routes 754/sept. 1997.
38. Costescu I. ș.a. - Considerații asupra comportării în exploatare a unor îmbrăcăminti bituminoase executate cu agregate locale. În convolut: "Comportarea in situ a construcțiilor", Piatra Neamț, vol. 5 , 1984.
39. Costescu I. - Comportarea în exploatare a structurilor rutiere din mixturi la rece. În: Zilele Academice Timișene, 25 - 27 mai 1995, Timișoara.
40. Costescu I., Nanu P. - Tehnologii noi aplicate pentru întreținerea drumurilor folosind materiale locale din zona Orșova. În: A 8 - a Conferință națională de drumuri și poduri, Cluj - Napoca, 5 - 6 iunie 1990, vol. Drumul și eficiența.
41. Costescu I., Belc F. - Preocupări pentru valorificarea materialelor locale și subproduselor industriale în construcția și întreținerea drumurilor. În: A 8 - a Conferință națională de drumuri și poduri, Cluj - Napoca, 5 - 6 iunie 1990, vol. Drumul și eficiența.
42. Costescu I., Belc F. - Încercări periodice pentru determinarea calității unor agregate naturale. În: Zilele Academice Timișene, 22 - 24 mai 1997, Timișoara.
43. Costescu I. - Contribuții la dezvoltarea tehnologiilor de construcție a sistemelor rutiere cu materiale energo-neintensive. Teză de doctorat, Institutul Politehnic "Traian Viua" Timișoara.

44. Deneuvillers C. - Etude des interactions entre minéraux a tensioactifs cationiques. În: Routes 754/sept. 1997.
45. Durrieu F. - Caracterisation des emulsions de bitume pour enduits superficiels. În: Bulletin de liaison nr. 169/1990.
46. Dima Tatiana, Popescu Nadia, Alexa I. - Covoare asfaltice subțiri executate la rece. A IX-a Conferință Națională de Drumuri și Poduri, 6 - 7 oct.1994, Constanța-Neptun, Referate și Comunicări, vol. I, Drumuri.
47. Dorobanțu S., Jercan S. - Piste de încercări auto pentru viteze mari. În: A V - a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri, Timișoara, 1978, vol. I.
48. Dorobanțu S. - Posibilitățile de refolosire a mixturilor asfaltice uzate și îmbătrânite. În: A V - a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri, Timișoara, 1978, vol. I.
49. Dorobanțu S., Jercan S. ș.a. - Drumuri. Calcul și proiectare. Editura Tehnică, București, 1980.
50. Dorobanțu S. - Proiectare, cercetare, construcție drumuri și autostrăzi. În: A 8 - a Conferință națională de drumuri și poduri, Cluj - Napoca, 5 - 6 iunie 1990, vol. Drumul și eficiența.
51. Dorobanțu S. - Unele aspecte actuale de tehnică rutieră. În: A 8 - a Conferință națională de drumuri și poduri, Cluj - Napoca, 5 - 6 iunie 1990, vol. Drumul și eficiența.

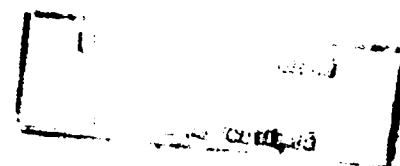
52. Durand G., Gerristen A. - Essais innovants en matiere d'emulsions. Application aux emulsions de bitume. În: Routes 754/sept. 1997.
53. Fierbințeanu M., Alexa I., Dima Tatiana, Achimescu Olga - Tehnologie de întreținere și reparare a drumurilor cu straturi subțiri la rece, cu emulsie pe bază de bitum modificat cu polimeri. Timișoara, Zilele Academice Timișene, 25 - 27 mai 1995, vol. I.
54. Fodor Georgeta, Giușcă Gabriela - Transmiterea fisurilor în îmbrăcămințile rutiere. În: Drumuri Poduri nr. 37/1997, București.
55. Giușcă Gabriela, Dascălu M. - Studiul calității bitumului modificat utilizând spectroscopia în infraroșu. În: Îmbrăcăminți rutiere moderne - seminar aprilie 1995, Cluj - Napoca.
56. Guerin G. - Le dosage en gravillons des enduits superficiels. În: Bulletin de liaison 136, mars - avril 1985.
57. Groz P. C. - Bitumes modifiés et enrobés mince. În: Revue générale des routes et des aérodromes, nt. 711 din 1993.
58. Goanță I., Grozav A. ș.a. - Studiul variabilității compoziției maselor asfaltice provenite de la Rafinăria "Petrolsub" Suplacu de Barcău. În: Zilele Academice Timișene, ediția a IV - a, 25 - 27 mai, Timișoara, 1995.

