NORMATIV

PENTRU DIMENSIONAREA STRATURILOR BITUMINOASE DE RANFORSARE A SISTEMELOR RUTIERE SUPLE ŞI SEMIRIGIDE

(Metoda analitică)

INDICATIV AND 550

Elaborat de IPTANA – SEARCH

PREŞEDINTE:	Ing. MICHAEL M.STANCIU
VICEPREŞEDINTE EXECUTIV:	Ing. ION PREDESCU
VICEPREŞEDINTE TEHNIC:	Ing. STEFAN HARATAU
RESPONSABIL LUCRARE:	Dr.ing. GEORGETA FODOR

ADMINISTRAŢIA NAŢIONALĂ A DRUMURILOR

DIRECTOR GENERAL ADJUNCT:	Ing. CONSTANTIN GRIGOROIU
ŞEF SERVICIU TEHNIC:	Ing. FLORIN DASCĂLU

Avizat de: CTS - AND MT cu avizul nr. 93/638/98

NORMATIV PENTRU DIMENSIONAREA STRATURILOR BITUMINOASE DE RANFORSARE A SISTEMELOR RUTIERE SUPLE ŞI SEMIRIGIDE **(Metoda analitică)**	**INDICATIV AND 550-99**

I. PREVEDERI GENERALE

1.1. Prezentul normativ se referă la metoda analitică de dimensionare a straturilor bituminoase de ranforsare a sistemelor rutiere suple şi semirigide.

Domeniul de aplicare

1.2. Ranforsările cu straturi bituminoase se includ în activitatea de reparaţii curente a drumurilor publice şi se execută pentru sporirea capacităţii portante a drumurilor.

1.3. Necesitatea ranforsării sistemului rutier este determinată de starea tehnică a acestuia, conform prevederilor instrucţiunilor indicativ CD 155 şi este rezultată în urma unei expertize tehnice.

1.4. Datele referitoare la starea tehnică a drumului vor fi extrase din banca centrală de date tehnice rutiere şi/sau prin măsurări efectuate pe teren.

1.5. Prevederile normativului se aplica si la străzi - drumurile publice din intravilanul localităţilor, condiţionată de asigurarea condiţiilor de sistematizare pe verticală (cote obligate la borduri, rigole, linii de tramvai, intersecţii, etc.), de continuitate a circulaţiei (intersecţii la distanţe de minimum 500 m) şi de condiţiile tehnice şi economice specifice străzilor.

1.6. Terminologie, conform STAS 4032/1, cu următoarele completări:

- **activitatea de întreţinere a drumurilor publice -** totalitatea lucrărilor fizice de intervenţie (determinate de uzură sau de degradarea în condiţii normale de exploatare a drumurilor şi podurilor de şosea), care au ca scop menţinerea condiţiilor tehnice necesare desfăşurării circulaţiei în condiţii de siguranţă, precum şi în stare permanentă de curăţenie şi cu aspect estetic la nivelul traficului existent;

Elaborat de: IPTANA – SEARCH	Aprobat de: MINISTERUL TRANSPORTURILOR ADMINISTRAŢIA NAŢIONALĂ A DRUMURILOR cu avizul nr. 93/638/98

- **activitatea de reparaţii şi drumurilor publice** - totalitatea lucrărilor fizice de intervenţie, care au ca scop compensarea parţială sau totală a uzurii fizice şi morale produse ca urmare a exploatării normale sau a acţiunii agenţilor de mediu, ridicarea caracteristicilor tehnice la nivelul impus de traficul maxim pentru numărul de benzi de circulaţie existente, refacerea sau înlocuirea de elemente, detalii sau părţi de construcţii ieşite din uz, care afectează rezistenţa, stabilitatea, siguranţa în exploatare şi protecţia mediului:
- **anul modernizării drumului** - anul în care a fost efectuată amenajarea complexă a drumului, prin executarea şi a unui sistem rutier cu îmbrăcăminte modernă (sistem rutier suplu sau semirigid);

- **deformaţie specifică -** noţiune prin care se defineşte starea de deformaţie spaţială într-un sistem rutier supus unei încărcări pe suprafaţa drumului. In contextul acestui normativ, sistemul rutier este considerat un mediu multi-strat elastic liniar, iar încărcarea este dată de sarcina statică a semiosiei standard (57,5 kN), care exercită o presiune verticală uniformă de 0,625 MPa pe o suprafaţă circulară cu raza de 0,171 m.

  Programul CALDEROM (Calculul Deformaţiilor specifice în sistemele rutiere în România) din Anexa 3, permite calcularea în coordonate axisimetrice asociate sarcinii, a următoarelor componente ale tensorului deformaţiilor specifice (ε) în punctele critice ale sistemului rutier:

  - deformaţia specifică orizontală de întindere (ε_r) la baza straturilor bituminoase;
  - deformaţia specifică verticală de compresiune (ε_z) la nivelul pământului de fundare.

  În sistemul internaţional de unităţi (m, MPa), deformaţiile specifice au unitatea (m/m), fiind de ordinul a 0,000100..,0.000500 m\m sau l00xl0^{-6}…500x10^{-6} m/m. Pentru simplificare.lxl0^{-6} reprezintă o microdeformaţie, deci deformaţia specifică este de 100...500 microdef.

- **fisurare reflectivă -** procesul de transmitere la suprafaţa unei noi îmbrăcăminte bituminoase a fisurilor şi/sau a crăpăturilor existente în vechea îmbrăcăminte rutieră, datorat solicitărilor termice şi ale traficului, în cazul sistemelor rutiere ce au în alcătuire straturi din agregate naturale stabilizate cu lianţi hidraulici sau puzzolanici sau straturi bituminoase cu grosimi mari, cu fisuri si crăpături în placi;
- **perioada de perspectivă** - perioada de timp, exprimată în ani, pentru care se stabileşte traficul de calcul al grosimii straturilor de ranforsare;
- **sector omogen -** sector de drum caracterizat concomitent prin aceleaşi date privind traficul de calcul, alcătuirea sistemului rutier, starea de degradare a îmbrăcămintei bituminoase, tipul de pământ, tipul climateric al zonei în care este situat drumul şi regimul hidrologic al complexului rutier;
- **temperatura echivalentă a straturilor bituminoase** - cea pentru care suma degradărilor produse de solicitările traficului pe parcursul unui an, pentru o distribuţie dată a temperaturilor, este egală cu degradările produse de aceleaşi solicitări ale traficului, dar pentru temperatura constantă, θ_{ech} (°C);
- **trafic de calcul** - numărul de osii standard cu sarcina pe osie de 115 kN, pe banda de circulaţie cea mai solicitată, echivalent vehiculelor care vor circula pe drumul ranforsat pe perioada de perspectivă.

1.7. Referinţe:

Ordinul M.T. nr.43/1998	Norme privind încadrarea în categorii a drumurilor naţionale (anexa).
Ordinul M.T. nr.45/1998	Norme tehnice privind proiectarea, construirea şi modernizarea drumurilor (anexa).

SR 174-1-97	Lucrări de drumuri. ÎMBRĂCĂMINŢI BITUMINOASE CILINDRATE EXECUTATE LA CALD. Condiţii tehnice de calitate.
STAS 1243-88	Teren de fundare. CLASIFICAREA ŞI IDENTIFICAREA PĂMÂNTURILOR.
STAS 1709/1-90	Acţiunea fenomenului de îngheţ - dezgheţ la lucrări de drumuri. ADÂNCIMEA DE ÎNGHEŢ ÎN COMPLEXUL RUTIER. Prescripţii de calcul.
STAS 1709/2-90	Acţiunea fenomenului de îngheţ - dezgheţ la lucrări de drumuri. PREVENIREA ŞI REMEDIEREA DEGRADĂRILOR DIN ÎNGHEŢ-DEZGHEŢ. Prescripţii tehnice.
STAS 7970-76	Lucrări de drumuri, STRATURI DE BAZĂ DIN MIXTURI BITUMINOASE CILINDRATE EXCUTATE LA CALD. Condiţii tehnice generale de calitate.
CD 31-94	Instrucţiuni tehnice departamentale pentru determinarea prin deflectografie şi deflectometrie a capacităţii portante a drumurilor cu sisteme rutiere suple şi semirigide.
CD 155-86	Instrucţiuni tehnice departamentale privind determinarea stării tehnice a drumurilor moderne.
AND 540-98	Normativ pentru evaluarea stării de degradare a îmbrăcăminţii pentru drumuri cu structuri rutiere suple şi semirigide.
AND 554-99	Normativ privind administrarea, exploatarea, întreţinerea şi repararea drumurilor publice.
270	Normativ departamental pentru întreţinerea şi reparaţia străzilor.

