ADMINISTRAȚIA NAȚIONALĂ A DRUMURILOR

NORMATIV
PENTRU DIMENSIONAREA RANFORSĂRILOR DIN BETON DE CIMENT ALE STRUCTURILOR RUTIERE RIGIDE, SUPLE ȘI SEMIRIGIDE

Indicativ PD 124-2002
Elaborat de: S.C. IPTANA S.A.

Foaie de semnături

Director general:	Dr. ing. C. MARȚINCU
Director divizie drumuri și autostrăzi:	Ing. E. LUCA
Responsabil A.Q.:	Ing. P. NICOLA
Șef Proiect:	Ing. C. POPESCU
Redactat:	Ing. C. GHIRLEA

CUPRINS

Capitolul I. Principii generale 6
Secțiunea 1. Obiect și domeniu de aplicare 6
Secțiunea a 2-a. Definiții 6
Secțiunea a 3-a. Referințe 7

Capitolul II. Stabilirea traficului de calcul 8

Capitolul III. Ranforsarea cu beton de ciment a structurilor rutiere suple și semirigide 10

Capitolul IV. Ranforsarea cu beton de ciment a structurilor rutiere rigide 16

Capitolul V. Diagrame de calcul 20

Capitolul VI. Anexe 22
Anexa VI.1. Coeficienți de evoluție a traficului și echivalare a vehiculelor 22
Anexa VI.2. Metoda de determinare a modulului de reacție al pământului 24
Anexa VI.3. Diagrame de dimensionare 26
Anexa VI.4. Exemple de calcul pentru ranforsarea structurilor rutiere 29

NORMATIV PENTRU DIMENSIONAREA RANFORSĂRILOR DIN BETON DE CIMENT ALE STRUCTURILOR RUTIERE RIGIDE, SUPLE ȘI SEMIRIGIDE	INDICATIV PD 124-2002

CAPITOLUL I
Principii generale
SECȚIUNEA 1
Obiect și domeniu de aplicare

Art. 1. - Normativul pentru ranforsarea structurilor rutiere cuprinde două metode de dimensionare:

a) metoda pentru dimensionarea ranforsărilor cu beton de ciment ale structurilor rutiere suple și semirigide (tratată în capitolele I, II și III);

b) metoda de dimensionare a ranforsărilor cu beton de ciment ale structurilor rutiere rigide (capitolul IV);

Art. 2. - Ranforsările cu beton de ciment constau în execuția de dale din beton peste structurile rutiere existente; rigiditatea acestor dale este foarte mare în comparație cu structura rutieră existentă; datorită acestui fapt, presiunile verticale, care apar sub aceste dale la trecerea sarcinilor, sunt repartizate pe o suprafață mare și în consecință sunt mici, cu excepția zonelor situate în dreptul rosturilor sau la marginea dalelor unde presiunile verticale sunt mai mari; din cauza deformării dalei, sub acțiunea sarcinilor, pot să apară eforturi de încovoiere mari la dală, și dacă grosimea dalei este insuficientă, aceasta poate să se rupă.

Art. 3. - Ranforsările cu beton de ciment (preparat și turnat conform SR 183/1-95 și SR 183/2-98) se execută pentru sporirea capacității portante a drumurilor.

Art. 4. - Necesitatea ranforsării structurilor rutiere este determinată de starea tehnică a acestora, stabilită conform prevederilor instrucțiunilor indicativ CD 155-2001.

SECȚIUNEA A 2-A
Definiții

Art. 5. - Traficul de calcul este numărul de osii standard cu încărcarea pe osie de 115 kN pe banda de circulație cea mai solicitată, echivalent vehiculelor care vor circula pe drum în timpul perioadei de perspectivă.

Elaborat de:	Aprobat de:
S.C. IPTANA S.A.	*ADMINISTRAȚIA NAȚIONALĂ A DRUMURILOR,* cu avizul nr. 93/1347/05.03.2002

Art. 6. - Perioada de perspectivă este perioada de timp pentru care se stabilește traficul de calcul al structurii rutiere rigide, exprimată în ani. La dimensionarea ranforsării structurilor rutiere rigide perioada de perspectivă pentru stabilirea traficului de calcul este egală cu 30 de ani, începând cu anul dării în exploatare a drumului.

Art. 7. - Sectorul omogen este sectorul de drum caracterizat prin date privind (PD 177-2001 și AND 540-98):

a) alcătuirea structurii rutiere existente;

b) tipul pământului de fundare;

c) regimul hidrologic al complexului rutier;

d) același trafic de calcul;

e) același tip climateric.

SECȚIUNEA A 3-A
Referințe

a) Ordinul M.T. nr.43/1998	Norme privind încadrarea în categorii a drumurilor naționale
b) Ordinul M.T. nr. 45/1998	Norme tehnice privind proiectarea, construirea și modernizarea drumurilor
c) Ordinul M.T. nr.46/1998	Norme tehnice privind stabilirea clasei tehnice a drumurilor publice
d) SR 183-1:1995	Lucrări de drumuri. Îmbrăcăminți din beton de ciment executate în cofraje fixe. Condiții tehnice de calitate
e) SR 183-2:1998	Lucrări de drumuri. Îmbrăcăminți din beton de ciment executate în cofraje glisante. Condiții tehnice de calitate
f) C 22 – 92	Normativ pentru executarea îmbrăcămințiî rutiere din beton de ciment în sistemele cofraje fixe și glisante (în curs de revizuire)
g) STAS 662-89	Lucrări de drumuri. Agregate naturale de balastieră
h) SR 667:2000	Agregate naturale și pietiș prelucrat pentru lucrări de drumuri. Condiții tehnice generale de calitate
i) STAS 1243-88	Teren de fundare. Clasificarea și identificarea pământurilor.
j) STAS 1709/1-90	Lucrări de drumuri. Adâncimea de îngheț în complexul rutier. Prescripții de calcul
k) STAS 1709/2-90	Lucrări de drumuri. Prevenirea și remedierea degradărilor din îngheț-dezgheț. Prescripții tehnice
l) STAS 2914-84	Lucrări de drumuri. Terasamente. Condiții tehnice de calitate