59. Giușcă Gabriela, Oprea C. - Aspecte noi privind îmbunătățirea calității bitumului rutier. În: A 8 - a Conferință națională de drumuri și poduri, Cluj - Napoca, 5 - 6 iunie 1990, vol. Drumul și eficiența.
60. Holl A. - Bitumenemulsionen in Strassenerhalt und Strassenbau. Hamburg, 1994.
61. Iliescu M. - Preocupări privind determinarea rezistenței la oboseală a straturilor din mixtură asfaltică. În: Simpozion, Comisia Drumuri, Poduri, Căi Ferate, Cluj - Napoca, 2 - 3 oct. 1987, convolut, secțiunea I.
62. Iliescu M., Damian S., Damian I. - Aparat pentru determinarea rezistenței la oboseală a mixturilor asfaltice. Brevet de invenție nr. 95949 OSIM 1988.
63. Iliescu M. - Considerations regarding the determination of the characteristics of the bituminous mixtures. Bul. I.P.C.N. - 1990.
64. Iliescu M. - Preocupări privind introducerea unor concepte noi la dimensionarea sistemelor rutiere nerigide. În: Zilele Academice Timișene, Timișoara, 1991, în convolut.
65. Iliescu M. - Contribuții la dimensionarea structurilor rutiere suple, luând în considerare rezistența la oboseală a straturilor bituminoase. Teză de doctorat, Institutul Politehnic Cluj - Napoca, 1991.

66. Iliescu M. - Preocupări privind utilizarea geosinteticelelor la încetinirea proceselor de fisurare a îmbrăcăminților rutiere. În: Zilele Academice Timișene, ediția a IV -a, 25 - 27 mai 1995, Timișoara.
67. Ionescu T. - Reciclarea asfaltului uzat. În: Drumuri Poduri nr. 34/1997, București.
68. Jeufroy G., Sauterey R. - Controles de qualite en construction routiere. Paris 1987.
69. Lafon J. F. - Enrobes a froid traités a l'emulsion de bitume répanus en couche continues. În: Bulletin de liaison nr. 136, mars - avril 1985, Paris.
70. Lafon J. F. - Retraitement a froid des chaussées a l'émulsion de bitume. Méthodologie d'étude. Suivi de réalisations et de comportement. În: Bulletin de liaison nr. 183, ian. - febr. 1993, Paris.
71. Lajoine B. - Les enduits superficiels pregravillonnees "sandwich". Bilan et evolution. În: Bulletin de liaison 187, sept. - oct., 1993.
72. Lucaci Gh. - Eficiența refolosirii mixturilor asfaltice din îmbrăcămințile bituminoase uzate. În: Simpozion, Comisia Drumuri, Poduri, Căi Ferate, Cluj - Napoca, 2 - 3 oct. 1987, convolut, secțiunea I.
73. Lucaci Gh. - Contribuții la studiul și diversificarea mixturilor asfaltice pentru îmbrăcăminți bituminoase. Teză de doctorat I.P. "Traian Vuia", Timișoara, 1986.