1.8. Odată cu intrarea în vigoare a acestui normativ, se restrânge domeniul de aplicarea al Instrucţiunilor tehnice departamentale pentru dimensionarea sistemelor rutiere rigide si nerigide, indicativ P.D.177, în sensul ca prevederile capitolului III nu se aplica la dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a sistemelor rutiere suple si semirigide.

1.9. Ca alternativa de dimensionare a grosimii straturilor bituminoase în cazul străzilor, se pot aplica principiile si reglementările tehnice din "Proiectul tip T 3 121 Sisteme rutiere tip rigide si suple pentru străzi şi respectiv din "Normativul departamental pentru întreţinerea şi reparaţia străzilor, nr. 270".

2. CONDIŢII TEHNICE

Alcătuirea straturilor de ranforsare

2.1. Straturile bituminoase de ranforsare sunt alcătuite din:

- îmbrăcăminte bituminoasa în doua straturi, cu grosime maximă sub 13 cm;

- îmbrăcăminte bituminoasă în două straturi şi strat de bază din mixtură asfaltică ,cu grosime totală egală sau mai mare de 13 cm.

Elementele geometrice ale straturilor de ranforsare

2.2. Grosimea totala minima constructiva a îmbrăcămintei bituminoase este de 8,0 cm.

2.3. Lucrările la care grosimea necesara a straturilor bituminoase de ranforsare este mai mică de 8 cm fac parte din activitatea de întreţinere a drumurilor publice sau a străzilor şi vor fi tratate în conformitate cu prevederile Normativului privind administrarea, exploatarea, întreţinerea şi repararea drumurilor publice şi cele ale Normativului departamental pentru întreţinerea şi reparaţia străzilor.

2.4. Grosimea totală maximă a straturilor bituminoase de ranforsare se stabileşte pe baza eficienţei economico-financiare şi de alocare a resurselor materiale, în comparaţie cu soluţia de ranforsare cu îmbrăcăminte din beton de ciment.

2.5. În cazul în care grosimea totală maximă a straturilor bituminoase de ranforsare depăşeşte 18 cm, iar eficienţa tehnico-economică nu justifică soluţia de ranforsare cu îmbrăcăminte din beton de ciment, se prevede soluţia de refacere a sistemului rutier.

2.6. Lăţimea straturilor de ranforsare este cea prevăzută în proiect.

2.7. Elementele geometrice ale îmbrăcămintei bituminoase sunt în conformitate cu prevederile SR 174-1, iar cele ale stratului de bază din mixtura asfaltică conform STAS 7970.

3. PRINCIPII DE DIMENSIONARE

3.1. Dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare se bazează pe îndeplinirea concomitenta a următoarelor criterii:

- deformaţia specifică de întindere admisibilă la baza straturilor bituminoase;
- deformaţia specifică de compresiune admisibilă la nivelul pământului de fundare.

3.2. Metoda de dimensionare permite stabilirea grosimii totale necesare a straturilor de ranforsare astfel încât, rata de degradare prin oboseală a straturilor bituminoase să fie subunitară, conform pct.6.2, iar deformarea permanentă a pământului de fundare să nu depăşească o valoare admisibilă, pe perioada prelucrării traficului de calcul, conform pct.6.3.

3.3. Dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare impune cunoaşterea unor date privind istoria tronsonului de drum ce urmează să fie ranforsat şi anume:

- anul modernizării drumului şi alcătuirea sistemului rutier;
- anii de execuţie a unor covoare bituminoase şi a unor eventuale ranforsări ulterioare şi grosimile acestor straturi bituminoase.

3.3.1. Pentru reţeaua de drumuri naţionale, aceste date vor fi extrase din Banca Centrală de Date Tehnice Rutiere.

3.3.2. Pentru celelalte reţele de drumuri sau de străzi, aceste date vor fi obţinute din situaţiile existente la administratorii acestora.

3.3.3. Aceste date nu sunt direct implicate în metoda de dimensionare a straturilor de ranforsare, ci vor fi utilizate de proiectant în următoarele scopuri:

- stabilirea sectoarelor omogene de drum din punctul de vedere al modului de alcătuire a sistemului rutier;
- corelarea stării de degradare a îmbrăcămintei bituminoase cu durata de exploatare a drumului şi cu cea a stratului superior al sistemului rutier.

3.4. Pentru dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare este necesar să se efectueze în prealabil studii de teren, în vederea obţinerii următoarelor date:

- starea de degradare a îmbrăcămintei bituminoase, în conformitate cu prevederile instrucţiunilor indicativ CD 155 sau ale Normativului pentru evaluarea stării de degradare a îmbrăcăminţii pentru drumuri cu structuri rutiere suple şi semirigide;
- modul de alcătuire a straturilor rutiere şi grosimile acestora;
- caracteristicile geotehnice ale pământului de fundare;
- regimul hidrologic al complexului rutier (tipul profilului transversal, modul de asigurare a scurgerii apelor de suprafaţă, existenţa şi starea dispozitivelor de drenare, nivelul apei freatice).

3.5. Datele obţinute conform pct. 3.3 şi 3.4 vor fi utilizate în analiza sistemului rutier ranforsat la solicitarea osiei standard, conform cap.5.

3.6. Perioadele de stocare a acestor date sunt următoarele:

- maximum 18 luni în cazul autostrăzilor, drumurilor expres şi drumurilor europene;
- maximum 24 luni în cazul străzilor şi al celorlalte categorii de drumuri;

3.7. Etapele principale de calcul sunt:

i. stabilirea traficului de calcul, conform cap.4;

ii. analiza sistemului rutier ranforsat la solicitarea osiei standard, conform cap.5;

iii. stabilirea comportării sub trafic a sistemului rutier existent ranforsat, conform cap.6.

3.8. În cazul sistemelor rutiere semirigide sau în cel al sistemelor rutiere suple, a căror îmbrăcăminte prezintă defecţiuni datorate procesului de fisurare termică şi dacă grosimea straturilor de ranforsare calculată conform acestui normativ este sub 18 cm, se adoptă pe bază de calcule tehnico-economice, una din următoarele măsuri, în vederea încetinirii transmiterii la suprafaţa noilor straturi bituminoase, a fisurilor din contracţie termică:

- o grosime totală constructivă de 18cm;
- o soluţie antifisură şi executarea straturilor de ranforsare.

3.9. În cazul în care parametrul de degradare al îmbrăcămintei bituminoase, conform instrucţiunilor indicativ CD 155 este mai mare de 0,50 sau indicele global de degradare, conform normativului indicativ AND 540, este mai mic de 50, se poate prevedea pe baza unei expertize tehnice, prin încercări şi determinări de laborator, următoarea soluţie:

- frezarea straturilor bituminoase superioare, alcătuite din mixturi asfaltice ale căror caracteristici fizico-mecanice nu îndeplinesc condiţiile din SR 174-1;

- prevederea unui strat antifisură, în cazul în care după frezare, suprafaţa stratului bituminos prezintă fisuri şi crăpături de tip D2 (faianţări, fisuri şi crăpături multiple pe direcţii diferite) sau de tip D3 (fisuri şi crăpături transversale şi longitudinale);
- executarea straturilor bituminoase de ranforsare, a căror grosime va fi stabilită prin calcule de dimensionare.

4. STABILIREA TRAFICULUI DE CALCUL

4.1. La dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare se ia în considerare traficul de calcul corespunzător perioadei de perspectivă, exprimat în osii standard de 115 kN, echivalente vehiculelor care vor circula pe drum.

