

# 1. MATERIALE PENTRU CĂI DE COMUNICAȚIE TERESTRE

La construcția, reabilitarea și întreținerea căilor de comunicație terestre se utilizează mari cantități de materiale de masă (pământ, agregate naturale, inclusiv filer, și lianți). Se remarcă însă faptul că diversitatea lor este restrânsă.

Pentru buna comprehensiune a tehnologiilor utilizate la construcția și întreținerea căilor de comunicație terestre este necesară o succintă prezentare a caracteristicilor agregatelor naturale, ale filerului și lianților care se utilizează preponderent în acest domeniu de activitate.

## 1.1. Agregate naturale

Agregatele naturale sunt materiale granulare de origine minerală, provenind din sfărâmarea naturală sau artificială a rocilor. Acestea reprezintă aproximativ 85 % din masa totală a structurii rutiere, ceea ce echivalează cu 50...75 % din valoarea suprastructurii.

Se menționează în continuare câteva noțiuni legate de caracteristicile tehnice și de principiile de încercare ale agregatelor naturale în laborator.

**Granulozitatea** reprezintă compoziția procentuală a diferitelor sorturi (elementare sau granulare) care alcătuiesc agregatul natural. **Sortul elementar** ( $d_{min} - d_{max}$ ) reprezintă agregatele care la cernere rămân între două site sau ciururi consecutive din seria standardizată. **Sortul** ( $d_{min} - d_{max}$ ) reprezintă agregatele obținute în cadrul operației de sortare, conținând unul sau mai multe sorturi elementare succesive (când  $d_{min}$  este mai mic de 1 mm, sortul se notează  $0 - d_{max}$ ).

Granulozitatea agregatelor naturale trebuie să îndeplinească anumite condiții de admisibilitate. De exemplu, condițiile impuse pentru agregatele naturale de balastieră sunt precizate în tabelul 1.1.

Influența granulozității asupra calității agregatelor naturale se concretizează prin următorii factori:

- conținutul de părți fine;
- dimensiunea maximă a granulelor;
- forma curbei de granulozitate.

Tabelul 1.1

Caracteristica	Condiții de admisibilitate pentru sortul:	
	$d_{min} - d_{max}$	$0 - d_{max}$
Rest pe ciurul cu dimensiunea imediat superioară lui $d_{max}$ , %, max.	0	0
Rest pe ciurul cu dimensiunea ochiurilor $d_{max}$ , %, max.	10	10
Treceri prin ciurul cu dimensiunea ochiurilor $d_{min}$ , %, max.	10	–
Treceri prin ciurul cu dimensiunea ochiurilor imediat inferioară lui $d_{min}$ : - pentru $d_{min} \geq 7,1$ mm, %, max. - pentru $d_{min} = 3,15$ mm, %, max.	3 5	– –

Dacă procentajul de părți fine este prea mic, materialul se compactează foarte greu, volumul de goluri remanent fiind mare. Dacă conținutul de părți fine este prea mare, este necesară o umezire importantă la compactare. Conținutul de părți fine din agregatele naturale se determină ca diferența dintre masa inițială a probei și cea rezultată după separarea prin spălare a particulelor cu dimensiuni mai mici decât ochiurile unei site standardizate (pe sita de 0,09 mm pentru cribluri și de 0,63 mm pentru pietriș). Dimensiunea maximă a granulelor joacă un rol important, deoarece ea condiționează grosimea stratului rutier.

**Segregarea** este fenomenul de separare a granulelor după mărime, care conduce la neomogenități ce prejudiciază stabilitatea stratului rutier. Aspectul cel mai cunoscut al fenomenului de segregare este acumularea granulelor mari la baza grămezilor formate prin descărcarea autobasculantelor sau a altor mijloace de transport. Segregarea poate să apară și în cazul compactării. În acest caz, se constată uneori segregarea, fie prin urcarea granulelor de dimensiuni mai reduse, fie prin coborârea lor, după cum acestea reprezintă un procentaj prea mare, respectiv prea mic din masa agregatului total.

Umiditatea permite reducerea segregării, prin aderența granulelor fine la cele grosiere. La reducerea fenomenului de segregare o mare importanță are și limitarea dimensiunii superioare a granulelor agregatului natural total la o valoare mai mică.

**Forma curbei de granulozitate** influențează posibilitățile de compactare, segregarea și îndesarea materialului compactat. Cu cât contactele între granule sunt mai numeroase, cu atât stratul rutier este mai compact și mai stabil. Comportarea cea mai bună se obține pentru agregatele naturale cu curbe de granulozitate continue. În acest sens, s-a căutat definirea unei curbe de granulozitate ideale, sau a unei zone în interiorul căreia curba de granulozitate a materialului să fie situată în permanență pentru a corespunde domeniilor de utilizare din sectorul rutier.

Majoritatea cercetărilor întreprinse în acest domeniu au adoptat ca punct de plecare o formă analitică simplă (relația lui Talbot) pentru curba de granulozitate, și anume:

$$\frac{p}{100} = \left(\frac{d}{D}\right)^n \quad (1.1)$$

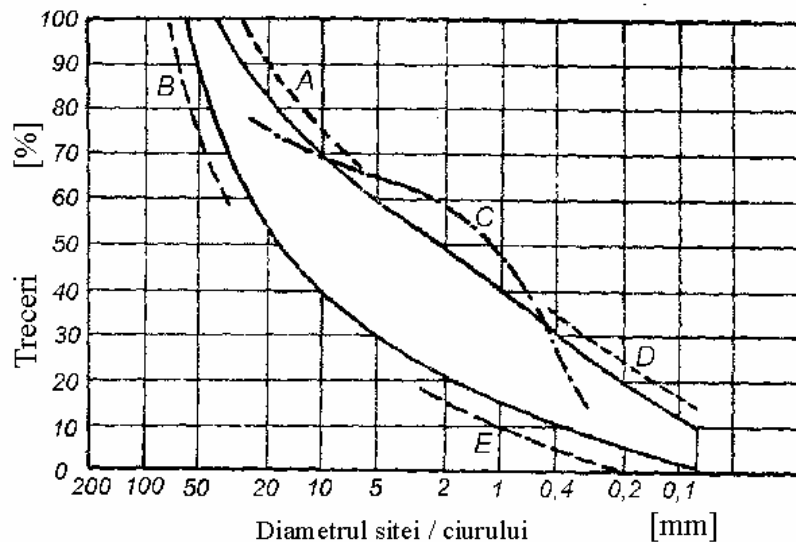
în care:

$D$  este dimensiunea maximă a granulelor, în mm;

$p$  - procentajul granulelor care trec prin ciurul cu ochiuri de diametrul  $d$ , dat în mm.

Pentru  $n = 0,5$ , ecuația lui Talbot se situează într-un caz particular, care poartă denumirea de ecuația lui Fuller. Se recomandă ca valoarea lui  $n$  să fie cuprinsă între 0,35 și 0,50, pentru a se obține amestecuri ce se pot compacta în condiții bune și care nu manifestă fenomenul de segregare.

Dacă forma curbei de granulozitate se îndepărtează de forma ideală, rezultă diferite inconveniente în comportarea materialului, dintre care se menționează următoarele (fig. 1.1):



*A* - Prea bogat în nisip - compactare foarte dificilă;

*B* - Lipsă nisip - pericol de segregare;

*C* - Concentrare nisip - instabil, compactare dificilă;

*D* - Exces de părți fine - pericol gelivitate, instabilitate;

*E* - Lipsă de părți fine - compactare dificilă.

Fig. 1.1. Influența abaterilor unei curbe de granulozitate în raport cu zona de granulozitate de referință.

- o curbă foarte orizontală în partea sa superioară (fig. 2.1, A) indică o granulozitate a elementelor grosiere foarte etalată, care conduce la apariția fenomenului de segregare la punerea în operă și la o compactare dificilă;

- în cazul unei curbe relativ verticale în partea sa superioară (fig. 2.1, B), granulozitatea elementelor grosiere este restrânsă, ceea ce conduce la îngreunarea compactării, realizarea unei compactități insuficiente, atriție puternică și permeabilitate excesivă;

- dacă din curba de granulozitate rezultă un minus de nisip grosier și un excedent de nisip fin (fig. 2.1, C), se poate trage concluzia că materialul se compactează dificil, iar stratul rutier va fi instabil și deformabil;

- excedentul de părți fine (fig. 2.1, D) arată că gelivitatea și sensibilitatea la apă a materialului sunt ridicate;

- o curbă atestând o lipsă a părților fine (fig. 2.1, E) indică o compactare dificilă, decompactarea producându-se ușor sub efectul traficului sau al secetei.

Se menționează faptul că, în exploatare, sub efectul forțelor dinamice datorate traficului și în special traficului greu, agregatele naturale pot suferi diverse modificări de granulozitate, prin spargerea acestora, abraziune și o rearanjare a granulelor. Deci, este posibil să se schimbe într-o oarecare măsură forma curbei de granulozitate, fenomen care este mai evident în cazul agregatelor naturale cu o duritate redusă și în situația drumurilor pietruite.

După granulozitate agregatele naturale se pot clasifica astfel:

- cu granulozitate continuă, în care se găsesc toate sorturile elementare;

- cu granulozitate discontinuă, la care lipsesc unul sau mai multe sorturi elementare;

- monogranulare, la care granulele au aceeași mărime sau sunt cuprinse între două limite de granulozitate apropiate.

De asemenea, se menționează în literatura de specialitate clasificarea următoare:

- granulozitate etalată, dacă  $D_{15}/D_{85} > 20$  (granulele agregatului total se grupează pe o suită lungă de site sau ciururi succesive);

- granulozitate restrânsă, dacă  $D_{15}/D_{85} = 2,5 \dots 5$  (granulele agregatului total se grupează între ciururi apropiate).

$D_{15}$ , respectiv  $D_{85}$  sunt dimensiunile ciururilor care rețin 15 %, respectiv 85 % din masa materialului.

Cu cât agregatul natural este mai neuniform, cu atât este favorizată aranjarea granulelor în timpul punerii în operă și obținerea unei compactități corespunzătoare. Punerea în evidență se efectuează prin calcularea **coeficientului de neuniformitate**, cu relația următoare:

$$U_n = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad [-] \quad (1.2)$$

în care:

$d_{60}$  ( $d_{10}$ ) este diametrul ochiului ciurului sau latura ochiului sitei prin care trec 60 % (10 %) dintre granulele din masa probei analizate pentru verificarea granulozității, determinat de pe curba de granulozitate, în mm;

**Condiția de filtru invers** pentru agregatele naturale se verifică tot cu ajutorul curbei de granulozitate, prin inegalitatea:

$$d_{15} < 5d_{85} \quad (1.3)$$

în care:

$d_{15}$  ( $d_{85}$ ) reprezintă diametrul ochiului ciurului sau latura ochiului sitei prin care trec 15 % (85 %) din masa probei analizate (material granular pentru  $d_{15}$  și pământ acvifer pentru  $d_{85}$ ), determinat de pe curba de granulozitate, în mm.

Pentru agregatele naturale utilizate în straturi sau substraturi de fundație, se verifică **înălțimea capilară**. Înălțimea capilară este nivelul maxim până la care se ridică

apa prin capilaritate în porii materialului, deasupra nivelului apelor subterane. Este necesar ca grosimea stratului rutier de fundație să fie mai mare decât înălțimea capilară.

**Forma granulelor** se caracterizează prin media valorilor rapoartelor  $b/a$  și  $c/a$ , în care  $a$  este lungimea,  $b$  este lățimea și  $c$  este grosimea granulelor supuse încercării. De asemenea, forma granulelor poate fi apreciată prin determinarea coeficientului de formă egal cu suma procentajului de granule plate și a procentajului de granule aciculare din masa agregatului natural analizat. Încercarea se efectuează cu ajutorul șublerului modificat.

Pentru agregatele naturale obținute prin concasare, este interesant să se determine și următoarele caracteristici de care se leagă comportarea în exploatare a stratului rutier executat:

- **gradul de spargere** reprezintă procentajul de granule cu peste 80 % suprafață rezultată prin spargere, din cantitatea totală de granule ale materialului, și se determină pe sorturile  $d_{min} - d_{max}$ , la care  $d_{min} \geq 7,1$  mm;

- **indicele de concasaj** reprezintă procentajul de granule provenite din concasarea fracțiunilor mai mari decât  $d_{max}$  din materialul inițial și caracterizează sorturile  $0 - d_{max}$ .

Este deosebit de important, pentru a se putea executa lucrări de bună calitate, să se respecte o serie de condiții tehnice legate de curățenia materialelor de masă care intră în componența straturilor rutiere. În acest sens se verifică conținutul de impurități (corpuri străine, humus, mică liberă, cărbune și sulfați) și părți levigabile din agregatele naturale utilizate la lucrările de drumuri.

**Echivalentul de nisip (EN)** este caracteristica agregatului natural care pune în evidență proporția de părți fine argiloase din nisip, prin separarea părților silicioase de fracțiunea fină argilooasă, prin spălare energetică și sedimentarea materialului cu ajutorul unei soluții foarte active (clorură de calciu). Calculul se efectuează cu relația următoare:

$$EN = \frac{h_2}{h_1} 100 \quad [\%] \quad (1.4)$$

în care:

$h_2$  este nivelul superior al granulelor sedimentate, în mm;

$h_1$  - nivelul superior al suspensiei de argilă, în mm.

Prin **coeficientul de activitate al nisipului de concasaj** se pune în

evidență proporția de părți fine nealterate din nisipul de concasaj. Pentru aceasta, părțile fine argiloase alterate sunt aduse în suspensie într-o soluție de silicat de sodiu, după care se determină echivalentul de nisip al materialului lipsit de fracțiunea argilooasă, numit, în acest caz, echivalent de nisip modificat (ENM). Pentru calculul coeficientului de activitate, se aplică relația următoare:

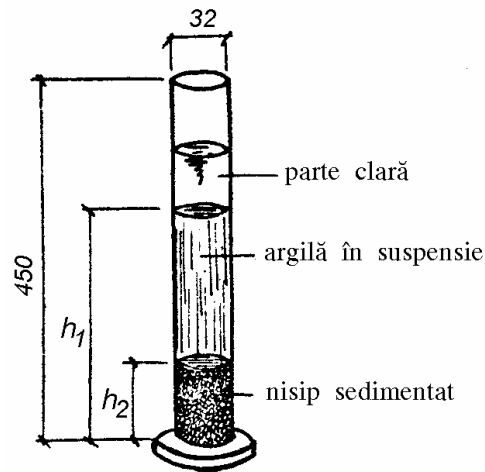


Fig. 1.2. Determinarea echivalentului de nisip.

$$CA = \frac{ENM}{EN} \quad [-] \quad (1.5)$$

în care:

$$ENM = \frac{h'_1}{h'_2} \times 100 \quad [\%] \quad (1.6)$$

unde:

$h'_1$  este nivelul superior al suspensiei de părți fine, nealterate, în mm;

$h'_2$  - nivelul superior al nisipului, în mm.