m) STAS 6400-84	Lucrări de drumuri. Straturi de bază și de fundație. Condiții tehnico generale de calitate
n) SR 7970:2001	Lucrări de drumuri. Straturi de bază din mixturi bituminoase cilindrate la cald. Condiții tehnice generale de calitate
o) STAS 8840-83	Lucrări de drumuri. Straturi de fundație din pământuri stabilizate mecanic. Condiții tehnice generale de calitate
p) STAS 1043/3/1-87	Lucrări de drumuri. Straturi din agregate naturale sau pământuri stabilizate cu ciment. Condiții tehnice generale de calitate
r) STAS 10473/2-86	Lucrări de drumuri. Straturi rutiere din agregate naturale sau pământuri stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici. Metode de determinare și încercare
s) STAS 12253-84	Lucrări de drumuri. Straturi de formă. Condiții tehnice generale de calitate
t) NORMATIV	Normativ de dimensionare a structurilor rutiere rigide – Redactarea a II-a (INCERTRANS – 2001)
u) CD 155-2001	Instrucțiuni tehnice departamentale privind determinarea stării tehnice a drumurilor moderne
v) AND 540-98	Normativ pentru evaluarea stării de degradare a îmbrăcămințil pentru drumuri cu structuri rutiere suple și semirigide
w) AND 547-99	Normativ pentru prevenirea și remedierea defecțiunilor la îmbrăcăminți rutiere moderne
x) PD 177-2001	Normativ pentru dimensionarea structurilor rutiere suple și semirigide (metoda analitică).

CAPITOLUL II
Stabilirea traficului de calcul

Art. 8. - (1) Compoziția și intensitatea traficului pe sectorul de drum considerat corespunde postului de recensământ conform sectorizării rețelei realizată cu ocazia ultimului recensământ general al circulației.

(2) În cazul drumurilor județene, comunale și vicinale, când pe tronsonul de drum supus modernizării nu a funcționat nici un post de recenzare sau ce anticipează redistribuiri de trafic este necesar să se efectueze un studiu de trafic pentru stabilirea intensității medii anuale și compoziției traficului.

Art. 9. - (1) Coeficienții de evolutie pe grupe de vehicule fizice se stabilesc pe baza ultimului recensământ general de circulație, conform reglementării tehnice elaborată de AND. Valorile acestor coeficienți se reactualizează după fiecare recensământ general de circulație.

(2) În Anexa VI.1 sunt prezentate valorile coeficienților medii de evolutie pe grupe de vehicule fizice stabilite pe baza ultimului recensământ general de circulație pentru perioada 2000...2020.

(3) Studiile de trafic pentru drumurile europene supuse modernizării sau pe alte drumuri deschise traficului greu trebuie să ia în considerare prezența în compoziția traficului a vehiculelor cu sarcina pe osie cuprinsă între 100 kN și 110 kN, ca urmare a creșterii limitei maxime a tonajelor pe osia simplă de la 10 t la 11 t, în cazul vehiculelor care vor circula pe aceste drumuri în conformitate cu Ordonanța Guvernului nr. 43/1997 privind regimul drumurilor, modificată și completată cu Ordonanța nr. 79/2001.

Art. 10. - (1) Coeficienții de echivalare a vehiculelor fizice în osii standard se stabilesc pe baza ultimului recensământ general de circulație, conform reglementării tehnice elaborată de AND. Valorile acestor coeficienți se reactualizează după fiecare recensământ general de circulație sau ca urmare a studiilor de trafic efectuate.

(2) În Anexa VI.1 sunt prezentate valorile coeficienților de echivalare a vehiculelor fizice în osii standard de 115 kN stabilite pe baza ultimului recensământ general de circulație pentru perioada 2000...2020.

Art. 11. - (1) Traficul de calcul pe perioada de perspectivă, N_c, se exprimă în milioane osii standard (m.o.s.) și se stabilește pe baza structurii traficului mediu zilnic anual corespunzător postului de recenzare aferent sectorului de drum sau studiului de trafic, cu relația:

$$N_c = 365 \times 10^{-6} \times P_p \times c_{rt} \times \sum_{k=1}^{6} MZA_k \times p_k \times f_{ek} \quad \text{(m.o.s.)} \quad \text{(II.1)}$$

unde:

365 - este numărul de zile calendaristice dintr-un an;

Pp - perioada de perspectivă, care este egală cu 30 de ani;

crt - coeficientul de repartiție transversală a traficului pe o bandă de circulație, conform tabelului 1;

MZA_k - traficul mediu zilnic anual al vehiculelor fizice din grupa k, conform rezultatelor recensământului general al circulației sau studiului de trafic;

p_k - coeficientul de evoluție al vehiculelor fizice din grupa k, în anul de la mijlocul perioadei de perspectivă, stabilit prin interpolare, conform reglementărilor tehnice elaborate de AND;

fe_k - coeficientul de echivalare a vehiculelor fizice din grupa k în osii standard, conform reglementării tehnice elaborată de AND;

Tabelul 1

Coeficientul de repartiție transversală

Numărul benzilor de circulație	1	2	3	4
c_{rt}	1,00	0,50	0,50	0,45

(2) În cazul drumurilor pe care recensământul de circulație s-a efectuat pe fiecare bandă de circulație, pentru stabilirea traficului de calcul se vor lua în considerare rezultatele recensământului de pe banda cea mai solicitată. În acest caz coeficientul de repartiție transversală a traficului, c_{rt} este egal cu 1.