4.2. Osia standard de 115 kN (o.s.l 15) prezintă următoarele caracteristici:

- sarcina pe rotile duble: 57,5 kN;
- presiunea de contact: 0,625 MPa
- raza suprafeţei circulare echivalente

  suprafeţei de contact pneu-drum: 0,171 m

4.3. Perioada de perspectiva va fi indicată de beneficiarul lucrării. Se recomandă adoptarea unei perioade de perspectivă de 15 ani în cazul ranforsării autostrăzilor, a drumurilor expres şi a drumurilor naţionale europene şi de 10 ani în cazul celorlalte categorii de drumuri naţionale. În cazul drumurilor judeţene, comunale şi vicinale, perioada de perspectivă poate fi mai mică de 10 ani. Ea va fi stabilită în cadrul primei faze de proiectare, avându-se în vedere atât traficul actual şi evoluţia în perspectivă a acestuia, cât şi starea tehnică a drumului.

4.4. Traficul de calcul se stabileşte pe baza rezultatelor ultimului recensământ general de circulaţie. În funcţie de datele disponibile se va utiliza una din următoarele metode:

4.4.1. Stabilirea traficului de calcul pe baza structurii traficului mediu zilnic anual în posturile de recenzare aferente sectorului de drum care urmează sa fie ranforsat, luându-se în considerare următoarele grupe de vehicule:

- autocamioane şi derivate cu 2 osii;
- autocamioane şi derivate cu 3 osii;
- autocamioane şi derivate cu peste 3 osii;
- autobuze;
- remorci.

Traficul de calcul se exprimă în milioane de osii standard de 115 kN (m.o.s) şi se stabileşte cu relaţia:

$$N_c = 365 \times 10^{-6} \times p_p \times C_{rt} \times \sum_{5} \left[n_{k95} \times \frac{p_{kr} + p_{kf}}{} \times f_{ek} \right] \text{(m.o.s)}$$

k=l 2

Formula 1/pag.8

în care:

365 numărul de zile calendaristice dintr-un an;

p_p perioada de perspectivă, în ani;

C_{rt} coeficientul de repartiţie transversală, pe benzi de circulaţie şi anume:

- pentru drumuri cu două şi trei benzi de circulaţie C_{rt} = 0,50;
- pentru drumuri CU patru benzi de circulaţie C_{rt} = 0,45.

n_{k95} intensitatea medie zilnică anuală a vehiculelor din grupa k, conform rezultatelor recensământului general de circulaţie (respectiv din anul 1995);

p_{kR} coeficientul de evoluţie al vehiculelor din grupa k, corespunzător anului de dare în exploatare a drumului ranforsat, anul R, stabilit prin interpolare pe baza datelor din tabelele 2

p_{kF} coeficientul de evoluţie al vehiculelor din grupa k, corespunzător sfârşitului perioadei de perspectivă luată în consideraţie (anul F), stabilit prin interpolare pe baza datelor din tabelele 2,

f_{ek} coeficientul de echivalare al vehiculelor din grupa k în osii standard de 115 kN, conform tabelului 1;

Se menţionează că datele din tabelele 1 şi 2 sunt obţinute pe baza rezultatelor recensământului general de circulaţie din anul 1995. Ele vor fi reactualizate după fiecare recensământ general de circulaţie.

4.4.2. Stabilirea traficului de calcul pe baza traficului mediu zilnic anual în osii standard de 115 kN, actual şi de perspectivă, cu relaţia:

$$Nc = 365 \times 10^{-6} \times p_p \times c_{rt} \times \frac{n_{o.s.115R} + n_{o.s.115F}}{2} \text{ (m.o.s)}$$

Formula 2/pag.8

în care:

365, p_p şi C_{rt} au semnificaţiile de mai sus;

$n_{o.s.115R}$ numărul de osii standard de 115 kN, corespunzător anului de dare în exploatare a drumului ranforsat (anul R), stabilit prin interpolare;

$n_{o.s.115F}$ numărul de osii standard de 115 kN, corespunzător sfârşitului perioadei de perspectivă luată în considerare (anul F), stabilit prin interpolare.

4.4.3. În cazul drumurilor pe care recensământul de circulaţie s-a efectuat pe fiecare bandă de circulaţie, pentru stabilirea volumului de trafic de calcul se vor lua în considerare rezultatele recensământului de pe banda cea mai solicitată. În acest caz, coeficientul de repartiţie transversală este $C_{rt} = I$.

4.4.4. În cazul străzilor şi în cel al drumurilor judeţene, comunale şi vicinale, în situaţia în care pe tronsonul de drum supus ranforsării nu a funcţionat nici un post de recenzare şi nu există nici un post de recenzare, în vederea stabilirii traficului de calcul este necesar să se efectueze un studiu de trafic.

4.4.5. În stabilirea traficului de calcul se va lua în considerare în cadrul studiilor de trafic şi posibilitatea de atragere, ca urmare a îmbunătăţirii condiţiilor de circulaţie, a unei părţi din traficul de pe drumurile existente în zonă, precum şi de pe alte căi de comunicaţie.

4.5. Modificarea perioadei de perspectivă, în vederea corelării acesteia cu data dării în exploatare a drumului ranforsat, implica restabilirea traficului de calcul şi în consecinţă, redimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare.

Coeficienţii de echivalare în osii standard de 115 kN

Tabelul 1

Grupa de vehicule	Vehicul reprezentativ		Coeficienţi de echivalare în osii standard de 115 kN
	Tip	Sarcini pe osii	
Autocamioane şi derivate cu 2 osii	R8135	45kN+80kN	0,30
Autocamioane şi derivate cu 3 osii	R19215	62kN+2x80kN	0,44
Autocamioane şi derivate cu peste 3 osii	10ATM2	62kN+100kN+2x80kN	1,02
	19ATM2*	62kN+2x80kN+100kN+100kN	1,61
Autobuze	R111RD	50kN+100kN	0,64
Remorci	2R5A	48kN+48kN	0,06

* Vehicul reprezentativ pentru echivalarea traficului pe drumurile internaţionale (E)

Coeficienţi de evoluţia traficului rutier

în perioada 1995 – 2015

Coeficienţi medii pe reţeaua de drumuri publice

Coeficienţi minimali

Tabelul 2

Anul	Grupa de vehicule									
	Biciclete şi motociclete	Autoturisme, microbuze, autocamionete	Autocam. Cu 2 osii	Autocam. Cu 3 osii	Autocam. Cu peste 3 osii	Autobuze	Tractoare	Remorci	Veh. Cu trac. animală	Total veh.
1995	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2000	0.9	1.2	1.2	1.0	1.2	1.3	1.0	1.2	1.0	1.2
2005	0.9	1.6	1.5	1.1	1.6	1.8	1.0	1.7	0.8	1.5
2010	0.9	2.1	2.0	1.2	2.0	2.4	1.1	2.3	0.7	1.9
2015	1.0	2.7	2.6	1.4	2.5	3.1	1.1	3.0	0.6	2.6

5. ANALIZA SISTEMULUI RUTIER RANFORSAT LA SOLICITAREA OSIEI STANDARD

5.1. Soluţia tronsonului de drum în sectoare omogene se efectuează prin analizarea datelor de la pct.3.3 si 3.4.

5.1.2. În cazul în care pentru tronsonul respectiv de drum se dispune de rezultatele unor măsurări de deformabilitate, împărţirea în sectoare omogene se efectuează conform prevederilor din Anexa 1.

5.2. Sistemul rutier existent este caracterizat, pentru fiecare sector omogen de drum, prin grosimea fiecărui strat rutier şi prin caracteristicile de deformabilitate ale materialelor din straturile rutiere si ale pământului de fundare (modulul de elasticitate dinamic, E, în MPa şi coeficientul lui Poisson, μ).