Dintre caracteristicile care depind de natura și calitatea rocii din care provine agregatul natural, se mai menționează următoarele:

- **rezistența la sfărâmare a pietrei sparte în stare naturală**, care se determină pe fracțiunea 31,5...50,0 mm. Proba de agregat natural saturată se introduce într-un cilindru cu piston standardizat, care se încarcă cu o presă hidraulică până la o forță de 400 kN. Rezistența la sfărâmare se calculează astfel:

$$R_{sa} = \frac{m_1}{m} 100 \quad [\%] \quad (1.7)$$

în care:

$m_1$  este masa materialului rămas pe ciurul cu ochiuri rotunde de 10 mm, după efectuarea încercării, în g;

$m$  - masa inițială a probei, în g;

- **rezistența la sfărâmare prin șoc mecanic a pietrei sparte în stare uscată**, care se determină pe fracțiunea 31,5...50,0 mm cu ciocanul Föppl. Proba se introduce în cilindru de oțel al aparatului, după care se așază pistonul normat și se aplică asupra sa 20 de lovituri cu berbecul de 50 kg, de la 500 mm înălțime. Calculul rezistenței la sfărâmare prin șoc se efectuează cu relația următoare:

$$R_s = \frac{m_1}{m} 100 \quad [\%] \quad (1.8)$$

în care:

$m_1$  este masa agregatului natural rămas pe ciurul cu ochiuri de 10 mm, după efectuarea încercării, în g;

$m$  - masa inițială a probei, în g;

- **uzura cu mașina Los Angeles**, care se determină pe probe standardizate, funcție de sortul analizat. Încercarea se efectuează cu aparatul prezentat în fig. 1.3. Proba de material uscat este introdusă într-un cilindru de oțel (diametrul de 711 mm și lungimea de 508 mm), împreună cu o încărcătură abrazivă cu masa corespunzătoare sortului testat, și este supusă uzurii prin frecare timp de 500...1 000 rotații (funcție de sort) ale cilindrului, cu o viteză constantă de 30...33 rotații/minut. Uzura Los Angeles se determină cu relația următoare:

$$LA = \frac{m_1 - m_2}{m_1} 100 \quad [\%] \quad (1.9)$$

în care:



Fig. 1.3. Aparat Los Angeles.

coeficientului de calitate, determinat cu relația:

$$C_c = \frac{40}{U_d} \quad [-] \quad (1.10)$$

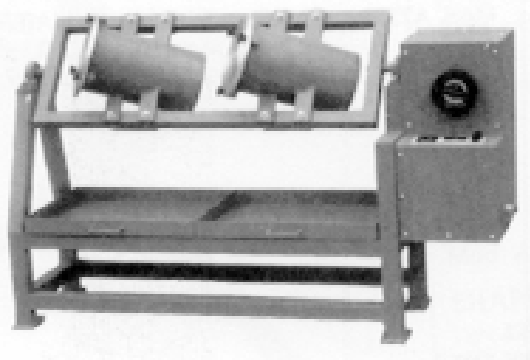


Fig. 1.4. Aparat Deval.

acesteia timp de 4 h în apă la temperatura de 15...25 °C.

În general, agregatele naturale pentru drumuri trebuie să provină din roci stabile, adică nealterabile la aer, apă sau îngheț. Nu se admit agregate naturale din roci feldspatice sau șistoase și nici din roci care conțin corpuri străine vizibile.

Ca aspect, se examinează dacă agregatele naturale sunt pămâtoase (când conțin argilă, granulele se lipesc între ele și luate în mână nu curg ușor printre degete), dacă sunt

$m_1$  este masa inițială a probei, în g;

$m_2$  - masa restului pe ciurul de 1,6 mm, după spălare și uscare, în g;

- **uzura cu mașina Deval**, determinată pe 100 granule din sortul 31-50, care se introduc în număr egal (50 bucăți) în cei doi cilindri ai aparatului (fig. 1.4). Uzura de datorează frecării granulelor între ele și mai puțin frecării cu suprafața netedă a pereților aparatului, pe durata a 10 000 rotații (30...34 rotații/minut). Uzura cu mașina tip Deval  $U_d$  se calculează cu relația (1.9), în care  $m_2$  este masa restului pe ciurul de 2 mm, după spălarea și uscarea materialului încercat. Evaluarea rezultatelor se face prin calculul

în care:

$U_d$  are semnificația sus-menționată, în %;

- **rezistența la îngheț-dezghet**, stabilită prin determinarea pierderii de masă (coeficient de gelivitate  $\mu_g$ ) sau creșterii uzurii Los Angeles (sensibilitate la îngheț  $\eta_{gl}$ ), față de caracteristicile inițiale, pentru agregatul natural supus la 25 sau 50 cicluri de îngheț-dezghet.

Un ciclu de îngheț-dezghet constă în menținerea probei saturate timp de 4 h la temperatura de -15...-19 °C, urmată de păstrarea

sau nu aspre și dacă au sau nu muchii vii. Pentru granule cu  $d_{min} \geq 7,1$  mm se va observa dacă roca din care provin este omogenă și dacă prezintă stratificații.

Agregatele naturale provenite prin sfărâmarea naturală a rocilor sunt denumite **agregate naturale de balastieră**, iar cele provenite din sfărâmarea manuală sau mecanică a bolovanilor sau a pietrei brute de carieră, formează grupa **agregatelor naturale și a pietrei prelucrate pentru drumuri**.

În tabelul 1.2 este prezentată sintetic clasificarea agregatelor naturale pentru drumuri.

### 1.1.1. Agregate naturale de balastieră

Agregatele naturale de balastieră (nisip, pietriș, balast) pot fi neprelucrate sau prelucrate prin spălare, sortare, concasare (pentru corecția granulozității), conform necesităților impuse de lucrările la care urmează a fi utilizate. Ele se găsesc în albiile râurilor, în balastiere și în unele depozite naturale izolate.

Agregatele naturale de balastieră servesc la executarea îmbrăcăminților, a straturilor de fundație și de bază din alcătuirea structurilor rutiere, precum și la executarea pietruirilor. De asemenea, se folosesc la prepararea betoanelor și a mortarelor de ciment utilizate la lucrările de încadrare a îmbrăcăminților, de protejare a taluzurilor și dispozitivelor de scurgere a apelor de suprafață, precum și la executarea lucrărilor de artă (poduri, viaducte, tuneluri, ziduri de sprijin etc.).

Caracteristicile care se testează pentru fiecare categorie și sort de agregat natural, atât pentru verificările de lot cât și pentru cele periodice, sunt menționate în tabelul 1.3.

Verificarea calității agregatelor naturale se face pe loturi constituite din același fel de agregat și sort de max. 200 t pentru materiale cu  $d_{max} \leq 7,1$  mm și de max. 400 t pentru materiale cu  $d_{max} > 7,1$  mm, prin verificări de lot și verificări periodice.

Verificările periodice se efectuează la intervale de maximum doi ani pentru exploatarea cu o producție anuală mai mică de 400 000 m<sup>3</sup> și la intervale de maximum un an pentru celelalte exploatarea.

**Prelevarea probelor** pentru verificările de lot are ca scop formarea unei probe alcătuite din cel puțin cinci probe elementare, luate din locuri diferite (dacă materialul este încărcat direct în mijloacele de transport), astfel încât să se obțină o probă cât mai reprezentativă.

Pentru efectuarea verificărilor periodice se formează o probă alcătuită din cel puțin 20 probe elementare prelevate din locuri diferite, din toată grosimea stratului de material după decapare.

Pentru prelevarea probelor elementare se sapă materialul pe toată adâncimea de exploatare, iar punctele de prelevare trebuie astfel alese încât să cuprindă întreaga zonă și să asigure obținerea unei probe reprezentative.

Mărimea probelor elementare se alege astfel încât suma acestora să fie egală cu cel puțin de patru ori proba medie obținută prin metoda sferturilor, care trebuie să fie:

- pentru verificările periodice: 25 kg pentru nisip, 150 kg pentru pietriș și 200 kg pentru balast;
- pentru verificările de lot: 20 kg pentru nisip, 100 kg pentru pietriș și 150 kg pentru balast.



Clasificarea agregatelor naturale Tabelul 1.2

Agregate naturale (grele) și piatră prelucrată	Agregate naturale și piatră prelucrată	Agregate naturale sfărâmate artificial	Nisip 0...7 mm (sorturi curente de livrare: 0-3; 3-7 și 0-7) Pietriș 7...71 mm (sorturi curente de livrare: 7-16; 7-20; 7-31; 7-40; 16-31 și 16-40) Balast 0...71 mm (sorturi curente de livrare: 0-16; 0-20; 0-31; 0-40 și 0-71) Bolovani 71...160 mm	Tip dobrogean: 180 x 120 x 130 mm Tip transilvănean: 170 x 170 x 130 mm	Pavele normale: (120...160) x (80...110) x (110...130) mm Pavele abnorme: 90 x 90 x 90 mm din care o treime: (70...80) x (70...80) x 90 mm
					Piatră prelucrată (fasonată) pentru pavaje
Agregate naturale și piatră prelucrată	Agregate naturale și piatră prelucrată	Agregate naturale sfărâmate artificial	Tip dobrogean: 180 x 120 x 130 mm Tip transilvănean: 170 x 170 x 130 mm	Calupuri: 90 x 90 x 90 mm din care o treime: (70...80) x (70...80) x 90 mm	
				Butise și butise pentagonale	
Agregate naturale și piatră prelucrată	Agregate naturale și piatră prelucrată	Agregate naturale sfărâmate artificial	Tip dobrogean: 180 x 120 x 130 mm Tip transilvănean: 170 x 170 x 130 mm	Borduri: <ul style="list-style-type: none"> <li>300 x 150 x 250 mm</li> <li>400 x 300 x 250 mm</li> <li>500 x 300 x 250 mm</li> <li>300 x 130 x 130 mm</li> <li>300 x 180 x 180 mm</li> </ul>	
				Piatră brută: <ul style="list-style-type: none"> <li>Pentru fundații și pereuri: (140...180) x (140...180) x (80...150) mm</li> <li>Pentru pavaje și acostamente: (100...200) x (100...200) x (160...200) mm sau (80...160) x (180...160) x (120...160) mm</li> </ul>	
Agregate naturale și piatră prelucrată	Agregate naturale și piatră prelucrată	Agregate naturale sfărâmate artificial	Tip dobrogean: 180 x 120 x 130 mm Tip transilvănean: 170 x 170 x 130 mm	Piatră spartă: <ul style="list-style-type: none"> <li>Savură: sort 0-8</li> <li>Split: sorturi de livrare 8-16; 16-25 și 25-40</li> <li>Piatră spartă mare pentru drumuri: sorturi 40-63 și 63-90</li> <li>Piatră spartă pentru căi ferate: sorturi 31-63 și 25-63</li> <li>Piatră spartă pentru beton de ciment: sort 25-40</li> </ul>	
				Criblură: sorturi de livrare 3-8; 8-16 și 16-25 Nisip de concasaj: sort 0-3	

Tabelul 1.3

Caracteristica	Nisip	Pietriș	Balast
Natura petrografică și mineralogică	da	da	da
Conținutul de fracțiuni sub 0,02 mm	da	-	da
Granulozitatea	da <sup>1)</sup>	da <sup>1)</sup>	da <sup>1)</sup>
Coeficientul de neuniformitate	da	-	da
Condiția de filtru invers	da <sup>1)</sup>	-	-
Conținutul de impurități			
- corpuri străine	da <sup>1)</sup>	da <sup>1)</sup>	-
- humus	da	-	-
- mică liberă	da	-	-
- cărbune	da	-	-
- sulfati	da	-	-
Conținutul de fracțiuni sub 0,63 mm	-	da	-
Părțile levigabile	da <sup>1)</sup>	da <sup>1)</sup>	-
Echivalentul de nisip	da <sup>1)</sup>	-	da <sup>1)</sup>
Coeficientul de permeabilitate	da	-	da
Înălțimea capilară	-	-	da
Forma granulelor			
- valori medii b/a și c/a	-	da	-
- conținut de granule plate și aciculare	-	da <sup>1)</sup>	-
Gradul de spargere	-	da <sup>2)</sup>	da <sup>2)</sup>
Indicele de concasaj	-	-	da <sup>2)</sup>
Rezistența la strivire a agregatelor în stare saturată	-	da	-
Rezistența la îngheț-dezghet	-	da	-
Uzura cu mașina Los Angeles (LA)	-	da	da

1) verificări de lot;

2) verificări de lot care se efectuează numai dacă agregatele naturale sunt obținute prin concasare.

Condițiile tehnice de calitate pe care trebuie să le îndeplinească agregatele naturale de balastieră sunt stabilite în funcție de natura lucrărilor la care urmează să fie folosite și sunt prezentate succint în continuare.

**Nisipul** este agregatul natural de balastieră, neprelucrat sau prelucrat prin sortare și spălare, cu granulozitate 0...7,1 mm. Sorturile de livrare sunt: 0-3; 3-7 și 0-7.

Nisipul se folosește în principal pentru executarea straturilor rutiere izolatoare și din nisip stabilizat cu ciment sau cu lianți puzzolanici, pentru realizarea macadamurilor și a pavajelor, pentru prepararea mixturilor asfaltice și a betoanelor de ciment și pentru realizarea stratului de repartiție la căile ferate.

**Pietrișul** este agregatul natural de balastieră cu granulozitatea 7,1...71,0 mm, selecționat în sorturi și calități după domeniul de utilizare. Sorturile folosite sunt: 7-16; 7-31; 7-40; 16-31 și 16-40. Pietrișul 7-16 este denumit și mărgăritar.

Pietrișul este folosit la executarea straturilor rutiere prin stabilizare cu ciment sau cu lianți puzzolanici, pentru prepararea betoanelor de ciment și a mixturilor asfaltice etc. În anumite condiții, pietrișul poate fi folosit la realizarea prismeii căii.

**Balastul** este agregatul natural de balastieră constituit dintr-un amestec de nisip și pietriș cu granulozitatea 0...71 mm. Sorturile de livrare sunt 0 – 16; 0 – 20; 0 – 31; 0 – 40 și 0 – 71.

Balastul se folosește în special pentru executarea straturilor rutiere de fundație, anticapilare, izolatoare și din balast stabilizat cu ciment sau cu lianți puzzolanici, pentru prepararea mixturilor asfaltice și a betoanelor de ciment, pentru întreținerea drumurilor pietruite etc.

**Bolovanii** au forme rotunjite, cu dimensiunile cuprinse între 71 și 160 mm. Ei se pot folosi la executarea fundațiilor rutiere, la încadrarea îmbrăcăminților rutiere, la ziduri de sprijin sau la producerea pietrei sparte prin concasare.