CAPITOLUL III
Ranforsarea cu beton de ciment a structurilor rutiere suple și semirigide

Art. 12. - Se stabilește clasa tehnică a drumului în conformitate cu Ordinul M.T. nr. 46 din 27.01.1998 pentru aprobarea „Normelor tehnice privind stabilirea clasei tehnice a drumurilor publice" pentru stabilirea ipotezelor de dimensionare a dalei de beton.

Art. 13. - Dimensionarea ranforsării structurilor rutiere suple și semirigide se bazează pe criteriul tensiunii admisibile la întindere din încovoiere a betonului de ciment rutier (σ_{adm}).

Art. 14. - Pentru dimensionarea ranforsării cu beton de ciment a structurilor rutiere rigide, suple și semirigide este necesar să se efectueze în prealabil studii, în vederea obținerii următoarelor date:

a) caracteristicile geotehnice ale pământului de fundare;
b) alcătuirea structurii rutiere existente ce se ranforsează;
c) regimul hidrologic al complexului rutier (tipul profilului transversal, modul de asigurare a scurgerii apelor de suprafață, posibilitatea de drenare, nivelul apei freatice).

Art. 15. - Schema de calcul din cadrul metodei de dimensionare a ranforsării este modelul cu element finit realizat prin procedeul multistrat, ("Normativ de dimensionare a structurilor rutiere rigide"-2001) alcătuit din: dală de beton de ciment și stratul echivalent straturilor reale subadiacente (strat de bază/strat de fundație/strat de formă și teren de fundare) în condițiile următoarelor ipoteze:

1) caracteristicile încărcării din trafic (osia standard de 115 kN) sunt:
   a) încărcarea pe roțile duble: 115 kN/2 = 57,500 kN;
   b) presiunea în amprentă: 0,625 MPa;
   c) coeficientul de impact: 1,2;
   d) presiunea de calcul în amprentă: 0,625 x 1,2 = 0,750 MPa.

2) încărcarea de calcul din trafic este încărcarea pe roțile duble a osiei standard de 115 kN sporită cu coeficientul de impact și transmisă printr-o amprentă dreptunghiulară tangentă la marginea dalei, echivalenta amprentei eliptice reale, având dimensiunile în plan: l x L = 25 x 37 (cm);
3) încărcarea din variații zilnice din temperatură este datorată gradientului zilnic de temperatură constant, egal cu 0,67 din grosimea dalei pentru mijlocul și marginea dalei;
4) dala reazemă uniform pe structura rutieră existentă;
5) deplasările la contactul dintre dală și stratul echivalent straturilor reale subadiacente sunt definite prin modulul de reacție la suprafața stratului de rezemare.

Art. 16. - Calculul pentru dimensionarea structurii rutiere rigide pentru ranforsarea structurilor rutiere suple și semirigide se conduce pe baza diagramelor de dimensionare din Anexa VI.3. Succesiunea operațiilor de calcul este următoarea:

a) Stabilirea traficului de calcul;
b) Determinarea capacității portante a pământului de fundare;
c) Stabilirea straturilor din structura rutieră existentă;
d) Determinarea capacității portante a structurii rutiere existente;
e) Adoptarea clasei betonului de ciment rutier, conform SR 183-1:1995;
f) Determinarea tensiunii la întindere din încovoiere admisibilă a betonului de ciment rutier σ_{adm};
g) Adoptarea ipotezei de dimensionare în funcție de clasa tehnică a drumului;
h) Determinarea grosimii dalei din beton de ciment, H din diagramele de dimensionare, conform Anexei VI.3, pe baza valorii modulului de reacție la suprafața structurii rutiere existente, K și a tensiunii la întindere din încovoiere admisibilă a betonului de ciment rutier, σ_{adm}, prin interpolare liniară;
i) Verificarea structurii rutiere la acțiunea îngheț – dezgheț, conform STAS 1709/1-90 și STAS 1709/2-90.

Art. 17. - Suportul stratului din beton de ciment va fi alcătuit din structura rutieră ce se ranforsează inclusiv pământul de fundare.

Art. 18. - Caracteristica de deformabilitate ce caracterizează capacitatea portantă a pământului de fundare este modulul de reacție (coeficientul de pat) al pământului de fundare, K_0 (MN/m^3).

Art. 19. - Valoarea modulului de reacție al pământului de fundare K_0 se stabilește prin încercări cu placa "in situ" conform Anexei VI.2, sau prin corelarea cu datele menționate în tabelul 2.

Art. 20. - Pentru faze preliminare de proiectare (studiu de prefezabilitate, studiu de fezabilitate) și pentru lucrări de importanță redusă (drumuri locale, suprafețe de parcare, platforme, etc.,) se pot folosi valorile modulului de reacție al pământului de fundare, K_0 din tabelul 2.

Art. 21. - Valorile modulului de reacție al pământului de fundare, K_0 din tabelul 2 se stabilesc în funcție de:

1) tipul climateric al zonei în care este situat drumul, prezentat în figura 1;
2) regimul hidrologic al complexului rutier, care se diferențiază astfel:
   a) regimul hidrologic 1, corespunzător condițiilor hidrologice favorabile, definite conform STAS 1709/2-90;
   b) regimul hidrologic 2, corespunzător condițiilor mediocre și defavorabile, definite conform STAS 1709/2-90, notat:
   2a: pentru sectoare de drum situate în rambleu cu înălțimea minimă de 1,0 m;
   2b: pentru sectoarele de drum situate: în rambleu cu înălțimea sub 1,0 m, la nivelul pământului, în profil mixt, debleu;
3) tipul de pământ, prezentat în tabelul 3, pe baza clasificării pământurilor conform STAS 1243-88.