5.2.1. Modul de alcătuire al sistemului rutier existent se stabileşte atât pe baza documentaţiilor existente şi a istoriei lucrărilor de întreţinere, cât şi pe bază de sondaje. Numărul necesar de sondaje se stabileşte pe răspunderea investitorului şi a proiectantului, în funcţie de lungimea sectoarelor omogene de drum şi trebuie consemnat într-un document întocmit la faţa locului. În cazul în care există rezultate ale unor măsurări de deformabilitate, se recomandă ca sondajele să fie efectuate în zone caracterizate prin valori ale deflexiunii apropiate de deflexiunea caracteristică.

În calcule se adoptă grosimile medii ale straturilor rutiere pentru fiecare sector omogen de drum.

5.2.2. Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic pentru tipurile de pământ sunt prezentate în tabelul 3, în funcţie de tipul climateric al zonei şi de regimul hidrologic al complexului rutier.

Tipurile de pământ, în conformitate cu STAS 1243, sunt prezentate în tabelul 4.

Tipul climateric al zonei este arătat în figura 1.

Regimul hidrologic se diferenţiază astfel:

- regimul hidrologic 1, corespunzător condiţiilor hidrologice FAVORABILE, conform STAS 1709/2;

- regimul hidrologic 2, corespunzător condiţiilor hidrologice MEDIOCRE şi DEFAVORABILE, conform STAS 1709/2., notat cu:

a: pentru sectoare de drum situate în rambleu cu înălţimea minimă de 1,00 m;

b: pentru sectoare de drum situate în rambleu cu înălţimea sub 1 m, la nivelul terenului, în profil mixt sau debleu.

Figura 1. Harta cu repartiţia tipurilor climaterice pe teritoriul României

(Pag. 12)

Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic al pământului de fundare

Tabelul 3

<table>
<tr><td rowspan="3">Tipul</td><td rowspan="3">Regimul</td><td colspan="5">Tipul pământului</td></tr>
<tr><td>P_1</td><td>P_2</td><td>P_3</td><td>P_4</td><td>P_5</td></tr>
<tr><td colspan="5">Ep, MPa</td></tr>
<tr><td rowspan="3">I</td><td>1</td><td rowspan="9">100</td><td rowspan="4">90</td><td>70</td><td rowspan="2">80</td><td>80</td></tr>
<tr><td>2a</td><td>65</td><td>75</td></tr>
<tr><td>2b</td><td rowspan="2">70</td><td>70</td></tr>
<tr><td rowspan="3">II</td><td>1</td><td rowspan="3">65</td><td>80</td><td>80</td></tr>
<tr><td>2a</td><td rowspan="2">70</td></tr>
<tr><td>2b</td><td>80</td><td>70</td></tr>
<tr><td rowspan="3">III</td><td>1</td><td>90</td><td>60</td><td>55</td><td>80</td></tr>
<tr><td>2a</td><td>80</td><td rowspan="2">50</td><td>65</td></tr>
<tr><td>2b</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Tipurile de pământ pe baza clasificării pământurilor

conform STAS 1243

Tabelul 4

Categoria pământului	Tipul de pământ	Clasificarea pământurilor conform STAS 1243	Indicile de plasticitate Ip%	Compoziţia granulometrică		
				Argilă %	Praf %	Nisip %
Necoezive	P_1	Pietriş cu nisip	sub 10	cu sau fără fracţiuni sub 0,5 mm		
	P_2		10...20	cu fracţiuni sub 0,5 mm		
Coezive	P_3	Nisip prăfos, nisip argilos	0...20	0...30	0...50	35...100
	P_4	Praf, praf nisipos, praf argilos, praf argilos nisipos	0...25	0...30	35... 100	0...50
	P_5	Argilă, argilă prăfoasă, argilă nisipoasă., argilă prăfoasă	peste 15	30... 100	0...70	0...70

Valoarea de calcul a coeficientului lui Poisson se stabileşte în funcţie de tipul pământului, conform tabelului 5.

Valorile de calcul ale coeficientului lui Poisson pentru pământuri

Tabelul 5

Tipul de pământ	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
Coeficientul lui Poisson	0,27	0,30	0,30	0,35	0,42

5.2.3. Valoarea de calcul a modulului de elasticitate dinamic al balastului (E_b) se stabileşte cu relaţia:

$$E_b = 0{,}20\ h_b^{0,45} \times E_p \qquad \text{(MPa)}$$

Formulă pag.14

în care:

h_b - grosimea stratului de balast, în mm;

E_p **-** modulul de elasticitate dinamic al pământului de fundare, în MPa, conform

pct. 5.2.2.

Coeficientul lui Poisson pentru balast este de 0,27.

5.2.4. Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic si ale coeficientului lui Poisson pentru materialele din straturile de baza si de fundaţie existente se stabilesc conform tabelului 6.

Valorile de calcul ale caracteristicilor de deformabilitate pentru straturile de bază şi de fundaţie

Tabelul 6

Denumirea materialului	E MPa	μ
Macadam penetrat	1000	0,27
Macadam	600	0,27
Agregate naturale stabilizate cu ciment	600	0,27
Piatră spartă cilindrată	400*	0,27
Pavaje	350	0,27
Bolovani	200	0,27

* Nota: În cazul în care piatra spartă cilindrată constituie un strat inferior de fundaţie, modulul elasticitate dinamic se stabileşte conform punctului 5.2.3.

5.2.5. Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic al mixturilor asfaltice din straturile bituminoase existente sunt în funcţie de tipul climateric şi de parametrul de degradare al îmbrăcămintei, conform tabelului 7.

Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic al mixturii asfaltice

Tabelul 7

Parametrul de degradare al îmbrăcămintei bituminoase, conform instrucţiunilor indicativ CD 155	Indicele global de degradare, conform normativului AND540	Tip climateric	
		I+II	III
		E, MPa	
Sub 0,10	Peste 85	3300	4700

0,10-0,30	65-85	3000	3800
Peste 0,30	Sub65	2500	3000

Valoarea de calcul a coeficientului lui Poisson este 0,35.

5.3. Valorile de calcul ale modulilor de elasticitate dinamici ai materialelor din straturile rutiere şi ai pământului de fundare sunt valori minime, corespunzătoare unei probabilităţi de 85 %. În vederea stabilirii valorilor acestor caracteristici, specifice sectorului de drum analizat, se recomandă determinarea lor pe baza rezultatelor măsurărilor cu deflectometre cu sarcină dinamică, folosind programe de calcul.

5.4. Straturile bituminoase de ranforsare sunt caracterizate prin grosimea fiecărui strat şi prin valorile modulului de elasticitate dinamic şi cele ale coeficientului lui Poisson.

5.4.1. Grosimea straturilor bituminoase de ranforsare se estimează, în conformitate cu pct. 2.1. Se recomandă adoptarea pentru o primă fază a calculelor de dimensionare, a unei grosimi minime de 8 cm.

5.4.2. Straturile bituminoase de ranforsare sunt caracterizate prin valorile modulului de elasticitate dinamic, conform tabelului 8, în funcţie de tipul stratului bituminos şi de tipul climateric.

Valoarea de calcul a coeficientului lui Poisson este de 0,35 pentru toate tipurile de mixtură asfaltică .

5.4.3. Deoarece ranforsarea structurii rutiere presupune în general prevederea mai multor straturi bituminoase, în calcule se adoptă grosimea totală a acestora şi valoarea modulului de elasticitate dinamic mediu ponderat (Em, MPa), calculat cu relaţia:

$$Em = [\ \Sigma(E_i^{\ 1/3} \times h_i) / \Sigma h_i]^3 \qquad (MPa)$$

Formulă pag.15

în care:

E_i - modulul de elasticitate dinamic al mixturii asfaltice din stratul i, în MPa;

H_l - grosimea stratului i, în cm.

Valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic

al mixturilor asfaltice din straturile bituminoase de ranforsare

Tabelul 8

Tipul stratului	Tip climateric	
	I+II	III
	E,MPa	
Uzura, SR 174/1	3600	4200
Legătură, SR 174/1	3000	3600

Strat de bază, STAS 7970	5000	5600

5.4.4. Valorile din tabelul 8 sunt corespunzătoare mixturilor asfaltice din straturile de uzura şi de legătură ale îmbrăcămintei bituminoase, care îndeplinesc condiţiile de calitate din SR174-1 şi mixturii asfaltice cilindrate, executate la cald, din stratul de bază, care îndeplineşte condiţiile de calitate din STAS 7970. În cazul în care compoziţia mixturii asfaltice dintr-un strat va fi diferită de cea din prescripţiile tehnice legale în vigoare, valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic vor fi stabilite cu Echipamentul complex pentru testarea în regim dinamic a mixturilor asfaltice.