Fiecare tip de agregat natural, funcție de lucrarea la care urmează a fi utilizat, trebuie să respecte anumite condiții de calitate bine determinate prin normele și standardele în vigoare

### 1.1.2. Agregate naturale și piatră prelucrată

În categoria agregatelor naturale și a pietrei prelucrate pentru drumuri se încadrează materialele de origine minerală obținute prin extragerea și prelucrarea rocilor din zăcăminte masive, sub formă de agregate naturale sfărâmate artificial și piatră prelucrată (fasonată) pentru pavaje, în formele și dimensiunile necesare lucrărilor rutiere.

Produsele de piatră naturală folosite la lucrările de căi de comunicație terestre provin în mod obișnuit din:

- roci magmatice: granite, granodiorite, riolite, dacite, trahite, diorite, andezite, gabbrouri, bazalte, diabaze, dolerite, melafire;

- roci metamorfice: gnaise, amfibolite, cuarțite, calcare cristaline;

- roci sedimentare: calcare, gresii calcaroase, gresii cuarțoase.

Din punct de vedere chimic, clasificarea rocilor se face în funcție de conținutul de dioxid de siliciu ( $\text{SiO}_2$ ), după cum urmează:

- roci acide, cu un conținut de 65...75 %  $\text{SiO}_2$ ;

- roci neutre, cu un conținut de 50...65 %  $\text{SiO}_2$ ;

- roci bazice, cu un conținut de 40...50 %  $\text{SiO}_2$ .

În cazul folosirii agregatelor acide la prepararea mixturilor asfaltice, pentru îmbunătățirea adhezivității se utilizează substanțe tensioactive. Adezivitatea bitumului la rocile bazice este foarte bună, motiv pentru care acestea se folosesc cu precădere la prepararea mixturilor asfaltice.

În scopul realizării lucrărilor de căi de comunicație terestre de bună calitate, rocile utilizate pentru obținerea produselor de carieră trebuie să aibă următoarele caracteristici petrografice:

- să fie omogene în ceea ce privește culoarea și compoziția mineralogică;

- să nu prezinte urme vizibile de degradare fizică sau chimică;

- să nu conțină pirită, limonită sau săruri solubile;

- să nu conțină silice microcristalină sau amorfă, care să reacționeze cu alcaliile din cimenturi.

De asemenea, fiecare rocă trebuie să îndeplinească anumite condiții legate de caracteristicile fizico-mecanice, funcție de tipul produsului care se urmărește a se obține.

De exemplu la drumuri și străzi, clasa rocii din care a fost produs materialul (tabelul 1.4), alături de clasa tehnică a drumului sau de categoria străzii pe care urmează să

se utilizeze materialul respectiv, sunt determinante pentru stabilirea domeniului de aplicabilitate al unui anumit agregat natural. Astfel, pavelele și calupurile pentru încadrarea îmbrăcămișilor vor fi obținute din roci de clasă B (cel puțin), criblurile și nisipul de concasaj din roci de clasă B sau C (funcție de clasa tehnică a drumului sau categoria străzii), piatra spartă, funcție de natura lucrării și importanța drumului pe care urmează să se folosească, din roci de categoria B...E, piatra brută pentru pereuri și fundații cel puțin din roci de categoria E, piatra prelucrată pentru pavaje din roci de categoria A sau B etc.

Tabelul 1.4

Caracteristica	Clasa rocii				
	A	B	C	D	E
Porozitatea aparentă la presiune normală, %, max.	3	5	8	10	10
Rezistența la compresiune, în stare uscată, N/mm <sup>2</sup> , min.	150	130	120	100	80
Uzura cu mașina Los Angeles, pe sortul 40 – 63, %, max.	18	20	22	25	30
Coeficientul de calitate, <i>min</i>	10	9	8	7	6
Rezistența la îngheț-dezghet:					
– Coeficient de gelivitate ( $\mu_{g25}$ ), %, max.	3	3	3	3	3
– Sensibilitate la îngheț ( $\eta_{L25}$ ), %, max.	25	25	25	25	25

Calitatea agregatelor naturale sfărâmate artificial și a pietrei prelucrate pentru pavaje se stabilește prin verificări periodice (la cantități similare cu cele prevăzute pentru agregatele naturale de balastieră) și verificări de lot. Verificările de lot se fac pe loturi de max. 2 000 t pentru piatra brută, max. 1 000 t pentru fiecare sort de criblură, pentru nisipul de concasaj și pentru fiecare sortiment de piatră prelucrată.

Verificările periodice presupun efectuarea tuturor încercărilor prevăzute în tabelul 1.5 în timp ce pentru verificările de lot se efectuează doar încercările 19...25 din tabelul 1.5.

Prelevarea probelor pentru verificările periodice sau de lot pe agregate naturale sfărâmate artificial se face din cinci puncte ale lotului supus verificării, alese aleator.

Mărimea probelor elementare se alege astfel încât suma acestora să fie egală cu cel puțin de patru ori proba medie obținută prin metoda sferturilor, care trebuie să fie:

- pentru verificările periodice: 75 kg dacă  $d_{max} \leq 8$  mm, 130 kg dacă  $d_{max} \leq 25$  mm și 250 kg dacă  $d_{max} \leq 90$  mm;

- pentru verificările de lot: 20 kg dacă  $d_{max} \leq 8$  mm, 75 kg dacă  $d_{max} \leq 25$  mm și 115 kg dacă  $d_{max} \leq 90$  mm.

Dacă la prima verificare se obțin rezultate necorespunzătoare, verificarea se repetă pe o probă de aceeași mărime. Dacă și în acest caz se obțin rezultate necorespunzătoare, lotul se respinge și se iau măsuri de îmbunătățire a calității.

### 1.1.2.1. Piatră prelucrată pentru drumuri

Sub formă fasonată sau cioplită, carierele livrează produse de diferite tipuri și dimensiuni, cioplite regulat pe toate fețele sau cel puțin pe cinci fețe.

Tabelul 1.5

Nr. crt.	Caracteristica	Roca	Agregate naturale sfărâmate artificial:				Piatră Prelucrată
			piatră brută	piatră spartă	cribluri	nisip de concasaj	
1	Natura și caracteristicile petrografice și mineralogice	da	da	da	da	da	da
2	Densitatea	da	da	da	da	-	da
3	Densitatea aparentă	da	da	da	da	-	da
4	Compactitatea	da	-	-	-	-	da
5	Porozitatea	da	-	-	-	-	da
6	Porozitatea aparentă la presiune normală	da	da	da	da	-	da
7	Absorbția de apă	da	da	da	da	-	da
8	Densitatea în grămadă	-	-	da	da	da	-
9	Volumul de goluri	-	-	da	da	da	-
10	Rezistența la compresiune în stare uscată, după saturare cu apă la presiune normală și după 25 cicluri de îngheț-dezgeț	da	-	-	-	-	da
11	Coeficientul de înmuiere după saturarea cu apă la presiune normală și 25 cicluri de îngheț-dezgeț	da	-	-	-	-	da
12	Rezistența la șoc mecanic	da	-	-	-	-	da
13	Uzura prin frecare (Böhme) în stare uscată cu nisip normal monogranular	da	-	-	-	-	da
14	Rezistența la sfărâmare prin compresiune în stare saturată	da	-	da	-	-	-
15	Rezistența la sfărâmare prin șoc	da	-	da	-	-	-
16	Uzura cu mașina tip Los Angeles	da <sup>1)</sup>	-	da	da	-	-
17	Coeficientul de calitate	da	-	da	-	-	-
18	Rezistența la îngheț-dezgeț	da	-	da	da	-	-
19	Forma pietrei brute	-	da	-	-	-	-
20	Aspectul pietrei prelucrate	-	-	-	-	-	da
21	Dimensiunile	-	da	-	-	-	da
22	Granulozitatea	-	-	da	da	da	-
23	Forma granulelor:						
	23.1. valori medii <i>b/a</i> și <i>c/a</i>	-	-	da	-	-	-
	23.2. coeficient de formă	-	-	da <sup>2)</sup>	da	-	-
24	Conținutul de impurități:						
	24.1. corpuri străine	-	-	da	da	-	-
	24.2. conținut de fracțiuni sub 0,09 mm	-	-	da <sup>2)</sup>	da	-	-
	24.3. argilă	-	-	-	da	-	-
25	Coeficientul de activitate	-	-	-	-	da	-

1)Pe piatră spartă 40-63

2)Numai în cazul utilizării pietrei sparte sort 25-40 la prepararea betoanelor de ciment rutiere.

Fața materialului fasonat este suprafața pe care se circulă. Baza materialului fasonat este suprafața opusă feței, iar celelalte suprafețe se numesc fețe laterale.

Fața **pavelelor și calupurilor** trebuie să fie plană, cu muchii regulate și denivelări cuprinse între 0,5 și 0,8 cm, în funcție de tipul și calitatea materialului. Baza trebuie să fie plană, paralelă cu fața și egală cu  $2/3 \dots 3/4$  din suprafața feței. Fețele laterale trebuie să fie plane și simetrice față de planele axiale verticale.

**Bordurile** trebuie să aibă fața plană, cu muchii drepte și colțuri vii (neteșite), denivelările maxime admise fiind de 1,0 cm. Baza bordurilor poate fi cioplită, iar fața laterală dinspre partea carosabilă trebuie cioplită pe  $2/3$  din înălțime, la fel ca fața de sus. Celelalte fețe laterale pot fi cioplite brut.

**Butisele** sunt pavele de formă specială folosite la marginea pavajului, având lungimea egală cu de 1,5 ori lungimea unei pavele. Cu ajutorul acestora se permite construirea pavajelor cu rosturi țesute, în cazul folosirii pavelelor normale.

**Butisele pentagonale** sunt pavele de formă specială, care se folosesc la marginea pavajelor cu pavele normale de tip transilvănean, așezate în rânduri la  $45^\circ$  având patru laturi de 17 cm și una (cea dinspre bordură) de 23...25 cm.

### 1.1.2.2. Agregate naturale sfărâmate artificial

Agregatele naturale sfărâmate artificial sunt produse în cariere prin concasarea, granulara și sortarea rocilor cu caracteristici fizico-mecanice corespunzătoare. În această categorie se înscriu: piatra brută, piatra spartă, criblurile și nisipul de concasaj.

**Piatra brută** are forme neregulate, utilizându-se în principal pentru fundații de drumuri, pereuri, anrocamente, pavaje și acostamente.

Piatra brută pentru executarea fundațiilor de drumuri (blocaje) și a pereurilor trebuie să aibă forma apropiată de un trunchi de piramidă sau de o pană, înălțimea de 140...180 mm, lungimea egală sau mai mare ca înălțimea și lățimea de 80...150 mm. Piatra cu dimensiuni necorespunzătoare nu va depăși 15 %.

Piatra brută pentru pavaje și acostamente va fi de formă poligonală cu lungimea și lățimea de 100...200 mm sau 80...160 mm și cu înălțimea de 160...200 mm sau 120...160 mm. Conținutul de piatră necorespunzătoare va fi mai mic de 15 %.

Pentru anrocamente, piatra brută trebuie livrată în blocuri, cu masa de min. 50 kg.

**Piatra spartă** se obține prin sfărâmarea pietrei brute cu ajutorul concasoarelor, urmată de sortare. Din această categorie fac parte:

- **savura** se obține în procesul de concasare simplă a rocilor dure și de duritate medie. Se folosește de regulă ca material de agregatie la executarea macadamului, livrându-se de obicei în sortul 0-8, cu max. 5 % granule care rămân pe ciurul de 8 mm. Conținutul de impurități acceptat este de max. 1,0 %;

- **splitul** rezultă din concasarea simplă a rocilor și selecționarea în sorturile 8-16; 16-25 și 25-40. Conținutul de granule mai mari decât  $d_{max}$  va fi max. 5 % și mai mici decât  $d_{min}$  de max. 10 %. Forma granulelor investigată prin coeficientul de formă (cu șublerul modificat) trebuie să fie de max. 35 %, iar conținutul de impurități maxim acceptat este de 1,0 %. Uzura Los Angeles trebuie să fie de max. 28 % pentru sortul 8-16, de max. 24 % pentru sortul 16-25 și de max. 22 % pentru sortul 25-40;

- **piatra spartă mare** se livrează în sorturile 40-63 și 63-90 și trebuie să respecte aceleași condiții de calitate ca și splitul;

- **piatra spartă sort 25–40 pentru prepararea betoanelor de ciment rutiere** are un conținut de granule mai mari de 40 mm de max. 5 %, mai mici de 25 mm de max. 10 % și mai mici de 0,09 mm de max. 0,30 %. Alte condiții de admisibilitate sunt: coeficientul de formă de max. 25 %, uzura Los Angeles de max. 22 %, coeficientul de gelivitate  $\mu_{g25}$  de max. 3 % și sensibilitatea la îngheț  $\eta_{gL25}$  de max. 25 %. Nu se admite prezența corpurilor străine;

- **piatra spartă pentru căi ferate** se livrează în două sorturi: 31-63 (calitatea I) și 25-63 (calitatea a II-a). Se utilizează pentru realizarea prismeii căii.

Piatra spartă în sectorul rutier se utilizează pentru întreținerea drumurilor pietruite, execuția straturilor de fundație, a straturilor de bază, a macadamurilor, a macadamurilor bituminoase etc., deci reprezintă unul din materialele rutiere importante. De asemenea, se poate utiliza la construcția îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment, atât pentru stratul de rezistență, cât și pentru stratul de uzură.

**Criblura** este agregatul natural alcătuit din granule de formă poliedrică, obținut prin concasare, dublă granulare și selecționare în sorturi a rocilor dure, de regulă magmatice (bazice și neutre). Sorturile de livrare sunt 3–8; 8–16 și 16–25.

În general, condițiile de calitate impuse sunt identice cu cele menționate pentru piatra spartă sort 25–40. Diferențe apar la conținutul de fracțiuni sub 0,09 mm, care este de max. 0,50...1,50 % (funcție de sort) și la uzura Los Angeles, care trebuie să fie de max. 26...30 % (funcție de clasa B sau C a rocii din care provine) pentru criblura 3–8, de max. 24...26 % pentru criblura 8–16 și de max. 22...23 % pentru criblura 16–25. Nu se admite prezența argilei în nici unul din sorturile de criblură.

**Nisipul de concasaj** este agregatul natural sfărâmat artificial cu dimensiunile 0...3,15 mm. Granulozitatea sa trebuie să fie continuă, fără corpuri străine și cu un conținut de granule mai mari de 3,15 mm de max. 5 %. Coeficientul de activitate va fi de 1,5...2,0 %, funcție de conținutul fracțiunii 0...0,09 mm.

Criblurile și nisipul de concasaj se utilizează cu precădere pentru prepararea unei mari diversități de mixturi asfaltice la cald și la rece și pentru prepararea betoanelor de ciment rutiere.