74. Lucaci Gh. - Soluții noi, eficiente, pentru realizarea structurilor rutiere. În: Zilele Academice Timișene, ediția a IV -a, 25 - 27 mai 1995, Timișoara.
75. Lucaci Gh., Herman A. - Gestiunea drumurilor, factor determinant în asigurarea viabilității acestora. În: Zilele Academice Timișene, 22 - 24 mai 1997, Timișoara, vol. I.
76. Marin C. G. - Metode moderne de studiu a lianților bituminoși modificați cu polimeri. În: Drumuri Poduri nr. 34/1997 București.
77. Menard J. C. - Enduits superficiels. La place de l'emulsion. În: Routes 754/sept. 1997.
78. Nicoară L. - Defecțiunile îmbrăcăminților rutiere. Tehnologii pentru prevenirea și remedierea lor. Teză de doctorat I.P. "Traian Vuia", Timișoara, 1974.
79. Nicoară L. - Curs de drumuri, vol. I-V, Institutul Politehnic "Traian Vuia", Timișoara, 1975.
80. Nicoară L., Bilțiu Aurica, Ionescu N. - Routes économiques. Routes a faible circulation. Raport național la tema VIII, al XV - lea Congres Mondial de Drumuri, Mexico, 1975.
81. Nicoară L., Munteanu V., Ionescu N. - Întreținerea și exploatarea drumurilor, Edit. Tehnică București, 1979.
82. Nicoară L. - Considerații asupra unor posibilități de îmbunătățire a stării de viabilitate a drumurilor în exploatare. În: A 6 - a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri, Brașov, 1982, în convolut.

83. Nicoară L., Bilțiu Aurica - Îmbrăcăminți rutiere moderne, Editura Tehnică București, 1983.
84. Nicoară L., Udvardy L. - Considerații cu privire la evoluția calității lucrărilor de drumuri. În: convolut: "Comportarea in situ a construcțiilor", Piatra Neamț, 1984, vol. 5.
85. Nicoară L., Păunescu M., Bob C., Bilțiu Aurica - Îndrumătorul laboratorului de drumuri, Edit. Tehnică, București, 1985.
86. Nicoară L. - Propuneri pentru o nouă concepție privind clasificarea și definirea structurilor rutiere. În: Convolut A 7 - a Conferință pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri, Pitești, 10 - 11 oct. 1986.
87. Nicoară L., Bilțiu Aurica, Stelea L., Alexa I., Stelea Ileana, Lucaci Gh. - Considerații privind producerea mixturilor asfaltice la rece, utilizând emulsia bituminoasă cationică, cu rupere lentă. A 7 - a Conferință pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri cu tema: Drumul și Energia, Pitești, 10 - 11 octombrie 1986.
88. Nicoară L., Stelea L. - Comportarea în exploatare a tratamentelor bituminoase. În convolut: "Comportarea in situ a construcțiilor", Arad, 1988.
89. Nicoară L. ș.a. - Curs - Proiectarea și construcția drumurilor. Litografia IPTV, Timișoara, 1988.
90. Nicoară L. ș.a. - Proiectarea și construcția drumurilor. Tehnologii neconvenționale. Litografia IPTV, Timișoara, 1988.



91. Nicoară L. - Întreținere, exploatare drumuri și autostrăzi. În: A 8 - a Conferință națională de drumuri și poduri, Cluj - Napoca, 5 - 6 iunie 1990, vol. Drumul și eficiența.
92. Nicoară L. - Terminologia rutieră. În: Rev. Drumuri nr. 28/1996, București.
93. Nicoară L. - Terminologia rutieră. În: Zilele Academice Timișene, 22 - 24 mai 1997, Timișoara, vol. I.
94. Nicoară L., Bilțiu Aurica - Tehnologii aplicate pentru îmbunătățirea stării tehnice a drumurilor pietruite în cadrul Direcției Regionale drumuri și Poduri Timișoara. În: Zilele Academice Timișene, 22 - 24 mai 1997, Timișoara, vol. I.
95. Poirier J. E. - Congrès mondial de l'émulsion 1997: un pas de plus vers une culture de l'emulsion. În: Routes 754/sept. 1997.
96. Popescu Nadia, Boicu M. - Unele considerații privind utilizarea bitumului modificat la execuția îmbrăcăminților bituminoase. În: Zilele Academice Timișene, Simpozion, 25 - 27 mai 1995, Timișoara.
97. Potti J. J. - Etat actuel des techniques d'utilisation des emulsions en Espagne. În: Routes 754/sept. 1997.
98. Roux D. - La recherche fondamentale dans les emulsions au service de l'industrie. În: Routes 754/sept. 1997.
99. Samanos J. - Emulsions - Evolution de la profession. În: Routes 754/sept. 1997.