5.5. Analiza structurii rutiere ranforsate la solicitarea osiei standard comportă calculul cu programul CALDEROM al următoarelor componente ale deformaţiei:

- deformaţia specifică orizontală de întindere la baza straturilor bituminoase (ε_r), în microdeformaţii;
- deformaţia specifică verticală de compresiune, la nivelul patului drumului (ε_z), în microdeformaţii.

5.5.1. Suportul fizic al programului CALDEROM se găseşte în dischetă, parte integrantă din normativ.

5.5.2. Modul de utilizare a programului de calcul CALDEROM este dat în Anexa 2.

5.5.3. Calculele se efectuează în următoarele puncte:

$$\text{- pentru } \varepsilon_r \quad r = 0 \text{ (cm)} \qquad z_1 = \sum_{i=1}^{n} h_{i.m.a.} \text{ (cm)}$$

în care:

$h_{i.m.a.}$ - grosimea fiecărui strat bituminos existent şi a straturilor de ranforsare, în cm;

$$\text{- pentru } \varepsilon_z \quad r = 0 \text{ (cm)} \qquad z_2 = H + h_{SR} \text{ (cm)}$$

în care:

H - grosimea totală a sistemului rutier existent, în cm;

h_{SR} - grosimea totală a straturilor bituminoase de ranforsare, în cm.

6. STABILIREA COMPORTĂRII SUB TRAFIC A SISTEMULUT RUTIER EXISTENT RANFORSAT

6.1. Stabilirea comportării sub trafic a sistemului rutier ranforsat are drept scop calcularea grosimii straturilor bituminoase de ranforsare pentru care sunt respectate criteriile de dimensionare, conform pct.3.1.

6.2. Criteriul deformaţiei specifice de întindere admisibile la baza straturilor bituminoase este respectat dacă rata de degradare prin oboseală (RDO) are o valoare mai mică sau egală cu (RDO) admisibilă.

6.2.1. Rata de degradare prin oboseală se calculează cu relaţia:

$$RDO = Nc/N_{adm} \qquad (3)$$

Formula 3/pag.17

în care:

Nc - traficul de calcul, în osii standard de 115 kN, în m.o.s.;

N_{adm} - numărul de solicitări admisibil, în m.o.s., care poate fi preluat de straturile bituminoase, corespunzător stării de deformaţie la baza acestora.

6.2.2. Numărul de solicitări admisibil, care poate să fie preluat de straturile bituminoase, se stabileşte cu ajutorul legilor de oboseală a mixturii asfaltice, în funcţie de categoria drumului sau a străzii, stabilită în conformitate cu prevederile normelor de la pct. 1.7 şi de traficul de calcul şi anume, cu relaţiile:

a. - autostrăzi şi drumuri expres;

- drumuri naţionale europene;
- drumuri şi străzi cu trafic de calcul mai mare de 1 m.o.s (1×10^6 o.s. 115):

$$N_{adm} = 4{,}27 \times 10^8 \times \varepsilon_r^{-3.97} \text{ (m.o.s.)} \qquad (4a)$$

Formula 4a/pag.17

b. - drumuri şi străzi cu trafic de calcul cel mult egal cu 1 m.o.s. (1×10^6 o.s. 115):

$$N_{adm} = 24{,}5 \times 10^8 \times \varepsilon_r^{3}\text{-}^{97} \text{ (m.o.s.)} \qquad (4b)$$

Formula 4b/pag.17

6.2.3. Numărul de solicitări admisibil ale osiei standard de 115 kN poate să fie stabilit şi cu ajutorul diagramei din fig.2.

Figura 2 Diagrama de stabilire a numărului de solicitări admisibil în funcţie de deformaţia specifică radială de întindere la baza straturilor bituminoase

6.2.4. Grosimea necesară a straturilor bituminoase de ranforsare este cea pentru care se respecta condiţia;

$$RDO < RDO\ adm.$$

Formulă/pag.18

în care RDO admisibil are următoarele valori:

- max. 0,80 pentru autostrăzi şi drumuri expres;
- max. 0,85 pentru drumuri naţionale europene;
- max. 0,90 pentru drumuri naţionale principale şi străzi;
- max. 0,95 pentru drumuri naţionale secundare;
- max. 1,00 pentru drumuri judeţene, comunale şi vicinale.

Încadrarea în categorii a drumurilor se face în conformitate cu Normele privind încadrarea în categorii a drumurilor de interes naţional, anexa la Ordinul M.T. nr.43/1997.

6.2.5. În cazul în care condiţia de la pct.6.2.4 nu este satisfăcută, se repetă calculul ratei de degradare prin oboseală pentru o grosime mai mare a straturilor bituminoase de ranforsare. Grosimea necesară a straturilor bituminoase de ranforsare se obţine prin interpolare,

6.3. Criteriul deformaţiei specifice verticale admisibile la nivelul pământului de fundare este respectat, dacă este îndeplinită condiţia:

$$\varepsilon_z \leq \varepsilon_{z\ adm}$$

Formula 5/pag.18

în care:

ε_z deformaţia specifică verticală de compresiune la nivelul pământului de fundare, în microdeformaţii, calculată conform pct. 5.5;

$\varepsilon_{z\ adm.}$ deformatia specifică verticală admisibilă la nivelul pământului de fundare, în microdeformaţii, calculată conform pct. 6.3.1.

6.3.1. Deformaţia specifică verticală admisibilă se calculează cu următoarele relaţii:

a. - autostrăzi şi drumuri expres;

- drumuri naţionale europene;
- drumuri şi străzi cu trafic de calcul mai mare de 1 m.o.s.(1×10^6 o.s. 115):

$$\varepsilon_{z\ adm.} = 329\ Nc^{-0.27} \quad \text{(microdef.)} \qquad (5a)$$

Formula 5a/pag.19

b. - drumuri şi străzi cu trafic de calcul cel mult egal cu 1 m.o.s.(1×10^6 o.s. 115);

$$\varepsilon_{z\ adm.} = 600\ Nc^{-0.28} \quad \text{(microdef)} \qquad (5b)$$

Formula 5b/pag.19

6.3.2. Deformaţia specifică verticală admisibilă se poate stabili şi cu ajutorul diagramei din figura 3.

Figura 3 Diagrama de stabilire a deformaţiei specifice verticale admisibile la nivelul pământului de fundare în funcţie de traficul de calcul

6.3.3. În cazul în care condiţia de la pct. 6.3 nu este satisfăcută, se repetă calculul deformaţiei specifice verticale, pentru o grosime mai mare a straturilor bituminoase de ranforsare.

7. EXEMPLE DE CALCUL

7.1. Exemplul 1

7.1.1. Datele problemei

Se cere să se stabilească grosimea necesară a straturilor bituminoase de ranforsare pentru un sector de drum naţional european, cu două benzi de circulaţie.

7.1.2. Sectorul de drum este caracterizat de următoarele date implicate în dimensionarea straturilor de ranforsare:

a. anul modernizării drumului 1965

b. alcătuirea medie a sistemului rutier, conform documentaţiei de proiectare:

- straturi bituminoase 20 cm
- strat superior de fundaţie din piatră spartă cilindrată 10 cm
- strat inferior de fundaţie din balast 20 cm

c. tipul de pământ p4

tipul climateric I

regimul hidrologic 2b

d. parametrul de degradare al

îmbrăcămintei bituminoase 0,09

7.1.3. Stabilirea traficului de calcul

a. Anul execuţiei ranforsării este 1999, iar perioada de perspectivă de 10 ani (1999 - 2009).

b. Se calculează traficul de calcul, conform cap.4, cu ajutorul datelor din tabelul 9.