## 1.2. Filerul

Filerul este o pulbere minerală cu granulozitatea sub 0,63 mm (granule mai mici de 0,09 mm, min. 80 %), obținută prin măcinarea fină a rocilor calcaroase, a cretei brute sau prin stingerea în pulbere a varului bulgări, urmată de separarea corespunzătoare.

Principalele condiții pe care trebuie să le îndeplinească filerul utilizat la prepararea mixturilor asfaltice sunt următoarele:

- să nu reacționeze chimic cu lianții;
- să asigure o bună adezivitate a liantului pe granulele de filer;
- granulele sale să nu fie poroase, pentru a nu mări consumul de liant prin adsorbție;
- să nu adsoarbă în mod selectiv anumiți componenți ai bitumului, care să conducă la modificarea în mod necorespunzător a caracteristicilor liantului.

În aceste condiții, literatura de specialitate menționează posibilitatea utilizării ca filer și a altor pulberi minerale sau artificiale, cum sunt:

- cimentul, care este un filer foarte bun, însă, fiind mult mai scump, întrebuințarea lui nu este economică;

- pudreta de cauciuc, care îmbunătățește sensibil comportarea mixturilor asfaltice, atât la temperaturi joase, cât și la temperaturi ridicate;

- deșeurile de carbonat de calciu, care însă prezintă dificultăți de punere în operă din cauza umidității ridicate;

- pudra de zgură granulată;  
 - praful de cărbune;  
 - cenușa de termocentrală;  
 - praful recuperat de la uscătoare fabricilor de mixturi asfaltice, cu granule de până la 200 micrometri, și care poate atinge 8 % din masa agregatelor uscate.

Din studiile efectuate asupra modului de comportare a masticurilor preparate din filere diferite cu bitum, rezultă că filerul de calcar conduce la cele mai bune și cele mai eficiente rezultate și, în consecință, se recomandă utilizarea lui. Suprafața granulelor filerului proaspăt prezintă o adezivitate sporită. De aceea, este bine ca filerul să fie utilizat în primele 2...3 luni de la producerea lui.

Dintre condițiile de calitate pe care trebuie să le îndeplinească filerul, finețea este cea mai importantă. O finețe exagerată poate însă dăuna mixturii asfaltice. Granulele de mărimea particulelor coloidale măresc suprafața specifică, dar în același timp favorizează umflarea mixturilor asfaltice sub acțiunea apei, sporesc consumul de liant și îngreunează lucrabilitatea. Unele prescripții recomandă ca filerul să nu conțină particule mai mici de 0,005 mm. Pentru determinarea suprafeței specifice a filerului se întrebuințează, în general, metodele și aparatele folosite pentru determinarea fineței cimentului, cea mai răspândită fiind metoda permeametrului Blaine.

**Metoda permeametrului Blaine** permite determinarea suprafeței specifice pe baza principiului permeabilității. Aparatul Blaine (fig. 2.3) se compune dintr-un manometru prevăzut cu o duză în care se poate monta un cilindru.

În principiu, metoda constă în introducerea unei cantități de filer în cilindru între două runde de hârtie de filtru, unde este reținut cu ajutorul unei plăci perforate. Cu

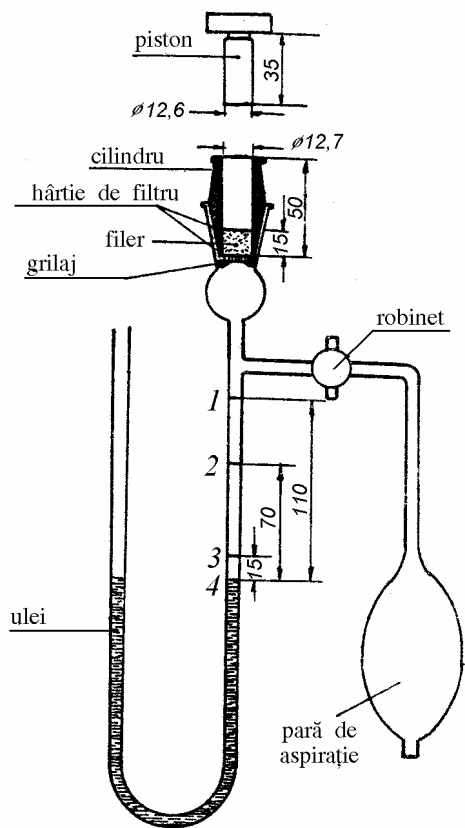


Fig. 1.5. Permeametrul Blaine.



ajutorul pistonului se delimitează volumul constant de filer în cilindru. Se obișnuiește să se lucreze cu o porozitate  $\varepsilon$  constantă (în general  $\varepsilon = 0,5$ ), dar se poate lucra și cu masa constantă. După instalarea cilindrului în duză se aspiră aerul cu para de aspirație, până când uleiul atinge reperul 1 și se închide robinetul. În acest moment, nivelul uleiului începe să coboare. Se cronometrează timpul  $t$  în care nivelul uleiului coboară de la reperul 2 până la reperul 3. Operația se repetă de 2...3 ori, după care se calculează suprafața specifică  $S$  cu formula:

$$S = \frac{K \varepsilon^3}{\gamma (1 - \varepsilon)^2} \cdot \frac{t}{\eta} \quad [\text{cm}^2/\text{g}] \quad (1.11)$$

în care:

$\eta$  este vâscozitatea aerului la temperatura de lucru, în  $\text{Ns/m}^2$ ;

$\varepsilon$  – porozitatea stratului de filer tasat;

$\gamma$  – densitatea filerului, în  $\text{g/cm}^3$ ;

$K$  – constanta aparatului;

$t$  – timpul, în s.

Aparatul Blaine permite calculul ușor al suprafețelor specifice cuprinse între 1500 și 4 500  $\text{cm}^2/\text{g}$ . Suprafața specifică a filerului este de 2 000...11 000  $\text{cm}^2/\text{g}$ , deci prezintă variații foarte mari (de exemplu, fracțiunea 0,005...0,08 mm se consideră că are suprafața specifică de 135  $\text{m}^2/\text{kg} = 1 350 \text{ cm}^2/\text{g}$ ).

În afara granulozității, analizată prin fracțiunea care trece prin sita de 0,09 mm și a suprafeței specifice, filerul de calcar trebuie să mai respecte următoarele condiții de calitate:

- umiditatea trebuie să fie de max. 2 %, iar aglomerarea lui în cocoloașe se va evita cu desăvârșire;

- conținutul de carbonat de calciu ( $\text{CaCO}_3$ ) recomandat este min. 90 %;

- densitatea aparentă după sedimentare în benzen sau toluen trebuie să fie 500...800  $\text{kg/m}^3$ ;

- coeficientul de hidrofilie, definit ca fiind raportul dintre volumul ocupat de o anumită cantitate de filer după umflare într-un mediu polar (apă) și volumul ocupat de aceeași cantitate de filer după umflare într-un mediu nepolar (petrol), trebuie să fie de max. 1,0.

Depozitarea filerului se va face în încăperi acoperite, ferit de umezeală, sau în saci așezați în stive de cel mult 10 bucăți, unul peste altul.

### 1.3. Lianți

Lianții sunt materiale naturale sau artificiale care servesc la legarea între ele a granulelor agregatelor naturale cu care se află în contact.

Lianții de bază utilizați în sectorul rutier se pot clasifica astfel:

- lianți minerali;
- lianți puzzolanici;
- lianți hidrocarbonați;
- lianți micști.

Ca și agregatele naturale, lianții trebuie să respecte anumite condiții de admisibilitate pentru a putea fi utilizați la o largă diversitate de lucrări de drumuri.

### 1.3.1. Lianți minerali

Lianții minerali sunt substanțe pulverulente care în amestec cu apa formează paste vâsco-plactice, care sub efectul proceselor fizico-chimice se întăresc în timp. După modul de comportare în mediu umed, lianții minerali sunt de două tipuri:

- \* lianți hidraulici (ciment);
- \* lianți nehidraulici (ipsos, var).

Lianții hidraulici sunt caracterizați prin faptul că priza și întărirea se produc în mediu umed și rezistă la acțiunea apei. Pe de altă parte, lianții nehidraulici în amestec cu apa formează o masă cu plasticitate ridicată, care se întărește și rezistă numai în mediul uscat.

#### 1.3.1.1. Cimentul

Cimenturile sunt lianți hidraulici obținuți prin măcinarea fină a unui singur clincher (cimenturi unitare), sau măcinarea fină a unui clincher amestecat cu adaosuri minerale active. În general, cimenturile se utilizează la o mare varietate de lucrări de drumuri, și anume:

- realizarea îmbrăcăminților rutiere din beton de ciment;
- stabilizarea unor agregate naturale pentru realizarea de straturi rutiere (de bază și/sau de fundație);
- executarea unor lucrări accesorii ale drumului (benzi de încadrare, rigole, șanțuri, borduri, parapete etc.);
- realizarea traverselor din beton;
- executarea diferitelor lucrări de artă (poduri, viaducte, tuneluri, podețe, ziduri de sprijin etc.).

Pentru executarea îmbrăcăminților rutiere rigide se pot utiliza cimenturi Portland (P40 sau P45) sau cimentul pentru drumuri (CD40), iar pentru stabilizarea unor agregate naturale în straturi rutiere, cimenturile P40, CD40 sau cimentul cu adaosuri Pa35.

#### 1.3.1.2. Varul

Varul este cel mai important liant nehidraulic utilizat în sectorul rutier. El are o utilizare mai restrânsă în sectorul feroviar. În practică, varul, care este un oxid de calciu (CaO), se obține prin decarbonatarea calcarelor (pietrei de var) cu un conținut minim de 95 % CaCO<sub>3</sub>, astfel:

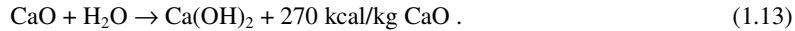


Varul bulgări pentru construcții se livrează în trei calități, conform condițiilor prevăzute în tabelul 1.6.

Tabelul 1.6

Caracteristici	Calitatea		
	S	I	II
Oxidul de calciu și magneziu (CaO + MgO) activi determinați pe probe luate în timpul încărcării lotului, %, min.	90	85	75
Oxidul de magneziu (MgO), %, max.	5	5	5
Reziduuri la stingere, %, max.	5	10	15
Randamentul în pastă, L/kg	2,4	2,2	1,6

Stingerea (hidratarea varului) constă în reacția acestuia cu apa:



La stingerea varului rezultă o mărire a volumului de 2...3 ori. Stingerea varului se poate face în pastă sau în praf. La stingerea în pastă se tratează varul cu apă în exces, iar stingerea în praf se realizează prin stropirea acestuia cu apă. Operația se poate executa manual sau mecanic.

Varul pastă se prezintă sub forma unui gel tixotrop, care își îmbunătățește proprietățile de adezivitate în timp. De aceea, se recomandă păstrarea îndelungată a varului pastă în gropi, cu condiția de a fi ferit de acțiunea bioxidului de carbon.

La stingerea varului în praf, trebuie evitată folosirea unei cantități insuficiente de apă, care ar conduce la supraarderea varului stins. Stingerea manuală se realizează prin stropirea cu apă a varului așezat într-un strat de 20 cm grosime. Peste acest strat se răspândește altul, care se stropește la rândul său. Operația se repetă până când grosimea stratului atinge 1,0...1,5 m, apoi materialul se acoperă cu un strat de nisip de 10 cm grosime și se păstrează 2...3 zile, după care se cerne prin site și se macină în mori cu bile. Stingerea mecanică se realizează în stingătoare speciale.

Se produce și **var nestins măcinat**. Acesta se obține prin măcinarea fină a varului bulgări, se depozitează în silozuri și se transportă la locul de punere în operă ambalat în saci.

Întărirea varului este consecința unui proces fizic și a unui proces chimic. Procesul fizic de întărire constă în pierderea apei din pasta de var prin evaporarea sau absorbția ei de către materialele cu care vine în contact pasta de var. Procesul chimic de întărire este de lungă durată și constă în carbonatarea pastei de var prin absorbția bioxidului de carbon din aer, astfel:



Varul se utilizează la prepararea mortarelor, la stabilizarea pământurilor coezive, ca activant al lianților puzzolanici etc.

### 1.3.2. Lianți puzzolanici

Lianții puzzolanici sunt materiale silicioase sau silico-aluminoase, care conțin compuși ce se combină cu varul sau cimentul în prezența apei la temperatura obișnuită și dau naștere unor formațiuni noi, greu solubile în apă, care manifestă proprietăți liante. Ei au apărut în tehnica rutieră ca o necesitate a înlocuirii parțiale sau totale a lianților hidraulici, cu efecte directe asupra micșorării costurilor lucrării.

Clasificarea lianților puzzolanici utilizați sau utilizabili la stabilizarea agregatelor naturale pentru executarea straturilor rutiere este prezentată în fig. 1.6.

Compușii care pot să apară în urma reacțiilor puzzolanice sunt următorii:

- \* silicatul de calciu hidratat (CSH), care se prezintă sub forma unui gel cu slabă cristalizare;
- \* aluminatul tetracalcic hidratat ( $\text{C}_4\text{AH}_{13}$ ), hexagonal;
- \* gehlenitul hidratat ( $\text{C}_2\text{ASH}_8$ );
- \* ettringitul ( $3\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $3\text{CaSO}_4$ ,  $32 \text{ H}_2\text{O}$ ) și monosulfoaluminatul ( $3\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $12 \text{ H}_2\text{O}$ ).

În cazul utilizării varului ca activant, reacțiile care au loc pot fi schematizate astfel:

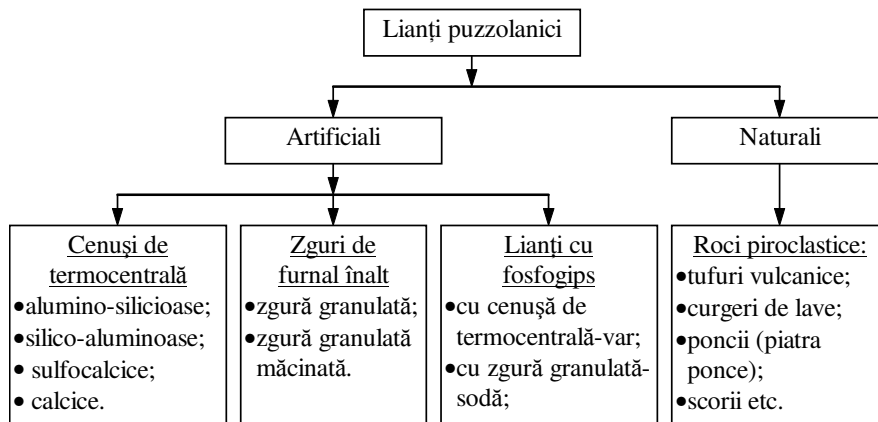
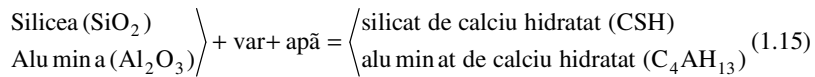


Fig. 1.6. Clasificarea lianților puzzolanici.