Tabelul 2

Valorile modulului de reacție al pământului de fundare, K_0 (MN/m³)

Tip climateric	Regim hidrologic	Tip de pământ				
		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
I	1	56	53	46	50	50
	2a			44		48
	2b				46	46
II	1				50	50
	2a					46
	2b		50		46	
III	1		53	42	39	50
	2a		50		37	44
	2b					

Tabelul 3

Tipurile de pământ pe baza clasificării pământurilor conform STAS 1243-88

Categoria pământului	Tipul de pământ	Clasificarea pământurilor conform STAS 1243 – 88	Indicele de plasticitate I_p	Compoziția granulometrică		
				Argilă %	Praf %	Nisip %
Necoezive	P_1	Pietriș cu nisip	Sub 10	Cu sau fără fracțiuni sub 0,5 mm		
	P_2		10...20	Cu fracțiuni 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 nisipoasă	Peste 15	30...100	0...70	0...70

Art. 22. - Straturile de formă pot fi alcătuite din:

a) materiale necoezive, materiale granulare din pietruiri existente, deșeuri de carieră, zgură brută de furnal înalt;
b) materiale coezive: pământuri coezive tratate cu var, pământuri stabilizate cu zgură sau var, pământuri stabilizate cu ciment, agregate naturale stabilizate cu lianți puzzolanici.

Art. 23. - Grosimea stratului de formă se ia în considerație la calculul grosimii echivalente a stratului de formă/fundație/bază/legătură/uzură existentă.

Art. 24. - Capacitatea portantă a structurii rutiere ce se ranforsează reprezintă modulul de reacție la suprafața structurii rutiere existente, K și se determină în funcție de:

a) valoarea modulului de reacție al pământului de fundare, K_0;
b) grosimea echivalentă a straturilor din structura rutieră existentă, H_{ech}.

Art. 25. - Grosimea echivalentă a structurii rutiere existentă, H_{ech} reprezintă suma grosimilor echivalente ale structurilor, conform relației:

$$H_{ech} = \sum_{i=1}^{n} h_i \times a_i, \quad \text{(cm)} \qquad \text{(III.1)}$$

în care:

n - numărul de straturi;
h_i - grosimea efectivă a stratului „i", exprimată în cm;
a_i - coeficientul de echivalare a stratului „i", determinat cu relația (III.2) sau din tabelul 4.

Art. 26. - (1) Coeficientul de echivalare al stratului „i" se stabilește curent în funcție de modul de alcătuire al stratului, cu relația:

$$a_i = [E_i/500]^{1/3} \qquad \text{(III.2)}$$

unde:

E_i - modulul de elasticitate al materialului din stratul „i", determinat conform „Normativ pentru dimensionarea structurilor rutiere suple și semirigide PD 177-2001";
500 - valoarea modulului de elasticitate al stratului etalon (din piatră spartă).

(2) Formula (III.2) se aplică atunci când se cunosc valorile modulului de elasticitate dinamic al fiecărui strat.

(3) Pentru alcătuiri curente ale stratului de fundație, coeficientul de echivalare se determină din tabelul 4.

Tabelul 4

Valorile coeficientului de echivalare a straturilor

Alcătuirea stratului rutier	a_i
Mixtură asfaltică	1,5
Balast stabilizat cu lianți hidraulici (ciment)/lianți puzzolanici (zgură granulată, cenușă de termocentrală)	1,5
Piatră spartă	1,0
Nisip stabilizat cu lianți hidraulici (ciment)/lianți puzzolanici (zgură granulată, cenușă de termocentrală)	1,0
Balast	0,75
Nisip	0,50

Art. 27. - Valoarea modulului de reacție la suprafața structurii rutiere existentă K se obține:

a) pentru valorile modulului de reacție al pământului de fundare, K_0 cuprinse între 20 MN/m³ și 100 MN/m³ și valoarea grosimii echivalente a straturilor existente, H_{ech}, obținută cu relația (III.1), folosind diagrama din fig. 2 (extrapolată pe intervalul H_e = 60-110 cm);

b) pentru valorile modulului de reacție al pământului de fundare, K_0 mai mici de 20 MN/m³ și valoarea grosimii efective a stratului de formă/fundație/bază, h_i folosind diagramele din figurile 3 și 4.

Art. 28. - (1) Condițiile de rezemare ale dalelor de beton au o importanță deosebită pentru buna comportare în timp ale acestora.

(2) Suprafața structurii rutiere vechi trebuie pregătită pentru a asigura o rezemare uniformă a dalelor (AND 547-99).

(3) Crăpăturile și fisurile îmbrăcămintii asfaltice vechi trebuie colmatate. Gropile și denivelările importante din îmbrăcămintea existentă trebuiesc eliminate prin plombări cu mixtură asfaltică sau mortar asfaltic. Suprafața obținută trebuie să asigure mișcările de dilatație sau contracție ale dalelor din beton (SR 183/1-95).

Art. 29. - Caracteristicile betonului de ciment rutier sunt următoarele:

a) rezistența caracteristică la încovoiere, $R^k_{inc.150}$ se stabilește în funcție de clasa betonului, conform SR 183-1:1995, iar valorile sunt prezentate în tabelul 5.

Tabelul 5

Clasa betonului rutier	B_cR 3,5	B_cR 4,0	B_cR 4,5	B_cR 5,0
$R^k_{inc.150}$(MPa)	3,5	4,0	4,5	5,0

Tensiunea la întindere din încovoiere admisibilă, σ_{adm} se determină cu relația (III.4).