Tabelul 9

Grupa de vehicule	N_{k95}	P_{k99}	P_{k09}	$P_{k99}+p_{k09}/2$	F_{ek}	Produsul col.1x col.4xcol.5 o.s.115
0	1	2	3	4	5	6
Autocamioane şi derivate cu 2 osii	537	1,48	3,10	2,29	0,30	369
Autocamioane şi derivate cu 3 osii	211	1.40	2.30	1.85	0.44	172
Autocamioane şi derivate cu peste 3 osii	531	1.64	2.82	2.23	1.61	1906
Autobuze	64	1.48	3,30	2,39	0,64	98
Remorci	210	1.40	2.84	2,12	0.06	27
TOTAL o.s.115						2572

Rezultă următorul trafic de calcul, conform relaţiei (1):

$Nc=365 \times 10^{-6} \times 10$ ani x 0,50 x 2572 o.s. 115 = 4,69 m.o.s.

7.1.4. Sistemul rutier este caracterizat prin grosimile straturilor rutiere şi valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic şi ale coeficientului lui Poisson din tabelul 10.

Tabelul 10

Denumirea materialului din strat	h cm	E MPa	μ

Mixtură asfaltică	20	3300*	0,35*
Piatră spartă cilindrată	10	400**	0,27**
Balast	20	152***	0,27***
Pământ P4	∞	70****	0,35****

Nota: * conform pct. 5.2.5 ** conform pct. 5.2.4

*** conform pct. 5.2.3 **** conform pct. 5.2.2

7.1.5. Se adoptă varianta 7.1.1 de alcătuire a straturilor bituminoase de ranforsare, conform tabelului 11.

Tabelul 11

VARIANTA	7.1.1	7.1.2
Strat de uzură	6,5 cm	4 cm
Strat de legătură	6,5 cm	4 cm
Strat de bază	-	7 cm
Em, MPa	3300	4029

7.1.6. Se calculează următoarele componente ale deformaţiei:

- ε_r, în microdeformaţii, la baza straturilor bituminoase;
- ε_z, în microdeformaţii, la nivelul patului drumului.

Rezultatele sunt date în tabelul 12.

Tabelul 12

VARIANTA	7.1.1	7.1.2
ε_r. microdef.	94	83
ε_z. microdef.	234	205
N_{adm}. m.o.s	6,27	10,27
RDO	0,75	0,46

7.1.7. Se calculează cu relaţia (4a), numărul de solicitări admisibil şi valoarea ratei de degradare prin oboseală, RDO = 4,69 m.o.s / N adm., date care sunt prezentate în tabelul 12.

Din acest tabel reiese că, în cazul variantei 7.1.1 de alcătuire a straturilor bituminoase de ranforsare, condiţia RDO = max.85 este respectată.

7.1.8. Se calculează cu relaţia (5a) deformaţia specifică verticală admisibilă la nivelul patului, obţinându-se $\varepsilon_{zadm.} = 217$ microdeformaţii, valoare care se compară cu valoarea deformaţiei specifice verticală calculata la acest nivel si anume Ez = 234 microdeformatii. Se constata ca nu se verifica criteriul Sz ^ Sz-idni. la nivelul patului drumului, fiind necesara adoptarea unor grosimi.mai mari ale straturilor de ranforsare.

7.1.9. Se reia calculul de dimensionare pentru varianta 7.1.2 de alcatuire a straturilor bituminoase de ranforsare, conform tabelului 11. Rezultatele sunt dateîn tabelul 12.

7.1.10. Din examinarea acestui tabel reiese ca în cazul aceastei variante de alcatuire a straturilor bituminoase de ranforsare sunt verificate ambele criterii de diinensionare.

7.2. Exemplul 2

7.2.1. Datele problemei

Se cere să se stabilească grosimea necesară a straturilor bituminoase de ranforsare pentru un sector de drum naţional principal, cu doua benzi de circulaţie.

7.2.2. Sectorul de drum este caracterizat de următoarele date:

a. anul modernizării drumului 1978

b. alcătuirea medie a sistemului rutier, conform documentaţiei de proiectare:

- straturi bituminoase 10 cm
- macadam 8 cm
- strat de fundaţie din balast 20 cm

c. tipul de pământ P3

tipul climateric I

regimul hidrologic 2b

d. parametrul de degradare al

îmbrăcămintei bituminoase 0,25

7.2.3. Stabilirea traficului de calcul

a. Anul execuţiei ranforsării este 1999, iar perioada de perspectivă de 10 ani (1999 - 2009).

b. Se calculează traficul de calcul conform cap.4, cu ajutorul datelor din tabelul 13.

Tabelul 13

Grupa de vehicule	N_{k95}	P_{k99}	P_{k09}	$P_{k99}+P_{09}/2$	F_{ek}	Produsul col. 1 x col.4 x col.5 o.s.115
0	1	2	3	4	5	6
Autocamioane şi derivate cu 2 osii	313	1,32	2,70	2,01	0,30	189
Autocamioane şi derivate cu 3 osii	63	1,32	2,02	1,67	0,44	46

Autocamioane şi derivate cu peste 3 osii	102	1,32	2,00	1,66	1,02	173
Autobuze	32	1,40	2,74	2,07	0,64	42
Remorci	30	1,32	2,46	1,89	0,06	3
TOTAL o.s.115						453

Rezultă următorul trafic de calcul, conform relaţiei (1):

Nc = 365 x 10^{-6} x 10 ani x 0,50 x 453 o.s. 115= 0,83 m.o.s.

7.2.4. Sistemul rutier este caracterizat prin grosimile straturilor rutiere şi valorile de calcul ale modulului de elasticitate dinamic şi ale coeficientului lui Poisson din tabelul 14.

Tabelul 14

Denumirea materialului din strat	h cm	E MPa	μ
Mixtură asfaltică	10	3000*	0,35*
Piatră spartă cilindrată	8	600**	0,27**
Balast	20	141***	0,27***
Pământ P_3	∞	65****	0,30****

Nota : * conform pct. 5.2.5 ** conform pct. 5.2.4

*** conform pct. 5.2.3 **** conform pct. 5.2.2

7.2.5. Se adoptă varianta de alcătuire a straturilor bituminoase de ranforsare din 4 cm strat de uzură şi 4 cm strat de legătură, modulul de elasticitate dinamic mediu ponderat fiind:

Em = 3300 MPa;

7.2.6. Se calculează următoarele componente ale deformaţiei:

- ε_r, în microdeformaţii, la baza straturilor bituminoase;
- ε_z, în microdeformaţii, la nivelul patului drumului.

Rezultatele sunt date în tabelul 15.

Tabelul 15

ε_r, microdef.	189
ε_z, microdef.	566
Nadm.,m.o.s.	2,29
RDO	0,36

7.2.7. Se calculează cu relaţia (4b), numărul de solicitări admisibil şi valorile ratei de degradare prin oboseală RDO = 0,83 / Nadm, date care sunt prezentate în tabelul 15.

Din acest tabel reiese că, prin execuţia unei îmbrăcăminte bituminoase, cu grosimea minimă de 8 cm, criteriul RDO $\leq$ RDO adm. este respectat.

7.2.8. Se verifică criteriul $\varepsilon_z \leq \varepsilon_{zadm.}$ la nivelul patului drumului.

Astfel, pentru Nc = 0,83 m.o.s., $\varepsilon_{zadm.}$ calculat cu relaţia (5b) este de 631 microdeformaţii. Din examinarea tabelului 15 reiese că şi acest criteriu este verificat.

7.2.9. Se consideră că poate fi adoptată soluţia de ranforsare cu 8 cm îmbrăcăminte bituminoasă.

ANEXA 2

METODA PENTRU ÎMPĂRŢIREA ÎN SECTOARE OMOGENE A UNUI TRONSON DE DRUM

1. GENERALITĂŢI

1.1. Prezenta metodă se referă la împărţirea în sectoare omogene a unui tronson de drum, pe baza rezultatelor măsurărilor de deformabilitate.