De regulă, apariția gehlinitului hidratat nu este posibilă deoarece toată alumina intră în reacție, regăsindu-se în aluminatul tetracalcic, în timp ce silicea se găsește integral în faza hidratată sub formă de silicat de calciu hidratat. Pe de altă parte, activarea sulfatică conduce la obținerea ettringitului, dar prezintă dezavantajul de a fi mai lentă decât activarea calcică. Din acest motiv se poate recurge la utilizarea unor activanți micști de tipul sodă-sulfat de calciu, cu toate problemele tehnologice care apar.

Calitatea lianților puzzolanici este strâns legată de caracteristicile lor fizice (suprafață specifică, dimensiunea maximă a granulei, conținutul de părți fine etc.), chimice (în special prin conținutul de CaO, SiO<sub>2</sub> și Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) și mineralogice (proporția fazei vitroase).

Dacă s-ar reprezenta într-o diagramă ternară principalii compuși chimici ai unui material puzzolanic și anume: oxidul de calciu (CaO), bioxidul de siliciu (SiO<sub>2</sub>) și trioxidul de aluminiu (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), materialele cu proprietăți liante s-ar încadra ca în fig. 1.7. Din figură se observă că cenușile sulfo-calcice și zgurile de furnal înalt, alături de cimenturile Portland, au conținut destul de ridicat de oxid de calciu (CaO).

Experimental s-a constatat că există o relație de legătură între activitatea puzzolanică și cantitatea de fază vitroasă existentă în lianții puzzolanici, și anume, cu cât cantitatea de fază vitroasă este mai mare, cu atât și materialul puzzolanic are proprietăți liante mai ridicate.

### 1.3.3.1. Cenușa de termocentrală

Cenușile de termocentrală sunt puzzolane artificiale, care rezultă ca deșeuri la arderea în suspensie de aer a cărbunilor fin măcinați. În literatura de specialitate se menționează diferite criterii de clasificare a cenușilor de termocentrală.

Cenușile de termocentrală au densitatea scheletului 2,65...2,80 g/cm<sup>3</sup>, densitatea aparentă 1,90...2,40 g/cm<sup>3</sup>, iar densitatea în stare îndesată între 0,9...1,3 g/cm<sup>3</sup>.

Granulozitatea cenușilor captate la electrofiltre la termocentralele din sud-vestul țării noastre se caracterizează prin 85...95 % treceri prin sita de 0,2 mm și 55...78 % prin sita de 0,09 mm. Granulozitatea cenușilor de haldă este mult diferită de cea a cenușilor captate de electrofiltre și însilozate, prin sita de 0,2 mm trecând numai 45...55 % din total.

Finețea cenușilor se explică și prin suprafața specifică determinată cu permeametrul Blaine. Suprafața specifică a cenușilor de electrofiltru variază între 1 800 și 5 000 cm<sup>2</sup>/g.

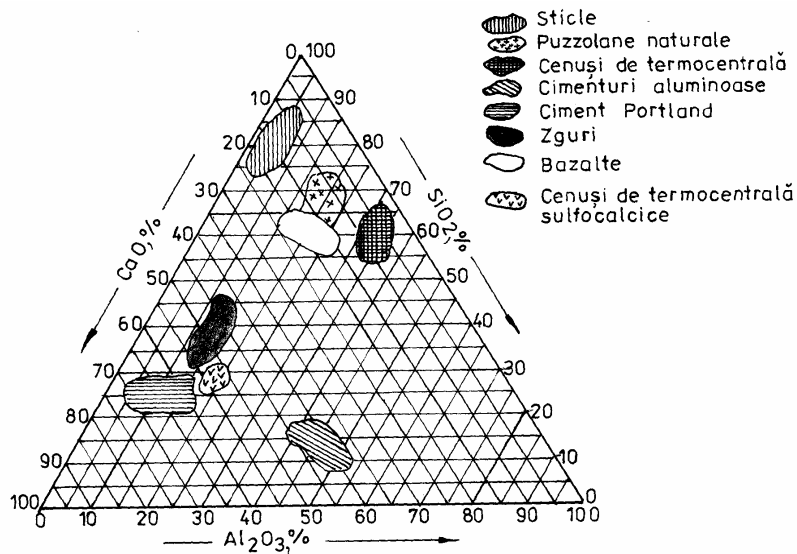


Fig. 1.7. Lianți puzzolanici în diagrama ternară cu compoziții chimice cele mai importante.

Aprecierea calității de liant a cenușilor de termocentrală se face prin indicele de activitate puzzolanică, definit în modul următor:

$$I_{ap} = \frac{A - B}{B} \quad (1.16)$$

în care:

*A* este rezistența la compresiune la 7 zile (28 zile) determinată pe epruvete cilindrice preparate din cenușă de termocentrală 90 % și ciment sau var 10 %;

*B* – rezistența la compresiune la 7 zile (28 zile) determinată pe epruvete cilindrice preparate din nisip 90 % și ciment sau var 10 %.

În funcție de valoarea indicelui de activitate puzzolanică, cenușile de termocentrală se clasifică ca în tabelul 1.7.

În general, cenușile de termocentrală de la noi din țară au indice de activitate puzzolanică mai mic de 0,50.

Tabelul 1.7

Indicele de activitate puzzolanică	Tipul cenușii
$I_{ap} < 0$	Cenușă nepuzzolanică
$0 < I_{ap} < 0,5$	Cenușă slab puzzolanică
$0,5 < I_{ap} < 1,0$	Cenușă mediu puzzolanică
$1,0 < I_{ap} < 1,5$	Cenușă puzzolanică
$I_{ap} > 1,5$	Cenușă foarte puzzolanică

### 1.3.2.2. Zgura de furnal înalt

În procesul de elaborare a fontei din minereurile feroase, rezultă ca subprodus zgura lichidă de furnal, la o temperatură de aproximativ 1 450 °C. Dacă zgura lichidă este lăsată să se răcească la temperatura ambiantă se obține zgura de haldă. Dacă zgura se răcește sub acțiunea unui jet de apă, se obține zgura granulată, iar dacă este supusă unui procedeu special de prelucrare, se obține zgura expandată.

Compoziții principale oxidice ai zgurii de furnal înalt sunt: oxidul de calciu (CaO), bioxidul de siliciu (SiO<sub>2</sub>) și trioxidul de aluminiu (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>); în cantități mici, în zgură se mai găsesc: sulfură de calciu (CaS), oxid de magneziu (MgO) și oxid de mangan (MnO).

Compoziția chimică a zgurii variază foarte mult, atât din cauza minereului, cât și din cauza calcarului folosit ca fondant, ea fiind influențată și de calitatea cerută fontei, în special în ceea ce privește oxizii metalici.

**Zgura de haldă** se obține în urma răcirii naturale a zgurii fluide în contact cu temperatura mediului ambiant. Datorită faptului că în procesul de evacuare a zgurii condițiile de solidificare diferă de la o șarjă la alta, ea prezintă diverse faze de cristalizare a componentilor, ceea ce determină un aspect neuniform al zgurii în cuprinsul haldei, de la o structură compactă până la o structură poroasă.

Zgura de haldă mai conține în diferite proporții și alte deșeuri, ca: părți metalice, nisipuri arse, bucăți de cărămizi refractare, acestea fiind încă un motiv pentru care haldele de zgură sunt neuniforme, atât ca aspect cât și ca granulație și compactitate. În general, zgura de haldă este compactă și rezistentă, deoarece se formează componente cristalini legați între ei prin resturile de topitură rămase sub formă sticloasă.

**Zgura granulată de furnal înalt** se obține prin răcirea bruscă sub acțiunea unui jet de apă a zgurii în stare fluidă (fig. 1.8). La noi în țară, granulara se realizează prin următoarele procedee:

- granulara în jet de apă, caz în care zgura topită este descărcată din cale într-un jet puternic de apă, care realizează atât granulara, cât și transportul zgurii în depozit;
- granulara în bazin, procedeu prin care zgura topită este descărcată într-un bazin în care se ridică nivelul apei și se realizează granulara;
- granulara în jet circular de apă, procedeu prin care zgura topită la ieșirea din furnal se scurge într-un canal vertical, care este prevăzut cu orificii, prin care apa sub presiune țâșnește și preia șuvoiul de zgură, realizându-se astfel granulara.

Puterea de hidraulicitate a zgurilor se determină prin coeficientul de activitate ( $\alpha$ ) cu următoarea relație:

$$\alpha = S \cdot P \cdot 10^{-3}, \quad (1.17)$$

în care:

$S$  este suprafața specifică Blaine a părților fine din zgură (< 0,08 mm), în cm<sup>2</sup>/g;

$P$  – procentul de părți fine după măcinarea în mori cu bile, în %.

Funcție de valoarea coeficientului  $\alpha$ , zgura se clasifică în clasele prezentate în tabelul 1.8.

Tabelul 1.8

Tipul zgurii	Coeficientul de activitate
Zgură cu reactivitate redusă - clasa 1	$0 < \alpha < 20$
Zgură reactivă – clasa 2	$20 < \alpha < 40$
Zgură reactivă – clasa 3	$40 < \alpha < 60$
Zgură reactivă – clasa 4	$\alpha > 60$

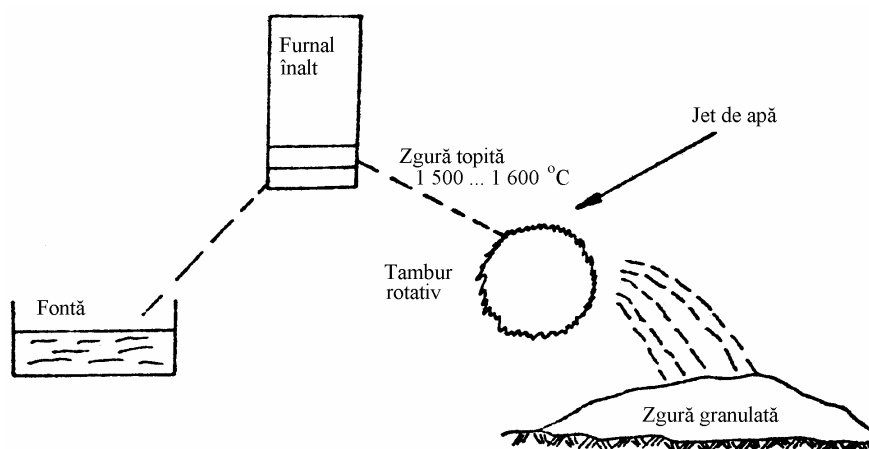


Fig. 1.8. Producerea zgurii granulate de furnal înalt.

**Zgura expandată** este un subprodus obținut prin răcirea masei topite de zgură după un procedeu special și prelucrarea ei mecanică, în stații de concasare și sortare. Spre deosebire de zgura granulată, zgura expandată nu este friabilă și are rezistențe mecanice mai bune, densitatea aparentă fiind de  $1,1 \dots 1,2 \text{ g/cm}^3$ . Se utilizează mai puțin în domeniul căilor de comunicație terestre.

### 1.3.2.3. Tuful vulcanic

Activitatea vulcanică, care s-a manifestat în decursul erelor geologice, a determinat prezența pe teritoriul țării noastre a unor importante depozite de roci naturale cu proprietăți puzzolanice, dintre acestea făcând parte și tufurile vulcanice, piroclastitele, piatra ponce etc.

Cercetările efectuate au evidențiat faptul că, sub formă de pulbere, aceste roci vulcano-sedimentare se încadrează în categoria lianților puzzolanici, definiți drept materiale care în amestec cu un activator, la temperatura obișnuită, capătă proprietăți liante.

Compoziția chimică a tufurilor vulcanice (tabelul 1.9) diferă de cea a cenușilor de termocentrală și a zgurii granulate și se caracterizează printr-un conținut mult mai ridicat de  $\text{SiO}_2$  și mult mai redus de  $\text{CaO}$ .

Tabelul 1.9

Componenți	Tufuri			
	Riolitice și riodacitice	Dacitice		Andezitice
		Cu zeoliți	–	
SiO <sub>2</sub> %	3,5...61,1	61,2...67,9	65,2...65,8	53,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	9,7...12,1	8,6...19,9	12,7...13,6	16,8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	2,3...3,4	1,8...3,7	2,2...3,2	7,3
CaO %	1,8...5,2	3,1...9,4	1,6...1,9	7,9
MgO %	0,9...1,7	1,3...1,8	1,2...1,3	4,2
Na <sub>2</sub> O %	2,4...2,8	0,3...2,6	2,3...2,4	2,4
K <sub>2</sub> O %	2,0...2,8	0,9...2,8	2,2...2,3	0,8
P.C. %	8,2...6,3	5,7...13,7	6,8...8,6	2,8

Activitatea puzzolanică a tufurilor vulcanice se manifestă prin reacțiile puzzolanice care au loc, silicea și alumina din compoziția acestora combinându-se cu varul, în prezența apei formând produși de hidratare, dintre care principalii sunt aluminatul tetracalcic hidratat și silicatul de calciu hidratat.

Compoziția mineralogică și chimică diferită a tufurilor vulcanice determină diferențieri ale reacției puzzolanice a acestor lianți.

#### 1.3.2.4. Lianți cu fosfogips

Fosfogipsul este un deșeu industrial cu proprietăți hidraulice, ce rezultă la combinatele chimice în urma preparării îngrășămintelor chimice. Se depozitează în haldă. Fosfogipsul de haldă este un material granular (95 % fracțiuni sub 0,2 mm, 70 % sub 0,05 mm și 5 % sub 0,02 mm, de culoare gri-gălbuie și cu aciditate ridicată ( $pH = 2...3$ ). Din punct de vedere chimic și mineralogic, fosfogipsul conține circa 95 % sulfat de calciu dihidratat ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), iar restul de 5 % constituie impurități, dintre care se evidențiază acidul fosforic și acidul sulfuric. Densitatea fosfogipsului este cuprinsă între 2,25 și 2,40 g/cm<sup>3</sup>. Se utilizează rar în domeniul căilor de comunicație terestre

#### 1.3.3. Lianți hidrocarbonați

Lianții hidrocarbonați sau bituminoși sunt amestecuri complexe de hidrocarburi de origine naturală sau obținute prin pirogenare, însoțite deseori de combinațiile lor cu oxigenul, azotul, sulfurul etc. În categoria lianților hidrocarbonați se încadrează bitumul și gudronul.

Bitumul se găsește în stare naturală sau poate fi preparat prin distilarea fracționată a anumitor țiteiuri și derivate naturale ale acestora. Bitumul este solubil în sulfură de carbon.