În calculele care au folosit la stabilirea diagramelor de dimensionare, prezentate în Anexa VI.3 s-au considerat valori unice ce caracterizează betonul.

b) modulul de elasticitate la solicitări de scurtă durată (din trafic): E = 30.000 MPa;

c) coeficientul lui Poisson: ν = 0,15;

d) densitatea aparentă: ρ = 2.400 kg/m³;

e) modulul de elasticitate la solicitări de lungă durată (din gradientul de temperatură zilnic) este egal cu 0,5 x 30.000 = 15.000 MPa.

Art. 30. - Criteriul de dimensionare este definit conform Art. 13. și se exprimă prin relația:

$\sigma_i \leq \sigma_{adm}$ (III.3)

unde:

σ_i - tensiunea la întindere din încovoiere a betonului din dale, datorată încărcării combinate (încărcările din trafic și din gradientul de temperatură zilnic);

σ_{adm} - tensiunea admisibilă la întindere din încovoiere admisibilă a betonului de ciment din dale (dacă dalele sunt realizate din două straturi, σ_{adm} se referă la betonul din stratul de rezistență);

Art. 31. - Tensiunea la întindere din încovoiere admisibilă a betonului de ciment rutier (σ_{adm}) se determină cu relația (Normativ de dimensionare a structurilor rutiere rigide – Redactarea a II-a – 2001):

$\sigma_{adm} = R^K_{inc} \times \alpha \times (0,70 - \gamma \times \log N_c)$, (MPa) (III.4)

unde:

R^K_{inc} - rezistența caracteristică la încovoiere a betonului, la 28 zile definită conform SR 183-1:1995;

α - coeficientul de creștere a rezistenței betonului în intervalul 28...90 zile, egal cu 1,1;

N_c - traficul de calcul pe perioada de perspectivă determinat conform relației (II.1) exprimat în milioane osii 115 kN;

γ - coeficient, egal cu 0,05;

$0,70 - \gamma \times \log N_c$ - legea de oboseală.

Art. 32. - Ipotezele de dimensionare a structurilor rutiere rigide se consideră în funcție de clasa tehnică a drumului și condițiile climaterice, pe baza încărcării combinate (încărcarea de calcul din trafic și încărcarea din gradientul de temperatură zilnic) sau numai a încărcării de calcul din trafic.

Art. 33. - Ipoteze de dimensionare pentru clasele tehnice ale drumurilor sunt următoarele:

Drumuri de clasă tehnică I și II

Ipoteza 1: $\sigma_i = \sigma_f + 0,8\ \sigma_{tAt} \leq \sigma_{adm}$ (III.5)

Drumuri de clasă tehnică III şi IV

Ipoteza 2: $\sigma_i = \sigma_f + 0,8 \times 0,65\ \sigma_{t\Delta t} \leq \sigma_{adm}$ (III.6)

Drumuri de clasă tehnică V

Ipoteza 3: $\sigma_i = \sigma_f \leq \sigma_{adm}$ (III.7)

cu condiţia de a verifica dacă soluţia rezultată se justifică din punct de vedere tehnico-economic.

unde:

σ_f - tensiunea la întindere din încovoiere datorată încărcării de calcul din trafic;

$\sigma_{t\Delta t}$ - tensiunea la întindere din încovoiere datorată gradientului de temperatură zilnic;

Art. 34. - Grosimea minimă a dalei de beton de ciment este de 18 cm.

Art. 35. - Pentru a evita apariţia fisurilor şi crăpăturilor datorită variaţiilor de temperatură şi umiditate, dalele din beton vor fi delimitate cu rosturi transversale şi longitudinale conform SR 183/1-95. Protejarea betonului proaspăt se va face conform SR 183/1-95.

CAPITOLUL IV
Ranforsarea cu beton de ciment a structurilor rutiere rigide

Art. 36. - Dimensionarea grosimii dalelor noi din beton, ale căror rosturi trebuie să se suprapună peste rosturile din îmbrăcămintea veche, se bazează pe relaţii de calcul care ţin seama de gradul de aderenţă dintre îmbrăcămintea veche si cea nouă.

Art. 37. - Calculele pentru stabilirea grosimii ranforsării cu beton de ciment a structurilor rutiere rigide se fac pe baza următoarelor relaţii:

a) În cazurile în care între îmbrăcămintea veche şi cea nouă din beton de ciment se interpune un element intermediar, pentru a separa cele două dale (hârtie rezistentă, folie de polietilenă, carton asfaltat, mortar sau mixtură bituminoasă, etc.) efectul grosimii dalei existente este redus, dalele sunt neaderente. În acest caz se aplică relaţia:

$$HR = \sqrt{H^2 - cH_0^2} \qquad (IV.1)$$

b) În cazurile în care îmbrăcămintea nouă din beton de ciment se execută direct pe betonul vechi, curăţat, fără element de separaţie, dalele sunt parţial aderente. În acest caz se aplică relaţia:

$$HR = \sqrt[1,4]{H^{1,4} - cH_0^{1,4}} \qquad (IV.2)$$

c) În cazurile în care la executarea îmbrăcăminţii noi din beton de ciment se iau măsuri pentru asigurarea unei aderente perfecte între dalele vechi şi cele noi, răşini epoxidice, lapte de ciment, buloane de scelment etc. dalele sunt aderente. În acest caz se aplică relaţia:

$$HR = \sqrt{1,13H^{1,87} - cH_0^2} \qquad (IV.3)$$

în care :

HR - grosimea ranforsării (dalei noi), în cm;

H - grosimea echivalentă a unei îmbrăcăminţi noi din beton de ciment determinată cu „Normativul de dimensionare a structurilor rutiere rigide – 2001" pentru traficul de calcul stabilit pentru ranforsare;

H_0 - grosimea îmbrăcăminţii din beton de ciment existente (dală existentă), în cm;

c - factor care ţine seama de starea de fisurare a îmbrăcăminţii existente.