1.2. Măsurările de deformabilitate se efectuează cu deflectometrele cu pârghie tip Benkelman sau Soiltest, în conformitate cu prevederile instrucţiunilor indicativ CD31 sau cu deflectometrele cu sarcină dinamică, în firul de măsurare situat la cca 1,00 m de marginea părţii carosabile, în puncte situate la distanţe de max. 100 m între ele.

2. PRINCIPIUL METODEI

2.1. Metoda de împărţire în sectoare omogene se bazează pe studiul produselor cumulate dintre valoarea deflexiunii şi distanţa dintre punctul de origine şi poziţia punctului de măsurare.

2.2. Limitele între sectoarele omogene sunt constituite din punctele în care diferenţa dintre ordonata curbei cumulate şi cea care ia în considerare o variaţie liniară, prezintă valorile maxime şi minime.

3. METODA DE CALCUL

3.1. La împărţirea în sectoare omogene a unui tronson de drum se utilizează valorile deflexiunii măsurate în aceleaşi condiţii privind:

- perioada de măsurare a capacităţii portante;
- modul de solicitare a complexului rutier (sarcina pe osia din spate a vehiculului de măsurare, în cazul măsurărilor cu deflectometrele cu pârghie sau presiunea pe suprafaţa plăcii de încărcare, în cazul deflectometrelor cu sarcina dinamică).

3.2. Deflexiunile măsurate la diferite temperaturi ale straturilor bituminoase se transforma în deflexiuni normale, corespunzătoare temperaturii de 20^0 C, în conformitate cu metodologiile de prelucrare a rezultatelor măsurărilor de deformabilitate.

3.3. Diferenţa dintre ordonata curbei cumulate şi ordonata corespunzătoare unei variaţii liniare (z_e) se calculează cu următoarea relaţie:

$$z_e = \sum_{i=1}^{n} a_i - \left(\sum_{i=1}^{n} a_i / L\right) \bullet \sum_{i=1}^{n} \Delta x_i$$

Formulă/pag.25

în care:

$$a_i = d_{im} \cdot \Delta x_i$$

unde:

d_{im} - media între deflexiunile normale în punctele de măsurare "(i-1)" şi "i";

Δx_i - distanţa dintre punctele de măsurare "(i-1)" şi "i";

n - numărul de deflexiuni implicat în calcule;

L - lungimea totală a tronsonului de drum.

3.4. Punctele de inflexiune ale funcţiei $Z_e(L)$ reprezintă limitele sectoarelor omogene. Se menţionează că în general, drumurile sunt caracterizate printr-o variaţie mare a deformabilităţii în lungul acestora, ceea ce poate conduce la stabilirea unor sectoare de drum cu lungime redusă. Astfel, în cazul unor lungimi ale acestora mai mici de 200 m, este necesară analizarea indicatorilor statistici ai deformabilităţii pentru fiecare sector omogen de drum, în vederea unei eventuale comasări a sectoarelor omogene de drum.

3.5. Împărţirea în sectoare omogene se face cu ajutorul programului de calcul SECTOM.

3.6. Suportul fizic al programului de calcul SECTOM este o dischetă, parte integrantă din normativ.

4. MODUL DE UTILIZARE A PROGRAMULUI DE CALCUL SECTOM

4.1. Programul de calcul SECTOM este instalat de pe dischetă, prin copierea fişierelor în directorul de lucru. Programul rulează sub sistemul de operare Windows 95.

4.2. Crearea fişierului de date de intrare

4.2.1. Fişierul de intrare este în format text şi este organizat pe două coloane, prima reprezentând poziţia kilometrică a punctului de măsurare, iar a doua, valoarea deflexiunii normale (vezi figura).

4.2.2. Aceste date pot fi editate în cadrul programului SECTOM sau în orice alt editor de texte, cu condiţia ca fişierul obţinut să fie în format text.

IMPORTANT

FIŞIERUL DE INTRARE NU TREBUIE SĂ CONŢINĂ NICI UN FEL DE FORMATĂRI SAU CARACTERE SUPLIMENTARE ÎN PLUS FAŢĂ DE CELE UTILE!!!

4.3. Programul prezintă doua meniuri, organizate după funcţiile pe care le realizează :

- meniul care se referă la metoda de împărţire în sectoare omogene;
- meniul care cuprinde facilităţi generale referitoare la lucrul cu fişiere text.

4.4. Împărţirea în sectoare omogene a unui tronson de drum impune selectarea opţiunii "SECTOM" din meniul următor, cu următoarele observaţii:

- rularea procedurii de sectorizare generează un fişier de ieşire, denumit automat "out.dat". Structura acestuia este prezentată în continuare:
- fişierul de ieşire (în format text) poate fi redenumit, editat şi salvat. El poate fi preluat de alte programe de editare sau de calcul tabelar, pentru prelucrări ulterioare;

- la selectarea opţiunii "SECTOM" se derulează un meniu secundar, în cadrul căruia se introduc următoarele date:
  - numele drumului;
  - limitele tronsonului de drum studiat, caracterizate prin poziţia kilometrică iniţială şi cea finală .

4.4.1. Secţiunea "Opţiuni" a meniului SECTOM permite personalizarea barei de instrumente din fereastra de lucru.

4.4.2. Secţiunea "Info" a meniului SECTOM afişează informaţii referitoare la acest program.

4.5. Modulul de lucru cu fişiere text este disponibil din meniul de tip editare, care cuprinde opţiunile "Fişier", "Editare", Caută", "Opţiuni" şi "Fereastra". Acest meniu permite:

- deschidere şi salvare de fişiere;
- editare de fişiere text;
- selectare de fonturi;
- căutare şi înlocuire automată.

ANEXA 3

PROGRAMUL PENTRU CALCULUL DEFORMAŢIILOR SPECIFICE ÎN SISTEMELE RUTIERE ÎN ROMÂNIA

CALDEROM

1. GENERALITĂŢI

1.1. Programul CALDEROM şi suportul fizic al acestuia, care se găseşte pe dischetă, face parte integrantă din Normativul pentru dimensionarea straturilor bituminoase de ranforsare a sistemelor rutiere suple şi semirigide.

1.2. Acest program se utilizează la calculul deformaţiilor specifice în sistemele rutiere, sub solicitarea statică a semiosiei standard de 57,5 kN.

1.3. Programul se bazează pe rezolvarea analitică, cu ajutorul modelului Burmister, a stării de tensiune şi de deformaţie sub sarcină a sistemului rutier.

2. IPOTEZE DE CALCUL

2.1. Sistemul rutier este solicitat de o sarcină circulară cu presiunea verticală uniformă, reprezentând greutatea semiosiei standard cu roţi gemene, transmisă pe o suprafaţă circulară echivalenta suprafeţei de contact pneu - drum.

Caracteristicile sarcinii şi anume:

- sarcina pe roţile gemene: 57,5 kN;
- presiunea de contact: 0,625 MPa;
- raza suprafeţei de contact: 17,1 cm,

constituie date primare, constante, ale programului CALDEROM.

2.2. Sistemul rutier este considerat un mediu multistrat (maximum 5 straturi), în care fiecare strat rutier este considerat un solid elastic liniar, izotrop şi omogen, infinit în plan orizontal şi cu grosime finită, cu excepţia pământului de fundare, considerat semiinfinit.

2.3. Între straturile rutiere există aderenţă .

2.4. Punctele de calcul ale deformaţiilor specifice sunt situate într-un profil vertical în centrul sarcinii, la limita între straturi.

2.5. Calculul deformaţiilor specifice se efectuează în conformitate cu prevederile cap. 5 din normativ, în următoarele puncte:

- la partea inferioară a straturilor bituminoase;
- la partea inferioară a structurii rutiere (la nivelul patului drumului).