**Bitumul natural** se găsește asociat cu diferite substanțe minerale și, în acest caz, se numește rocă asfaltică (asfalt natural sau nisip bituminos).

Cele mai cunoscute bitumuri naturale sunt bitumul de Trinidad (56 % bitum pur), bitumul de Bermudez din Venezuela (96 % bitum pur), bitumul din Marea Moartă (98 % bitum pur) etc. La noi în țară se exploatează bitum natural impregnat cu nisip, în bazinul Derna-Tătăruș-Voivozi (jud. Bihor). Acest bitum, în proporție de 10...20 % din masa nisipului bituminos, este de consistență foarte redusă și de aceea trebuie prelucrat în mod special pentru a se obține un bitum corespunzător pentru executarea diferitelor lucrări



rutiere. Se mai găsește nisip bituminos la Matiața (jud. Prahova) cu un conținut de 8...12 % bitum.

**Bitumul de petrol** este liantul hidrocarbonat cel mai utilizat în țara noastră la construcția și întreținerea drumurilor, deoarece are calități corespunzătoare cerințelor rutiere și se poate prepara în cantități mari.

Prin distilarea fracționată a țițeiului se obțin:

- fracțiuni ușoare (benzină, petrol, petrosin);
- fracțiuni mijlocii (motorină și uleiuri);
- fracțiuni grele (păcura).

Prin încălzirea păcurei, care reprezintă 40...50 % din țiței, la o temperatură de peste 150 °C, suflându-se concomitent prin ea un curent de aer cu un anumit debit, se obțin diferite tipuri de bitumuri.

Structura bitumului este alcătuită din faza continuă (mediul dispersant), care este un ulei, și faza discontinuă (mediul dispersat), care este formată din micelle.

Cei peste 300 componenți ai bitumului de petrol se pot grupa astfel:

- uleiuri, care imprimă bitumului mobilitate și fluiditate;
- rășini, care imprimă bitumului proprietăți liante, mărindu-i elasticitatea;
- asfaltene, care imprimă bitumului vâscozitate, coeziune și stabilitate la temperatură ridicată;

- acizi asfaltogeni și anhidridele lor, care contribuie la mărirea adezivității, sub acțiunea căldurii transformându-se în rășini. Acești componenți reprezintă cantitățile cele mai mici față de ceilalți, putându-se neglija.

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

- uleiuri 40...60 %;
- rășini 18...48 %;
- asfaltene 15...35 %.

**Gudronul** rutier este un liant hidrocarbonat de culoare brună-neagră, cu consistență de la moale până la tare vâscos, obținut prin distilarea uscată a huilei

În general, gudronul are aceleași utilități ca bitumul, dar este inferior calitativ acestuia, din cauza îmbătrânirii rapide.

Chiar dacă utilizarea gudronului în tehnica rutieră este posibilă din punct de vedere tehnic, nu trebuie uitat faptul că acesta este inflamabil și deosebit de toxic. Cum în această etapă măsurile de protecția muncii în timpul lucrărilor cu gudron nu pot fi asigurate, la noi în țară s-a interzis folosirea acestuia la prepararea mixturilor asfaltice și la executarea tratamentelor bituminoase.

**Caracteristicile lianților hidrocarbonați** sunt legate de proprietățile lor de natură fizică, deoarece lianții hidrocarbonați prezintă o puternică inerție la reacții chimice.

Principalele caracteristici ale lianților hidrocarbonați se pot grupa astfel:

- \* caracteristici în legătură cu consistența;
- \* caracteristici în legătură cu plasticitatea;
- \* caracteristici în legătură cu adezivitatea.

Comportarea lianților hidrocarbonați are un caracter reologic pronunțat. Acest fenomen se manifestă prin deformații elasto-plastice, care depind de viteza cu care sunt aplicate sarcinile, de durata lor și de temperatura la care se produc acestea.

### 1.3.3.1. Caracteristici în legătură cu consistența

Prin consistență se înțelege relația de dependență dintre deformația specifică și solicitările care produc această deformație. Consistența se datorează coeziunii. Gradul de consistență al lianților hidrocarbonați în stare lichidă se apreciază prin vâscozitate.

Vâscozitatea este proprietatea fluidelor de a opune rezistență la curgere datorită frecării interioare. Pentru determinarea vâscozității se folosește vâscozimetru Engler, vâscozimetru S.T.V. (Standard Tar Viscosimeter), vâscozimetru rotativ cu cilindri coaxiali etc.

Folosind vâscozimetru Engler (fig. 1.9), vâscozitatea  $E$  se măsoară prin raportul dintre durata de scurgere  $t_1$  a unei anumite cantități de liant și durata de scurgere  $t_a$  a unei cantități egale de apă distilată, printr-un ajutoraj, la temperatura de 25 °C. Vâscozitatea  $E$  se calculează cu relația 2.28 și se exprimă în grade Engler [°E].

$$E = t_1/t_a \quad [^\circ\text{E}] \quad (1.18)$$

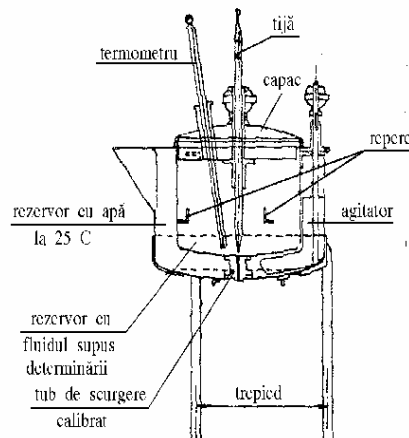


Fig. 1.9. Vâscozimetru Engler.

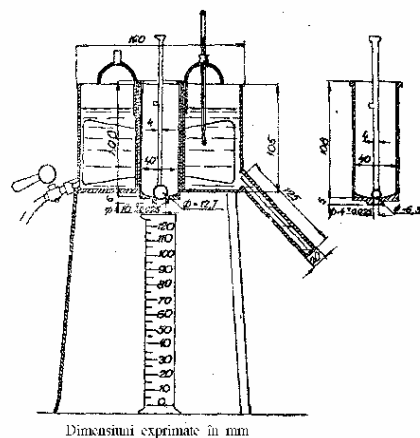


Fig. 1.10. Vâscozimetru S.T.V.

Cu ajutorul vâscozimetru S.T.V. (fig. 1.10), vâscozitatea se exprimă prin numărul de secunde necesar scurgerii unei anumite cantități de liant, la o temperatură de 25 °C, printr-un ajutoraj cu un anumit diametru (4 sau 10 mm, funcție de consistență).

Vâscozimetru Engler și S.T.V. nu se pot utiliza pentru determinarea vâscozității bitumului pur, care este solid la temperatura de încercare. Vâscozimetru Engler se utilizează pentru determinarea vâscozității emulsiilor bituminoase, iar vâscozimetru S.T.V. pentru încercări asupra emulsiilor bituminoase (cu diametrul ajutorajului de 4 mm) și asupra biturilor fluidizate (cu diametrul ajutorajului de 4 și 10 mm).

Punerea în evidență a vâscozității lianților hidrocarbonați în stare solidă se poate face prin determinarea penetrației standard la 25 °C (uneori la 15 °C sau 0 °C).

**Penetrația standard** a unui bitum este adâncimea de pătrundere în masa probei a unui ac normalizat, având masa de 100 g, la temperatura de 25 °C, timp de 5 s.

Penetrația se determină cu penetrometrul Richardson (fig. 1.11) și se măsoară în zecimi de milimetru.

**Indicele de penetrație  $IP$ ,** introdus de Pfeiffer și Van Dormaal, exprimă susceptibilitatea biturilor la temperatură, adică variația consistenței lor în funcție de temperatură. Acesta se calculează pe baza penetrației la 25 °C și a punctului de înmuiere în bilă.

Relația dintre indicele de penetrație  $IP$  și penetrația bitumului măsurată la două temperaturi este exprimată astfel:

$$\frac{\lg p_1 - \lg p_2}{T_1 - T_2} = \frac{1}{50} \cdot \frac{20 - IP}{10 + IP} \quad (1.19)$$

în care:

$p_1$  este penetrația obținută la temperatura  $T_1$ , în 1/10 mm;

$p_2$  – penetrația obținută la temperatura  $T_2$ , în 1/10 mm.

Indicele de penetrație poate fi exprimat funcție de susceptibilitatea termică, prin relația:

$$IP = \frac{20 - 500a}{1 + 50a} \quad (1.20)$$

în care:  $a$  este susceptibilitatea termică calculată cu relația:

$$a = \frac{\lg p_{IB} - \lg p_{25^\circ C}}{T_{IB} - 25^\circ C}, \quad (1.21)$$

în care:

$\lg p_{IB}$  este logaritmul penetrației bitumului la temperatura punctului de înmuiere, care poate varia între 600 și 1 000 zecimi de mm; practic, s-a luat valoarea medie de 800 zecimi de mm;

$\lg p_{25^\circ C}$  – logaritmul penetrației bitumului la, 25 °C;

$T_{IB}$  – temperatura punctului de înmuiere al bitumului respectiv.

Biturile pentru care  $IP$  variază între -1 și 1 sunt considerate normale. Cu cât indicele de penetrație este mai mare, cu atât bitumul este mai puțin susceptibil la temperatură; astfel, biturile foarte susceptibile au un indice de penetrație negativ, pe când cele mai puțin susceptibile au un indice de penetrație cu o valoare pozitivă mare.

Susceptibilitatea termică este influențată de conținutul de parafină. Parafinele sunt hidrocarburi saturate al căror punct de solidificare este cuprins în intervalul 28...72 °C.

Se menționează că biturile fără parafină sunt mai fragile la temperaturi joase (utilizarea lor se recomandă în zone climaterice calde și structuri rutiere pentru trafic greu). Biturile ușor parafinoase sunt preferabile pentru zone climaterice reci și în zonele cu un ecart mare de temperatură în timpul anului.

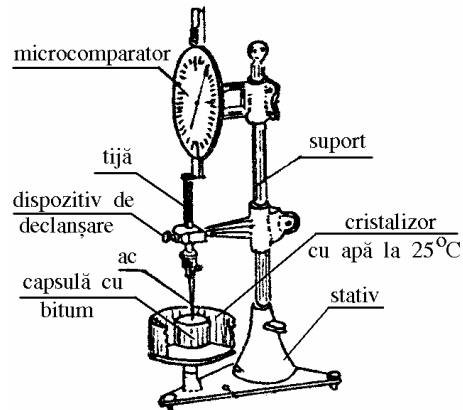


Fig. 1.11. Penetrometrul Richardson.

### 1.3.3.2. Caracteristici în legătură cu plasticitatea

Plasticitatea este proprietatea unor materiale consistente de a putea căpăta deformații permanente sub acțiunea solicitărilor, fără să se fisureze.

Lianții hidrocarbonați sunt plastici numai într-un interval de temperatură, ei trecând treptat din starea solidă în starea lichidă. Astfel, bitumul nu are un punct de topire definit, ci prezintă o curbă de înmuiere. Neavând un punct de topire precis, acesta este înlocuit convențional prin **punctul de înmuiere**, care reprezintă temperatura la care bitumul încetează de a mai fi plastic și devine lichid. Determinarea punctului de înmuiere se face prin metoda inel și bilă (I.B.).

**Metoda inel și bilă** folosește aparatul din fig. 1.12. Punctul de înmuiere inel și bilă (I.B.) este temperatura la care o bilă de oțel cu dimensiuni standard străbate o pastilă de bitum fixată într-un inel, tot ansamblul fiind încălzit într-o baie de apă. Viteza încălzirii este 5 °C/min. Dacă încălzirea se face mai rapid, punctul de înmuiere I.B. este mai ridicat, și invers.

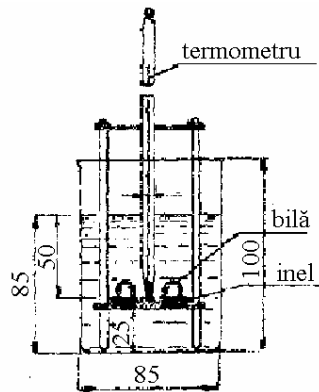


Fig. 1.12. Aparat pentru determinarea Punctului de înmuiere I.B.

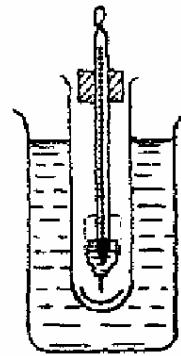
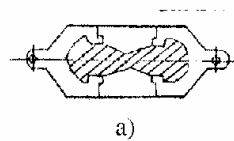


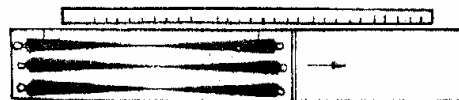
Fig. 1.13. Aparat Ubbelohde.



Fig. 1.14. Aparat Fraass.



a)



b)

Fig. 1.15. Determinarea ductilității.  
a - matriță; b - ductilometru.

Pentru aprecierea punctului de înmuiere al bitumului, în practică se mai folosește și determinarea **punctului de picurare** (Ubbelohde), cu aparatul din fig. 1.13. În această metodă, punctul de picurare se consideră temperatura la care se desprinde prima picătură de bitum topit și cade sub acțiunea propriei sale greutate. Punctul de picurare este cu circa 18 °C mai mare decât punctul de înmuiere I.B.

**Punctul de rupere Fraass** se exprimă prin temperatura la care bitumul încetează a mai fi plastic și devine rigid (fig. 1.14). O plăcuță de oțel foarte subțire, peliculizată cu bitum, este supusă la încovoiere la temperaturi din ce în ce mai scăzute, până când pelicula de bitum fisurează. Temperatura la care bitumul încetează a mai fi plastic se poate determina și prin **metoda Höepfner și Metzger**. Prin această metodă se determină **punctul de rigidizare** (H.M.), care se exprimă prin temperatura la care acul unui penetrometru special, cu diametrul de 0,5 mm, încărcat cu o greutate de 450 cN, pătrunde 0,1 mm în masa unei epruvete de bitum de 2 mm grosime, în timp de 60 s. Temperatura obținută este cu cca 5 °C mai mică decât temperatura corespunzătoare punctului de rupere Fraass.

Calitățile plastice ale unui bitum mai pot fi scoase în evidență prin încercarea de **ductilitate**. Această încercare constă în întinderea unei epruvete de bitum, pregătită cu ajutorul unei matrițe (fig. 1.15.a), într-o baie cu apă, la o anumită temperatură (fig. 1.15.b). Lungimea firului de bitum în momentul ruperii, măsurată în cm, reprezintă ductilitatea bitumului. Ductilitatea dă o imagine asupra modului de comportare a bitumului la variații de temperatură, caracterizând aptitudinea bitumului de a rezista la fisurare.