Art. 38. - (1) Pentru ranforsarea cu beton de ciment a unei structuri rutiere rigide, este necesar a se efectua, în prealabil un studiu preliminar din care să rezulte:

a) intensitatea traficului de calcul;

b) grosimea betonului din structura rutieră existentă, determinată pe carote sau sondaje;

c) starea de fisurare a dalelor existente, pentru stabilirea factorului „c";

d) caracteristicile pământului de fundare.

(2) În relaţiile de mai sus, factorul „c" indică comportarea structurii rutiere existente, în funcţie de starea de fisurare a îmbrăcăminţii vechi din beton de ciment.

(3) Aprecierea valorii factorului „c" se face prin examinarea vizuală a stării de fisurare a îmbrăcăminţii vechi din beton de ciment.

(4) Factorul „c" care ţine seama de starea îmbrăcăminţii existente are următoarele valori:

c = 1,00 - îmbrăcămintea existentă este în stare bună, fără crăpături structurale (sau foarte puţine);

c = 0,75 - îmbrăcămintea existentă prezintă fisuri, însă fără degradări generalizate, dale cu colţuri rupte sau unele crăpături structurale;

c = 0,35 - îmbrăcămintea existentă este în stare rea, foarte fisurată sau distrusă.

(5) Pentru cazuri intermediare, valoarea coeficientului „c" se determină prin interpolare.

Art. 39. - Grosimea „H" a unei îmbrăcăminţi noi din beton, care se introduce în relaţiile IV.1, IV.2 şi IV.3 de mai sus poate fi stabilită prin dimensionarea unei structuri rutiere rigide noi pentru traficul de calcul stabilit pentru ranforsarea sectorului de drum luat în considerare.

Art. 40. - În cazul în care grosimile ranforsării (HR) calculate cu relațiile IV.1, IV.2 și IV. 3 sunt mai mici de 18 cm, atunci se adoptă pentru îmbrăcămintea din beton de ciment grosimea de 18 cm.

Art. 41. - Calculul grosimii dalei pentru ranforsări comportă următoarele operații de calcul:

a) Se stabilesc parametrii de calcul;

b) Se calculează grosimea ranforsării (HR), ținând seama de aderența dintre dalele îmbrăcămintii vechi și noi;

c) Grosimea ranforsării (HR), va fi cea rezultată din calcule (rotunjită în plus la centimetri întregi), dar nu mai mică de 18 cm;

d) Verificarea la acțiunea îngheț-dezghețului STAS 1709/1-90 și STAS 1709/2-90.

Art. 42. - Parametrii de calcul sunt:

a) traficul de calcul;

b) grosimea îmbrăcămintii vechi de beton de ciment (H_0), (pe carote, sondaje, etc.);

c) caracteristicile betonului ranforsării (tensiunea admisibilă la întindere din încovoiere);

d) valoarea factorului „c";

e) grosimea echivalentă a unei îmbrăcăminți noi din beton de ciment (H), determinată conform „Normativului de dimensionare a structurilor rutiere rigide" - 2001.

Art. 43. - Dalele noi vor avea rosturile suprapuse peste rosturile din dalele vechi.