3. MODUL DE REZOLVARE A PROBLEMEI MECANICE

3.1. Problema mecanică constă din verificarea echilibrului sub o sarcină exterioară a unui solid elastic liniar izotrop.

3.2. Ecuaţiile de echilibru şi relaţiile existente între tensiunile şi deformaţiile specifice, conform mecanicii mediilor continui, într-un profil axisimetric, au următoarele expresii:

$$\nabla^2 (r,z) = 0$$

Formulă/pag.30

în care ∇^2 este operatorul bi-armonic, cu următoarea expresie:

$$\nabla^2 = (\delta^2/\delta r^2 + 1/r + \delta/r + \delta^2/\delta z)^2$$

Formulă/pag.30

3.3. Modelarea structurii după Burmister într-un mediu alcătuit din straturi elastice liniare izotrope conduce la rezolvarea pentru fiecare din acestea, a ecuaţiilor:

$$\nabla^2 (r,z) = 0$$

Formulă/pag.30

3.4. În coordonate axisimetrice se obţin pentru sarcina de calcul următoarele rezultate:

- tensiunile: σ_r (r,z), σ_θ (r,z), σ_z (r,z) şi τ_{rz} (r,z), conform figurii 1;
- deplasările orizontale u (r,z) şi verticale v (r,z);
- deformaţiile specifice corespunzătoare.

Componentele tensorului de tensiune σ şi de deformaţie specifică ε în rθ şi θz sunt nule şi deci, nu se calculează.

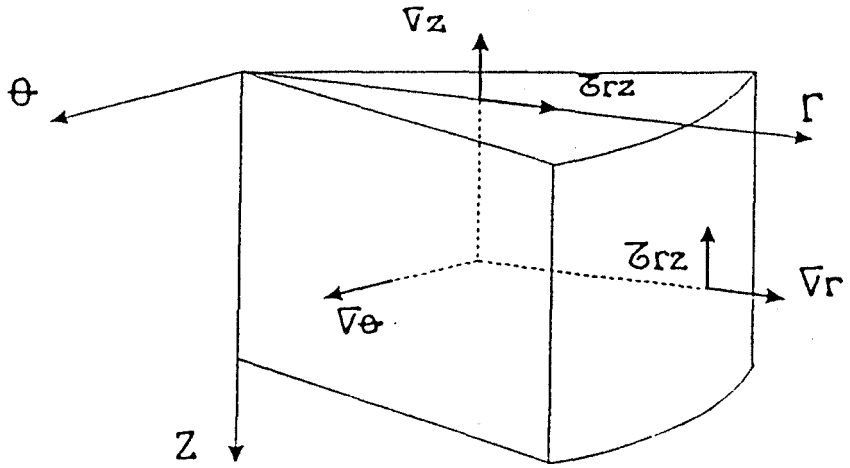


Figura 1. Rezultatele în reper axisimetric ale tensiunilor

3.5. Ipoteza elasticităţii liniare a modelului permite de a suprapune într-un reper axisimetric efectele diferitelor solicitări, în termeni de:

- tensiune: σ_r, σ_z;
- deformaţie specifică: ε_r, ε_z

4. DATELE DE INTRARE

4.1. **Numărul straturilor** reprezintă straturile bituminoase de ranforsare, considerate un singur strat rutier, plus numărul straturilor sistemului rutier existent (în care este inclus şi pământul de fundare).

4.2. Caracteristicile straturilor bituminoase de ranforsare, considerate **stratul 1,** sunt:

- **grosimea totală** estimată, în cm;
- **modulul de elasticitate dinamic mediu ponderat,** în MPa, calculat conform pct. 5.3. din normativ;

- **coeficientul lui Poisson.**

4.3. Caracteristicile fiecărui strat rutier existent **- straturile 2...4** - sunt:

- **grosimea,** în cm;
- **modulul de elasticitate dinamic, în cm;**
- **coeficientul lui Poisson.**

4.4. Caracteristicile de deformabilitate ale terenului (pământului) de fundare - **stratul 5** - sunt:

- **modulul de elasticitate dinamic, în MPa;**
- **coeficientul lui Poisson.**

Valorile acestor caracteristici sunt conform cap. 5 din normativ.

Se menţionează că în cazul în care sistemul rutier existent are mai mult de 4 straturi (inclusiv pământul de fundare), două sau trei straturi rutiere, alcătuite din materiale granulare, pot fi caracterizate prin:

- grosimea totală a acestora, în cm;
- modulul de elasticitate dinamic mediu ponderat, calculat cu relaţia:

$$Em = [\ \Sigma\ (E_i^{\ 1/3} \times h_i) / \Sigma\ hi]^3 \quad (MPa)$$

Formulă/pag.31

în care:

Ei - modulul de elasticitate dinamic al materialului din stratul i, în MPa;

h_i - grosimea stratului i, în cm.

4.5. Adâncimile de calcul ale deformaţiilor specifice sunt:

- la baza straturilor bituminoase, în cm;
- la nivelul patului drumului, în cm.

4.6. Un exemplu de date de intrare este dat în cap.6.

5. UTILIZAREA PRACTICĂ A PROGRAMULUI CALDEROM

5.1. Conţinutul dischetei

Discheta conţine următoarele fişiere:

- un fişier executabil: **calderom.exe;**
- un fişier necesar rulării programului: **dosxmsf.exe;**
- un fişier cu date de ieşire: **rezultat.dat.**

5.2. Instalarea programului

Se creează un director numit **CALDEROM,** în care se copiază fişierele de la pct.5.1.

5.3. Rularea programului

5.3.1. Se lansează în execuţie fişierul executabil: **calderom.exe.**

5.3.2. Datele de intrare se introduc în mod interactiv, conform pct.4.

5.3.3. După rularea corectă a fişierului **calderom. exe,** se generează fişierul de date de ieşire **rezultat.dat,** care poate fi tipărit.

5.3.4. Fişierul de date de ieşire **rezultat.dat** conţine următoarele date, conform exemplului din cap.6:

- denumirea drumului;
- sectorul omogen investigat;
- recapitularea datelor primare privind caracteristicile sarcinii;
- recapitularea datelor de intrare privind caracteristicile straturilor rutiere;
- rezultatele calculelor efectuate şi anume:

  R - distanţa punctului de calcul faţă de profilul longitudinal, care este în toate cazurile egala cu 0 cm, conform ipotezei de calcul;

  Z - adâncimea, în cm, a punctelor de calcul;

ATENŢIE: Semnul - înseamnă că punctul de calcul este la baza stratului;

Semnul + înseamnă că punctul de calcul este la partea superioară a stratului de dedesubt.

DEFORMATIA RADIALA, în microdeformaţii;

ATENŢIE: În calculele de dimensionare este utilizată deformaţia radială calculată la baza straturilor bituminoase.

În exemplul din cap.6, pentru Z = -33,00cm, DEFORMAŢIA RADIALĂ este .938E+02, ceea ce înseamnă ε_r = 94 microdeformaţii;

DEFORMAŢIA VERTICALĂ, în microdeformaţii:

ATENTIE: În calculele de dimensionare este utilizată deformaţia verticală calculată la nivelul pământului de fundare.

În exemplul din cap.6, pentru Z = 63,00 cm, DEFORMAŢIA VERTICALĂ este .234E+03, ceea ce înseamnă z = 234 microdeformaţii.

6. EXEMPLU DE CALCUL

DRUM:DN 75

Sector omogen: km 23+000 - 29+000

Parametrii problemei sunt

Sarcina.....	57.50 RN
Presiunea pneului	0.625 MPa
Raza cercului	17.11 cm

Stratul 1: Modulul 3300. MPa, Coeficientul Poisson .350, Grosimea 13.00cm
Stratul 2: Modulul 3300. MPa, Coeficientul Poisson .350, Grosimea 20.00 cm
Stratul 3: Modulul 400. MPa, Coeficientul Poisson .270, Grosimea 10.00cm
Stratul 4: Modulul 152. MPa, Coeficientul Poisson .270, Grosimea 20.00 cm
Stratul 5: Modulul 70. MPa, Coeficientul Poisson .350 şi e semifinit

REZULTATE:		DEFORMAŢIE	DEFORMAŢIE
R	Z	RADIALĂ	VERTICALĂ
cm	cm	microdef	microdef
.0	-33.00	.938E+02	-.111E+03
.0	33.00	.938E+02	-.171E+03
.0	-63.00	.898E+02	-.148E+03
.0	63.00	.898E+02	-.234E+03