Intervalul de temperatură dintre punctul de picurare și punctul de rigidizare reprezintă **câmpul de plasticitate** al bitumului. Bitumurile bune trebuie să aibă un câmp de plasticitate cât mai mare (de circa 60...80 °C).

De asemenea, a fost definit **intervalul de plasticitate** care reprezintă diferența dintre temperatura inel și bilă și temperatura de rupere Fraass, care trebuie să fie de circa 60 °C.

Ca și susceptibilitatea, plasticitatea bitumului este influențată de conținutul de parafină, care este o substanță total lipsită de plasticitate, cristalină, cu punct de topire fix. În funcție de conținutul de parafină, bitumul devine foarte brusc fluid, sau se solidifică brusc, restrângându-se astfel în mare măsură câmpul lui de plasticitate.

### 1.3.3.3. Caracteristici în legătură cu adezivitatea

Teoretic, **adezivitatea** este forța pe unitatea de suprafață care leagă moleculele unui corp *A* de moleculele unui corp *B*. **Adezivitatea mecanică** este forța pe unitatea de suprafață necesară pentru ruperea ansamblului liant-agregat.

**Adezivitatea** este proprietatea lianților de a adera la suprafața agregatelor și de a lipi granulele între ele. Ea este cea mai importantă caracteristică a lianților. Adezivitatea este eficientă dacă se realizează pe orice fel de rocă și se menține și în prezența apei. Un liant aderă bine pe o granulă minerală dacă "udă" suprafața acesteia. Lianții hidrocarbonați, fiind în general uleioși, aderă bine numai pe suprafețe hidrofobe, motiv pentru care se recomandă folosirea agregatelor bazice.

Agregatele naturale murdare cu argilă, praf sau alte impurități, se dezanrobează sub influența apei și traficului în primele luni de la darea în circulație a stratului rutier, motiv pentru care astfel de materiale nu se vor folosi niciodată la prepararea mixturilor asfaltice.

Adezivitatea bună se manifestă, în general, pe rocile bazice. Pentru realizarea unei adezivități corespunzătoare pe orice fel de rocă, este necesară înobilarea suprafeței agregatelor naturale sau folosirea activanților.

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

- permite folosirea rocilor acide (silicioase);
- dă posibilitatea folosirii materialelor locale;
- permite executarea lucrărilor pe timp rece și umed.

În tehnica rutieră, rezistența opusă de filmul de liant la dezanrobare se numește **adezivitate pasivă**.

Dacă anrobarea este corectă, interfața continuă liant-agregat natural este foarte mare, ceea ce face neglijabilă posibilitatea ruperii interfaciale. Lucrul mecanic necesar pentru a obține o astfel de discontinuitate este foarte mare, deci în primul rând ruperea se va produce prin materialul care are coeziunea cea mai mică (liantul).

Datorită dificultăților pe care le prezintă efectuarea studiilor fizico-chimice asupra adezivității, orientările practice sunt îndreptate în principal spre efectuarea unor încercări empirice bazate pe evaluarea dezanrobării sau pe scăderea rezistențelor mecanice ale unor epruvete din mixtură asfaltică sub acțiunea apei. Aceste încercări permit:

- efectuarea studiilor comparative asupra lianților și agregatelor, stabilindu-se soluțiile cele mai eficiente;

- evitarea defecțiunilor care pot rezulta dintr-o slabă adezivitate, prin aplicarea unor tehnologii adecvate;

- verificarea eficienței metodelor de tratare a liantului sau agregatului natural, în vederea îmbunătățirii adezivității.

Ca titlu informativ se prezintă două dintre metodele de determinare a adezivității folosite în țara noastră.

**Metoda cu placa** elimină subiectivismul metodelor bazate pe aprecierea vizuală a adezivității. Potrivit metodei, bitumul încălzit la 150...160 °C se întinde într-o peliculă uniformă de 0,5 mm pe o placă metalică încălzită în prealabil în etuvă la 150 °C. Pe suprafața bitumului cald se așază cu mâna 100 de granule de agregat natural luate la întâmplare. După două ore placa se imersează de 3 ori, câteva secunde, în apă și se așază cu granulele în jos în stativul aparatului Vialit (fig. 1.16). De la înălțimea de 50 cm se lasă să cadă liber bila de 500 g de 5 ori (în colțurile și mijlocul plăcii).

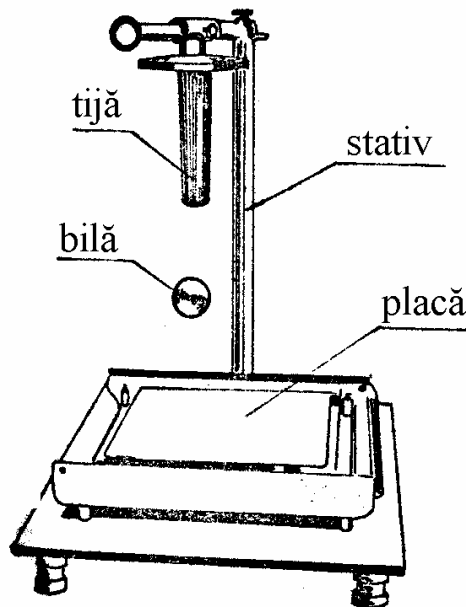


Fig. 1.16. Aparat Vialit.

Adezivitatea este determinată, procentual, ca fiind egală cu numărul de granule rămase lipite pe placă, după încercare.

**Metoda statică**, standardizată în țara noastră, presupune peliculizarea la cald a 100 g agregat natural sort 8–12, cu 5,3...5,7 % bitum și păstrarea acestora timp de 18 h, în apă distilată, la temperatura de 20...25 °C. Adezivitatea se estimează în procente de suprafață de agregat natural rămasă peliculizată cu bitum, după imersare în apă.

În afara metodelor empirice, evaluarea adezivității se poate efectua și prin așa-numita **metodă cantitativă**. Metoda constă în determinarea adezivității bitumului la agregatul natural cu un aparat special, prin raportarea absorbției colorantului roșu 4 G dintr-o soluție de concentrație dată de către agregatul natural neanrobat și de către același agregat natural peliculizat cu bitum (colorantul nefiind absorbit de bitum).

#### **1.3.3.4. Tipuri de lianți hidrocarbonați folosiți în țara noastră**

În continuare se prezintă lianții hidrocarbonați folosiți în țara noastră la construcția și întreținerea drumurilor.

**Bitumul neparafinos pentru drumuri** se obține din țițeiuri neparafinoase selecționate și se prezintă ca o masă solidă sau semisolidă cu proprietăți caracteristice de aglomerare.

La noi în țară acestea se livrează, după criteriul consistenței, în șase tipuri, ale căror caracteristici trebuie să corespundă condițiilor tehnice de calitate date în tabelul 1.10.

**Bitumul industrial** se obține prin oxidarea reziduurilor provenite din prelucrarea țițeiurilor și se prezintă ca o masă solidă sau semisolidă. Se produce bitum industrial neparafinos (I) în patru tipuri și bitum industrial parafinos (I<sub>p</sub>). Condițiile tehnice de calitate sunt date în tabelul 1.11.

**Bitumul natural** se obține la noi în țară prin extragere din nisip bituminos sau prin distilarea și oxidarea bituminei. Bitumul natural din nisipul bituminos se livrează în trei tipuri și are caracteristicile tehnice din tabelul 1.12. Bitumul natural obținut din bitumină se produce în șapte tipuri și trebuie să îndeplinească condițiile din tabelul 1.13.

**Bitumina** este un liant hidrocarbonat natural, care se prezintă sub forma unei mase asfaltice neagră lucioasă, de consistență foarte moale și cu puritate de 98...99 %. În condiții obișnuite de livrare, bitumina conține un procent variabil de apă, cuprins între 2 și 10 %. Bitumina se extrage cu ajutorul sondelor și se livrează cu vagoane de cale ferată sau cu autocisterne. Caracteristicile fizico-mecanice ale bituminei, determinate în laborator pe produsul deshidratat în prealabil, sunt, comparativ cu alți lianți, cele date în tabelul 1.14.

Pentru utilizarea bituminei la prepararea unor mixturi asfaltice este necesară modificarea vâscozității. În acest scop se procedează la o preanrobare a agregatelor naturale și la trecerea acestora prin uscător la temperatura de 180...200 °C. Această operație conduce la un proces de volatilizare-oxidare și polimerizare care are ca efect mărirea vâscozității bituminei. Pentru a ajunge la vâscozitatea propusă se adaugă bitum industrial tip I 82/92 (30...40 %).

#### **1.3.4. Derivați ai lianților hidrocarbonați**

Din varietatea mare de derivați ai lianților hidrocarbonați utilizați în construcțiile rutiere și tratați de literatura de specialitate, se vor prezenta în continuare aceia care sunt utilizați mai frecvent la noi în țară.

Tabelul 1.10

Tipul bitumului	D	D	D	D	D	D
Caracteristici	25/40	40/50	50/80	80/120	120/180	180/200
Punct de înmuiere, °C	57...67	55...60	48...55	43...49	39...45	38...42
Penetrație la 25 °C, zecimi de mm	25...40	41...50	51...80	81...120	121...180	181...200
Ductilitate minimă: - la 0 °C, cm - la 25 °C, cm	- 25	- 70	- 100	1,5 100	5 100	8 100
Punct de rupere Fraass, 0 °C, max.	- 10	- 12	- 12	- 15	- 17	- 17
Substanțe solubile în sulfură de carbon sau tetraclorură de carbon, %, min.	99	99	99	99	99	99
Punct de inflamabilitate (M), 0 °C, min.	260	260	250	250	240	240
Stabilitate prin încălzire la 163 °C timp de 5 ore: - pierderi de masă, %, max. - scăderea penetrației inițiale la 25 °C, %, max.	0,3 25	0,3 25	0,4 25	0,4 24	0,9 30	0,9 30
Parafină cu punct de topire min. 45 °C, %, max.	2	2	2	2	2	2
Densitate la 15 °C, kg/m <sup>3</sup> , min.	1 000	998	995	992	990	990

Tabelul 1.11

Tipul	I 45/55	I 60/70	I 85/95	I <sub>p</sub> 85/100
Caracteristici				
Punct de înmuiere, °C	45...55	60...70	85...95	85...100
Penetrația la 25 °C, zecimi de mm	min. 40	15...40	-	5...20
Substanțe solubile în sulfură de carbon, %, min.	99	99	99	99
Aciditate minerală și alcalinitate	lipsă	lipsă	lipsă	Lipsă
Apă	urme	urme	urme	Urme
Punct de inflamabilitate (M), °C, min.	240	240	250	260
Stabilitate prin încălzire la 163 °C timp de 5 ore: - pierderi de masă, %, max.; - scăderea penetrației inițiale la 25 °C, max.	- -	- -	- -	1 40
Parafină cu punct de topire min. 45 °C, %, max.	2	2	2	6,5
Putere calorică inferioară, kJ/kg, min.	-	-	-	38 300



Tabelul 1.12

Caracteristici / Tipul	NA	NB	NC
Punct de înmuiere, °C	38...44	45...50	51...55
Penetrația la 25 °C, zecimi de mm	125...200	80...120	50...75
Ductilitatea la 0 °C, cm, min.	6	4	2
Punct de rupere Fraass, °C, min.	- 17	- 16	- 14
Stabilitatea prin încălzire 5 ore la 163 °C: - pierdere în greutate, %, max.;	1	1	1
- scăderea penetrației inițiale la 25 °C, % max.	40	40	40
Solubilitatea în sulfură de carbon, %, min.	92	92	92
Inflamabilitatea (M), °C, min.	210	210	210
Parafină, %, max.	1	1	1

Tabelul 1.13

Caracteristici	Bitumină	Bitum din nisip bituminos	Bitum neparafinos tip D 80/120
Densitatea la 20 °C, kg/m <sup>3</sup>	965	963	992
Penetrația la 25 °C, 1/10 mm	nu se poate determina	nu se poate determina	81...120
Punct de înmuiere, °C	idem	idem	43...49
Umiditate, %	2...10	-	-
Inflamabilitate, °C	146	165	250
Analiza de grupă: - uleiuri, %	80,1	72,0	40...65
- rășini, %	14,1	21,0	18...48
- asfaltene, %	5,1	7,0	15...30

Tabelul 1.14

Tipul bituminei Caracteristici	DT-A	DT-B	DT-C	DT-D	DT-E	DT-F	DT-G
Penetrația la 25 °C, zecimi de mm	200...160	120...81	80...51	50...41	40...31	30...21	20...10
Punct de înmuiere, °C	38...44	45...50	51...58	59...68	69...78	80...90	100...110
Ductilitatea minimă, cm: - la 0 °C	0	5	3	2	1,5	1	1
- la 25 °C	-	-	-	6	4	3	2
Punct de rupere Fraass, °C, max.	- 25	- 25	- 25	18	- 18	- 15	- 15
Solubilitate în sulfură de carbon, %, min.	99	99	99	99	99	99	99
Inflamabilitate (M), °C, min.	220	220	225	230	240	250	260
Stabilitate prin încălzire la 163 °C: - pierdere în masă, %, max.	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
- scăderea penetrației, %, max.	30	30	30	30	30	-	-
Conținut de parafină, %, max.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

#### **1.3.4.1. Amestecuri gudron - bitum**

Pentru a reuni avantajele pe care le are gudronul cu cele ale bitumului se poate realiza amestecul gudron-bitum. Pentru menținerea amestecului în stare coloidală, este necesar să se respecte anumite proporții de amestec. Un adaos de 4...5 % gudron la un bitum dur îi mărește adezivitatea, îi reduce susceptibilitatea și îi întârzie mult îmbătrânirea. Aceste amestecuri mai prezintă avantajul că pentru punerea în operă au nevoie de o temperatură de încălzire mai redusă, ele fiind mai puțin vâscoase la temperaturi scăzute.

Se utilizează și amestecuri alcătuite din 15... 20 % bitum dur și 85...80 % gudron.

#### **1.3.4.2. Bitum fluxat**

Fluxarea bitumului este operația prin care se adaugă unui bitum dur, un alt liant bituminos mai moale sau un ulei pentru a obține un produs cu proprietăți caracteristice deosebite de a celor două substanțe amestecate, proprietăți care se păstrează și după punerea în operă. Liantul care se adaugă bitumului dur pentru a-i reduce vâscozitatea se numește fluxant. Bitumurile fluxate au o tendință de îmbătrânire mai mică decât amestecurile gudron-bitum.

#### **1.3.4.3. Bitum tăiat**

Bitumul tăiat este o soluție bituminoasă realizată prin dizolvarea bitumului într-un solvent organic ușor volatil. În acest fel se ușurează punerea în operă a bitumului. Prin evaporarea solventului (în timp de 3...8 ore), bitumul își recapătă calitățile sale inițiale.