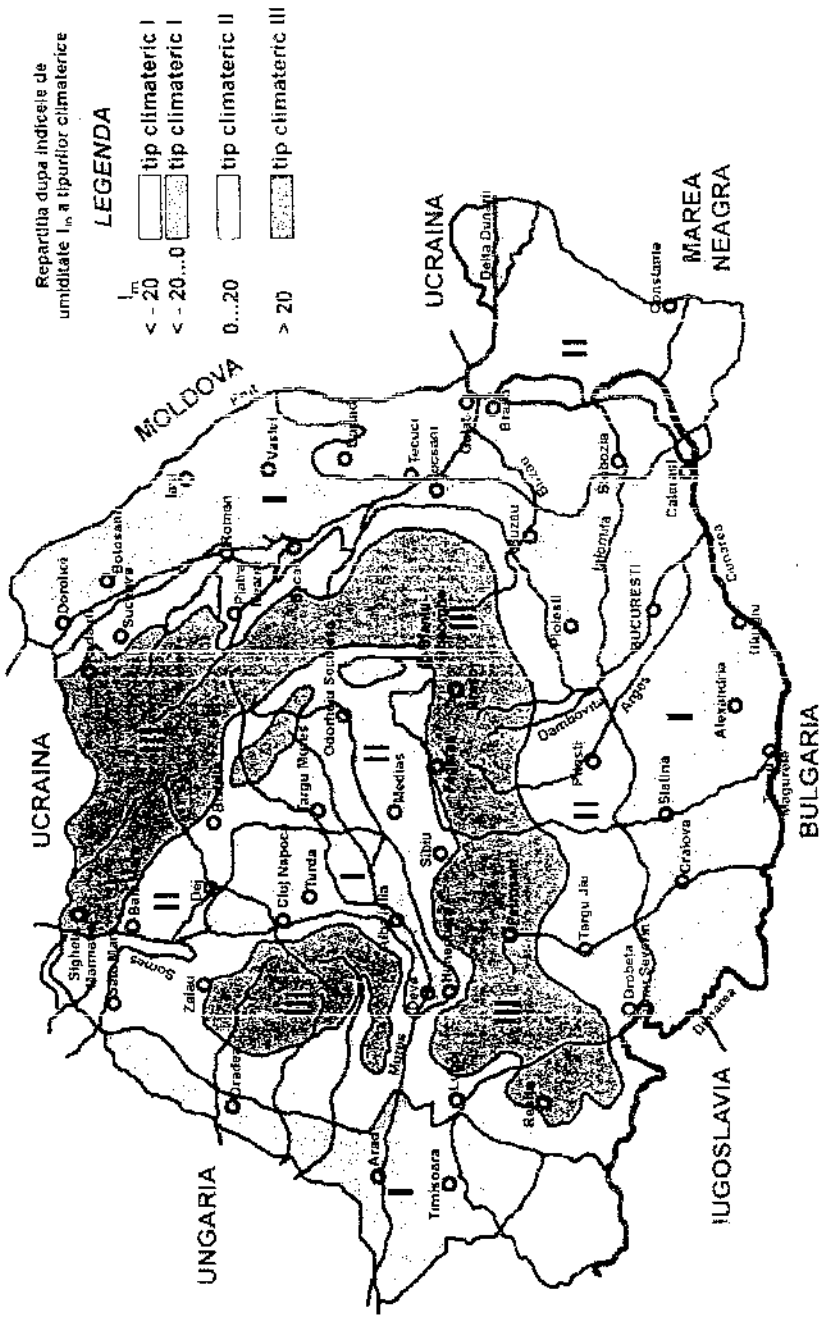


Fig. 1. Harta cu repartiția tipurilor climatestice

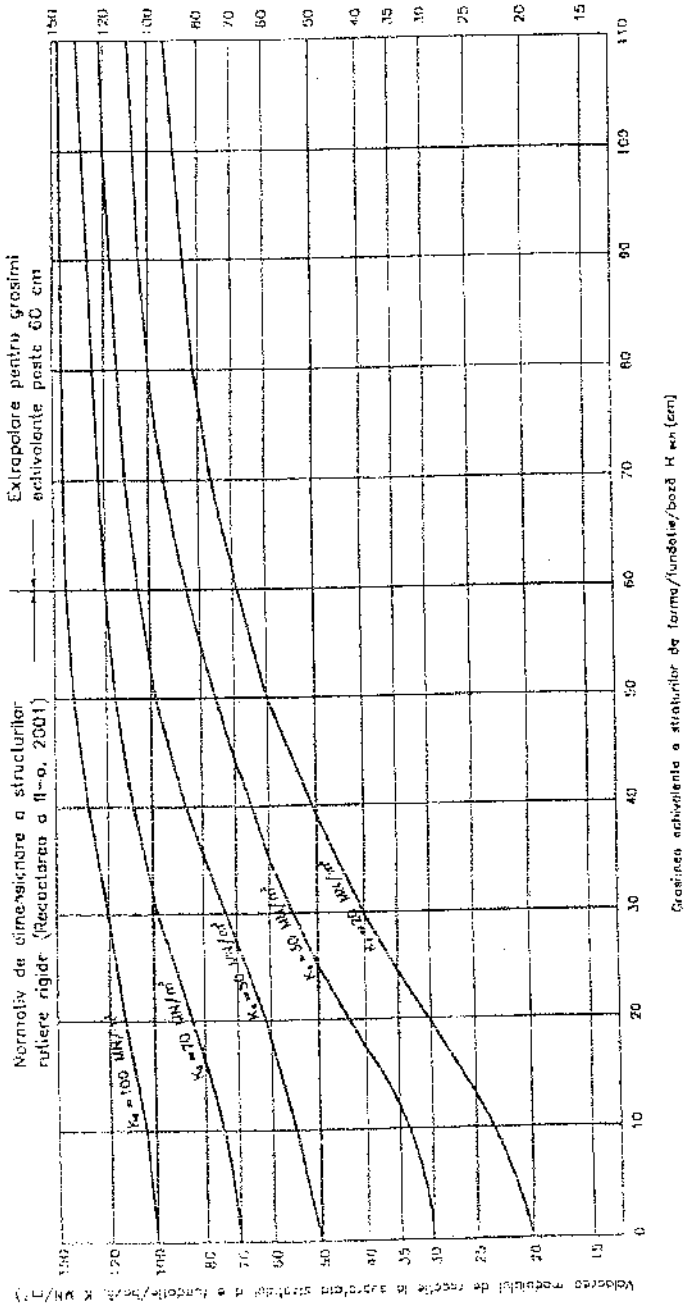


Fig. 2. Modulul de reacție la suprafața stratului de fundație/bază (la suprafața structurii rutiere care trebuie ranforsată)

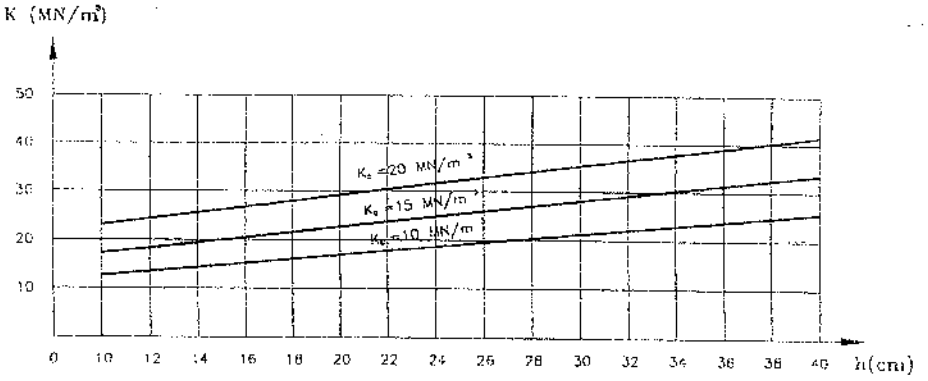


Fig. 3. Modulul de reacție la suprafața stratului de fundație/bază în funcție de grosimea efectivă, h a straturilor din materiale granulare