100. Sauterey R. ș.a. - Efficacité et recherche routieres. În: Revue générale des routes et des aérodromes, nr. 619/1985.
101. Seiller M. - Les emulsions multiples bien représentées. În: Routes 754/sept. 1997.
102. Serfass J. P. - Axes de progres pour les enrobes a froid. În: Routes 754/sept. 1997.
103. Sbârnea E., Strat A., Ghidioi I. - Considerații privind asigurarea și urmărirea calității lucrărilor de tratamente bituminoase. În: A 8 - a Conferință națională de drumuri și poduri, Cluj - Napoca, 5 - 6 iunie 1990, vol. Drumul și eficiența.
104. Stelea L. - Considerații asupra comportării în exploatare a tratamentelor bituminoase. În: convolut: "Comportarea in situ a construcțiilor", Piatra Neamț, 1984, vol. 5.
105. Stelea L., Meciua Maria - Preocupări pentru diversificarea folosirii emulsiei bituminoase la lucrările de drumuri. A 7-a Consfătuire pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri. Pitești, oct. 1986, vol. 1.
106. Stelea L., Udvardy L., Alexa I. - Calimetria rutieră asistată de calculator. A 7 - a Conferință pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri cu tema: Drumul și Energia, Pitești, 10 - 11 octombrie 1986.
107. Stelea L., Alexa I., Szitar Rodica, Bilțiu Aurica, Meciua Maria, Dee V. A. - Temă de cercetare. Tehnologia de preparare a mixturilor asfaltice la rece, folosind ca liant emulsia bituminoasă cationică, cu rupere lentă, în instalația LPX adaptată. 1987.

108. Stelea L., Malița I., Lazie I. - Soluții eficiente privind execuția tratamentelor bituminoase pentru mărirea gradului de siguranță a drumurilor moderne. În: Simpozion, Comisia Drumuri, Poduri, Căi Ferate, Cluj - Napoca, 2 - 3 oct. 1987, convolut, secțiunea I.
109. Stelea L. - Contribuții la elaborarea unor tehnologii eficiente pentru întreținerea drumurilor. Teză de doctorat, 1991, Timișoara.
110. Stelea Ileana - Investigații pe sectoarele candidat. RO-LTPP. În: Drumuri Poduri, nr. 34, 35, 1997, București.
111. Tăutu N. ș.a. - Lărgirea gamei lianților pentru lucrările de drumuri. A 7 - a Conferință pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri cu tema: Drumul și Energia, Pitești. 10 - 11 octombrie 1986.
112. Tăutu N., Crăciunescu T. ș.a. - Dispozitiv pentru investigarea elementelor geometrice și a planeității drumurilor. În: A 8 - a Conferință națională de drumuri și poduri, Cluj - Napoca, 5 - 6 iunie 1990, vol. Drumul și eficiența.
113. Tăutu N., Muscalu R., Ilieș D. - Tehnologia de execuție a tratamentelor de regenerare folosind bitum spumat. În: A 8 - a Conferință națională de drumuri și poduri, Cluj - Napoca, 5 - 6 iunie 1990, vol. Drumul și eficiența.
114. Tran Ngoc Lan, Millon - Devigne P. - L'essai au bleu de methylene turbidimetrique.