În tehnica rutieră, se folosesc în mod obișnuit trei tipuri de bitum tăiat, și anume:

- cu întărire rapidă, folosind ca solvent petrosin (pentru badijonări și pentru executarea tratamentelor bituminoase);
- cu întărire mijlocie, folosind ca solvent petrolul lampant (pentru executarea penetrărilor);
- cu întărire lentă, folosind ca solvent motorina (pentru prepararea mixturilor asfaltice).

Avantajele bitumurilor tăiate sunt:

- se pot executa lucrări de asfaltaj la rece;
- se realizează o bună aderență la agregatul natural;
- întărirea nu se produce la contactul între liant și agregatul natural, decât abia mai târziu.

Dezavantajele bitumurilor tăiate, care reduc sfera de utilizare a acestora, sunt:

- se consumă solvenți scumpi;
- se poate lucra numai pe suprafețe uscate;
- la preparare există pericol de explozie.

#### **1.3.4.4. Emulsii bituminoase**

O emulsie este o dispersie intimă a doi produși insolubili unul în altul, constituind două faze distincte:

- faza dispersată sau discontinuă, care poate fi un lichid vâscos cu particule de ordinul micronilor;
- faza dispersantă sau continuă, care este un lichid.

Pentru a prepara o emulsie sunt necesare:

- punerea în contact a celor doi produși la o stare suficient de fluidă;

- existența unei energii de dispersie (malaxoare centrifugale de mare viteză, omogenizatoare, mori coloidale etc.);
- introducerea în amestec, în general înainte sau în timpul amestecării, a unui emulgator.

Emulgatorul este, de regulă, un material tensioactiv, adică un material care scade tensiunea interfacială între două faze. El are rolul de stabilizator în sensul de a împiedica contactul direct al granulelor, fixându-se de suprafața acestora și constituind o zonă de tranziție între două faze, opunându-se coalescenței. În timpul fabricației, emulgatorul facilitează emulsificarea.

Ca emulgator se poate folosi o substanță tensioactivă, care reduce considerabil tensiunea interfacială dintre două faze, pentru o foarte scăzută concentrație a sa. De asemenea, se poate folosi și o substanță cu o structură polară - apolară, ale cărei molecule se concentrează la interfața dintre cele două faze, formând un film protector.

Emulsiile bituminoase sunt constituite din bitum (faza dispersată), apă (faza dispersantă) și un emulgator. Clasificarea emulsiilor bituminoase se face în mod obișnuit, după caracterul ionic al emulgatorului folosit. Astfel, se deosebesc emulsiile anionice și emulsiile cationice.

**Emulsiile anionice** sunt emulsiile la care emulgatorul este o substanță bazică. Se folosesc săruri alcaline de acizi grași și acizi rășinoși, obținuți prin saponificarea rășinilor lichide provenite din industria hârtiei.

Formula generală a acestor săruri de natriu sau potasiu este  $R - COONa$ , respectiv  $R - COOK$ . R este lanțul caracteristic al acidului gras. El constituie partea polară a moleculei și este lipofil. Grupul  $COONa$  constituie partea polară hidrofilă. În faza apoasă continuă, moleculele de săpun se ionizează: ionii Na (sau K) constituie cationi adsorbiți de apă, restul moleculelor (ionii  $R-COO$ ) constituind anionii adsorbanți de globule de bitum. Stabilitatea emulsiei este maximă atunci când pH-ul fazei dispersate este 11...12. Reglarea pH-ului se face adăugând o bază (NaOH) în cantități mici. Dacă se adaugă un acid (HCl) pH-ul scade sub 7 și emulsia floculează. La fel se întâmplă dacă se adaugă o bază (NaOH) în cantități mari.

**Emulsiile cationice** sunt emulsiile la care emulgatorul este o substanță acidă. Se folosește un săpun rezultat din acțiunea unui acid mineral asupra unei amine grase.

Formula generală a acestor săpunuri este  $R - NH_3Cl$ . R este lanțul caracteristic, care constituie partea hidrofobă sau lipofilă a moleculei. Grupul  $NH_3Cl$  constituie partea hidrofilă. În faza apoasă, moleculele de săpun se ionizează, producând cationii  $R-NH_3^+$  și anionii  $Cl^-$ . În timpul preparării emulsiei, cationii sunt adsorbiți de globulele de bitum cu partea lipofilă R spre interior și cu grupul  $NH_3^+$  plasat la interfața bitum-apă. Anionii  $Cl^-$  rămân în apă. În acest fel, globulele de bitum se încarcă pozitiv datorită grupărilor  $NH_3^+$  care se află la periferia lor. Aceasta asigură pe de o parte stabilitatea emulsiei datorită respingerii electrostatice și, pe de altă parte, o bună afinitate a globulelor de bitum la suprafața mineralelor încărcate negativ. Și în cazul emulsiilor cationice, stabilitatea este influențată de pH-ul fazei dispersante, dar fenomenul este invers. Astfel, o scădere ușoară a pH-ului sub 7, prin adăugarea unui acid, mărește stabilitatea la stocaj și mărirea pH-ului produce ruperea emulsiei.

Ceea ce interesează în mod deosebit este adezivitatea la contactul cu agregatele naturale. În contact cu materialele bazice (calcaroase), emulsiile anionice și cationice dau o bună adezivitate. În contact cu materialele acide (silicioase), emulsiile cationice dau o bună

adezivitate, iar emulsiile anionice nu aderă la suprafața acestor materiale. De aceea, se preferă folosirea emulsiilor cationice în cazul utilizării agregatelor naturale de diferite tipuri. Prin urmare, dat fiind avantajul emulsiilor cationice, în continuare se vor prezenta aceste emulsii.

Liantul folosit la prepararea emulsiilor bituminoase este bitumul de petrol. Un aditiv în scopul ușurării dispersiei și îmbunătățirii stabilității și adezivității emulsiei se adaugă în mod obișnuit în rafinărie înainte de livrare.

În faza dispersată se pot adăuga fluidifianți și fluxanți. Fluidifianții sunt produși în rafinării și sunt bitumuri fluide cu vâscozitate redusă. Fluxanții sunt în general uleiuri de gudron de huiă.

Procesul tehnologic de preparare a emulsiilor bituminoase cationice (fig. 1.) cuprinde următoarele faze:

- încălzirea bitumului la 130...140 °C. Se consideră că liantul hidrocarbonat se dispersează bine în faza apoasă dacă vâscozitatea sa este de circa 200 centipoise;
- prepararea unei soluții apoase din apă, emulgator și acid clorhidric, la temperatura de circa 50...60 °C. O regulă simplă de urmărit la prepararea emulsiilor bituminoase cationice este ca suma temperaturilor fazei apoase și a fazei hidrocarbonate să nu depășească 200 °C;
- dispersarea bitumului în faza apoasă prin moara coloidală. Temperatura emulsiei bituminoase rezultate nu trebuie să depășească 90 °C.

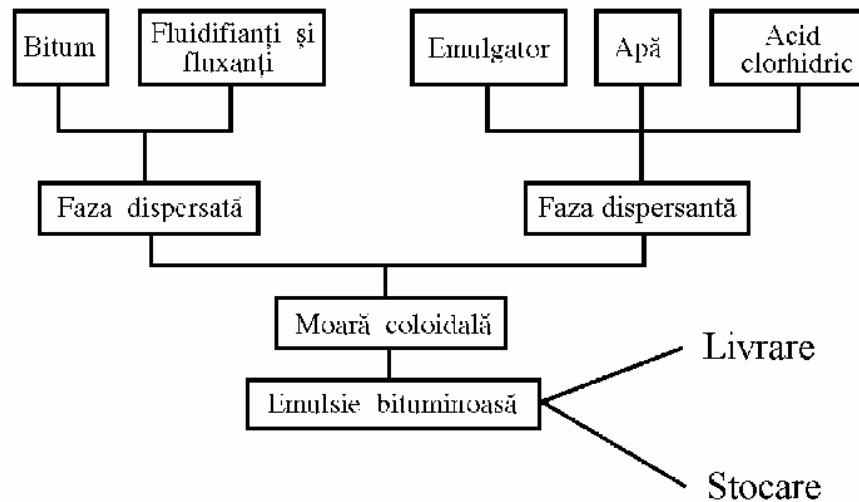


Fig. 1.17. Procesul tehnologic de preparare a emulsiilor bituminoase cationice.

Emulsiile bituminoase se prepară cu 50 %, 55 %, 60 % și 65 % bitum. Procentul de bitum dintr-o anumită emulsie bituminoasă se determină în laborator cu un aparat care permite colectarea prin evaporare a conținutului de apă din proba considerată de emulsie. În final, masa bitumului rezultă prin diferența dintre masa inițială a probei și masa apei colectate, iar dozajul de bitum rezultă prin raportarea masei bitumului la masa probei.

**Ruperea emulsiei bituminoase** este fenomenul de separare a celor două faze care constituie emulsia, în contact cu agregatele naturale. Acest fenomen se datorează evaporării apei și reacțiilor generate de contactul dintre emulsie și agregatul natural. Ruperea emulsiei bituminoase se produce după un anumit timp, numit “timp de rupere”. Acesta poate fi reglat în procesul de fabricație prin cantitatea și calitatea emulgatorului folosit sau prin acidul clorhidric introdus în emulsia cationică.

În mod curent se utilizează următoarele tipuri de emulsii bituminoase cationice:

- cu rupere rapidă (până la 30 minute);
- cu rupere semilentă (30...60 minute);
- cu rupere lentă (peste 1 oră).

**Compoziția emulsiei bituminoase cationice**, în funcție de timpul de rupere, este dată în tabelul 1.15. Cantitatea exactă a componentilor se va stabili experimental prin încercări de laborator. Se recomandă ca mărirea timpului de rupere să se facă prin creșterea procentajului de emulgator, în dauna procentajului de acid clorhidric.

Tabelul 1.15

Componenți	Emulsii cu rupere		
	Rapidă	Semilentă	Lentă
Bitum (de preferință tip D 180/200), %	min. 50...55 max. 60...65	min. 50...55 max. 60...65	min. 50...55 max. 60...65
Emulgator, %	0,5	2	3
Acid clorhidric, %	0,5	1,5	2
Apă, %	34...49	31,5...46,5	30...45

Depozitarea emulsiei se face în rezervoare, de preferință cu secțiune orizontală constantă. Umplerea acestora se face prin conducte ajungând până la fundul rezervorului. Introducerea în același rezervor a două emulsii diferite conduce inevitabil la apariția fenomenului de rupere.

În cazul unei depozitări îndelungate, la suprafața emulsiei apare o crustă. Aceasta nu prezintă nici un inconvenient, ci chiar prezintă avantajul de a proteja emulsia bituminoasă de contactul cu aerul. În aceste situații, emulsia bituminoasă își recapătă proprietățile inițiale prin amestecare.

În mod practic, se poate spune că nu există lucrare de întreținere sau construcție rutieră în care emulsia bituminoasă cationică să nu-și găsească aplicabilitatea. Astfel, emulsia se poate folosi la: badijonări, repararea defecțiunilor, tratamente bituminoase simple sau duble, bitumarea rosturilor la pavaje, covoare asfaltice subțiri din mortar asfaltic, macadamuri penetrate sau semipenetrante, anrobate bituminoase, stabilizări, protecția taluzurilor etc.

### 1.3.5. Lianți micști (Stabicolul)

Stabicolul este un liant compozit rezultat din amestecul unui liant hidraulic (de regulă cimentul) cu bitumul (emulsie bituminoasă), sub formă de suspensie apoasă omogenă și stabilă. Stabilitatea chimică și fizică a acestui liant este asigurată cu ajutorul aditivilor speciali de tipul substanțelor tensioactive și a polimerilor organici.

Acest nou liant permite realizarea unor straturi rutiere cu caracteristici superioare, care elimină dezavantajele proprii straturilor bituminoase (deformabilitate plastică, sensibilitate la variații de temperatură) și ale celor pe bază de lianți hidraulici (fisurabilitate), cumulând avantajele specifice acestora.

Liantul stabicol este definit prin proporția relativă de bitum și ciment pe care acesta le conține. Stabicolul N (sau de clasă N) este acela pentru care masa bitumului reprezintă N % din masa cimentului. Clasele predefinite ca uzuale sunt 50, 90 și 120. Compoziția ponderată a diferitelor clase de stabicol este dată în tabelul 1.16. Valorile din paranteze reprezintă proporția de bitum, respectiv de ciment, calculate relativ la componenții activi ai stabicolului (bitum și ciment, fără faza apoasă).

Tabelul 1.16

Componenți	Clasa stabicolului		
	50	90	120
Bitum, %	21,7 (33,3)	33,4 (47,4)	40,0 (54,5)
Ciment, %	43,6 (66,7)	37,0 (52,6)	33,3 (45,5)
Fază apoasă, %	34,8	29,6	26,7

El poate fi utilizat pentru temperaturi pozitive mai mici de 60 °C, practic performanțele cele mai bune obținându-se pentru temperaturi cuprinse în intervalul 4...40 °C.

Aditivii compatibilizanți au rolul de a asigura, pe de o parte, stabilitatea chimică necesară, a liantului având în vedere reactivitatea cimentului în prezența apei și crearea condițiilor de rupere a emulsiei bituminoase prin prezența cimentului și, pe de altă parte, stabilitatea fizică, necesară datorită densităților diferite ale constituenților stabicolului.

Principalele caracteristici ale stabicolului sunt:

- vâscozitate comparabilă cu cea a unei emulsii bituminoase, ceea ce asigură o bună repartizare a liantului în cazul amestecurilor granulare, o dozare ușoară a acestuia și o manipulare ușoară prin pompare;

- densitate de 1,3...1,4 g/cm<sup>3</sup> la temperatura ambiantă, în funcție de clasa stabicolului;

- posibilitate de stocare de până la 8 ore cu amestecare, peste această limită de timp începând priza cimentului și ruperea emulsiei bituminoase care se continuă până la obținerea unui solid;

- fisurabilitate, prin metoda cu inelul, nulă la 7 zile (în cazul cimentului aceasta se obține la 24 de ore). Această particularitate a stabicolului rezolvă problemele de fisurare a structurilor rutiere realizate din materiale stabilizate cu lianți hidraulici.

Liantul își realizează proprietățile de rezistență mecanică și de adezivitate în urma procesului de priză a liantului hidraulic care consumă o parte importantă din apa pe care o conține stabicolul. Ruperea emulsiei bituminoase este lentă și nu se produce decât după începutul prizei cimentului. Materialul dobândește progresiv coeziune în zilele următoare punerii în operă, performanțele maxime fiind obținute în timp, în principiu ca în cazul materialelor stabilizate cu lianți hidraulici, respectiv betoanelor de ciment. Prin întrepătrunderea celor doi constituenți de bază, rezultă o dublă legătură: cristalină (rigidă, datorită liantului hidraulic) și vâsco-elastică (suplă, datorită bitumului).