115. Udvardy L., Micu A. - Propuneri pentru o metodologie de evaluare a eficienței soluțiilor de construcție, și întreținere a drumurilor. Aplicație informatică. În: Simpozion. Comisia Drumuri, Poduri, Căi Ferate, Cluj - Napoca, 2 - 3 oct. 1987, convolut, secțiunea I.
116. Udvardy L., Ionescu N., Micu A. - Modelarea capacității de circulație și a siguranței circulației virtuale într-o bancă de date rutiere informatizate. În: A 8 - a Conferință națională de drumuri și poduri, Cluj - Napoca, 5 - 6 iunie 1990, vol. Drumul și eficiența.
117. Udvardy L. - Principii și metode în definirea calității lucrărilor de drumuri în procesul C.T.C. În: Zilele Academice Timișene, 22 - 24 mai 1997, Timișoara, vol. I.
118. Velluet P. - Etudes d'entretien sur routes nationales. În: Revue générale des routes et des aérodromes nr. 674/1990.
119. Zafiu G. P. - Repartizatoarele - finisoare de mixturi asfaltice în tehnica de vârf. În: Drumuri Poduri Siguranța Circulației nr. 37/1997.
120. Zarojanu H. - Utilitatea folosirii indicelui de grosime la dimensionarea sistemelor rutiere nerigide. În: Construcții în transporturi, vol. XX/1970.
121. Zaroajnu H. - Preocupări pentru determinarea unui indice de grosime în cadrul diverselor metode de dimensionare a sistemelor rutiere nerigide. În: Construcții în transporturi, vol. XXV/1971.

122. Zarojanu H. - Corecția indicelui de grosime la deflexiune a sistemelor rutiere nerigide, în funcție de caracteristicile pământului din pat. În: Sesiune de comunicări ISCT, București, 1973, vol IV.
123. Zarojanu H. - Calculul traficului global echivalent. În: Sesiune de comunicări ICPTT, București, 1975, vol. IV.
124. Zarojanu H. ș.a. - Metode pentru urmărirea comportării în exploatare a structurilor rutiere. În: convolut: "Comportarea in situ a construcțiilor", Piatra Neamț, 1984.
125. Zarojanu H., Vlad N. ș.a. - Stația de încercări rutiere a Institutului Politehnic Iași. A 7 - a Conferință pe țară a lucrătorilor de drumuri și poduri cu tema: Drumul și Energia, Pitești, 10 - 11 octombrie 1986, vol. 2.
126. Zarojanu H., Boboc V., Gugiuman G., Vlad N. - Rezistența la gelivitate a agregatelor de carieră și influența asupra comportării la îngheț - dezgheț a betoanelor de ciment rutiere și a mixturilor asfaltice. În: A 8 - a Conferință națională de drumuri și poduri, Cluj - Napoca, 5 - 6 iunie 1990, vol. Drumul și eficiența.
127. Zarojanu H. - Asupra posibilității asimilării pentru sectoare de triere a elementelor de calcul din metodele Highway Manual Capacity. În: A 8 - a Conferință națională de drumuri și poduri, Cluj - Napoca, 5 - 6 iunie 1990, vol. Drumul și eficiența.
128. Syndicat des fabricants des émulsions routieres de bitumes - Les émulsions de bitumes et leurs techniques d'application. Paris, 1986.

129. * * * - Colecția de standarde de drumuri.
130. * * * - Revue générale des routes et des aérodromes - Colecția.
131. * * * - National Academy of Engineering - Effect of water on bitumen. Washington, 1968, p. 1 - 77.
132. * * * - Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées - Colecția.
133. * * * - Construction et entretien des chaussées souples. Question II. În "AI VIII - lea Congres Mondial de la Route, Bruxelles, 1987.
134. * * * - Le savoir - faire français en matière d'émulsions de bitum, Paris, 1989.
135. * * * - Système de gestion des chaussées. Rapport réalisé par un groupe d'experts scientifiques de l'OCDE, Paris, 1987.
136. * * * - Drumuri, poduri, siguranța circulației - reviste - Colecția.
137. * * * - Colecția standarde germane DIN - Germania.
138. * * * - Colecția FOCUS editată de US Department of transportation. Federal Highway administration, USA.
139. * * * - Congres mondial de l'emulsion 1997. În: Revue generale des routes nr. 754 / sept. 1997.

140. * * * - Les émulsions de bitume. Spécial W, iunie 1974.

141. * * * - Raport privind "Studiul comportării în exploatare a sectoarelor experimentale de drum realizate pe rețeaua de drumuri naționale".