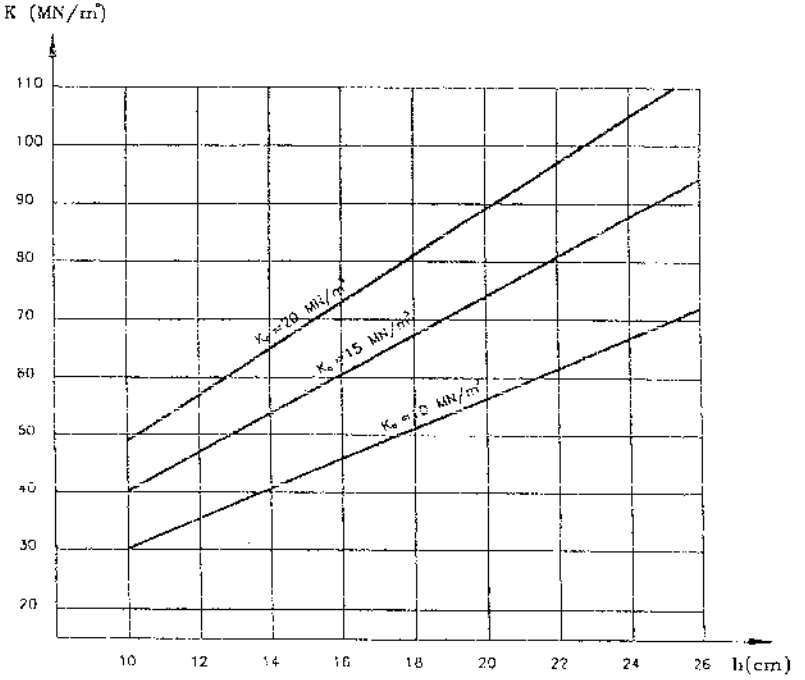


Fig. 4 Modulul de reacție la suprafața stratului de fundație/bază în funcție de grosimea efectivă, h a straturilor din materiale granulare stabilizate cu ciment

CAPITOLUL VI
Anexe

Anexa VI.1. Coeficienți de evoluție a traficului și echivalare a vehiculelor

Coeficienții de evoluție (Pk) a traficului pentru perioada 2000 – 2020
Coeficienți medii

1. Drumuri naționale europene (drumuri E)

Anul	Autocamioane și derivate cu două osii	Autocamioane și derivate cu 3 sau 4 osii	Autovehicule articulate	Autobuze	Remorci
2000	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2005	1,2	1,2	1,2	1,1	1,4
2010	1,4	1,5	1,6	1,3	1,8
2015	1,7	1,9	1,9	1,5	2,2
2020	2,0	2,2	2,1	1,7	2,5

2. Drumuri naționale principale

Anul	Autocamioane și derivate cu două osii	Autocamioane și derivate cu 3 sau 4 osii	Autovehicule articulate	Autobuze	Remorci
2000	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2005	1,1	1,1	1,2	1,1	1,3
2010	1,4	1,4	1,6	1,3	1,6
2015	1,7	1,7	1,9	1,5	2,0
2020	1,9	1,9	2,1	1,7	2,2

3. Drumuri naționale secundare

Anul	Autocamioane și derivate cu două osii	Autocamioane și derivate cu 3 sau 4 osii	Autovehicule articulate	Autobuze	Remorci
2000	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2005	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2
2010	1,4	1,4	1,5	1,3	1,5
2015	1,7	1,7	1,7	1,5	1,8
2020	1,9	2,0	1,9	1,7	2,0

4. Drumuri județene

Anul	Autocamioane și derivate cu două osii	Autocamioane și derivate cu 3 sau 4 osii	Autovehicule articulate	Autobuze	Remorci
2000	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2005	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2
2010	1,3	1,3	1,2	1,2	1,4
2015	1,5	1,5	1,4	1,4	1,7
2020	1,7	1,7	1,5	1,5	1,8

Coeficienți medii de echivalare (f_{ek}) a vehiculelor fizice în osii de 115 kN

(Recensământ 2000 – Ranforsări structuri rutiere suple și semirigide)

Tipul de structură rutieră	Grupa de vehicule				
	Autocamioane și derivate cu două osii	Autocamioane și derivate cu 3 sau 4 osii	Autovehicule articulate	Autobuze	Remorci
Ranforsări structuri rutiere suple și semirigide	0,3	0,8	0,9	0,6	0,2

Anexa VI.2. Metoda de determinare a modulului de reacție al pământului

1. Definiție

Modulul de reacție al pământului, K_0 este prin definiție dat de relația:

$$K_0 = \frac{70}{w}$$

unde:

w - deformația medie exprimată în cm a unei plăci de 75 cm diametru, așezată pe pământ și încărcată cu o presiune de 70 kPa (0,70 daN/cm²), aproximativ 3 kN.

2. Aparatură

- O placă rigidă cu diametrul de 75 cm. În general această placă este din oțel și de grosime unică de 25 mm. Se poate, de asemenea, realiza din suprapunere de plăci având grosimea de 10 mm și diametre descrescătoare: 75 cm – 60 cm – 45 cm – 30 cm;
- O verină hidraulică cu o putere de 5 t sprijinită pe placa de mai sus, în centru sau, cu un dispozitiv în formă rotundă. Această verină trebuie să fie dotată cu un manometru ce va fi etalonat recent; se recomandă echiparea cu un inel dinamometric;
- Un portic sub care verina va apăsa pentru a aplica încărcarea în placă. Acest portic se poate realiza dintr-un simplu profil de 5 sau 6 m pe care apasă 2 camioane încărcate, dispuse paralel; sau cu un singur camion cu șasiu mare. Este necesar ca roțile camionului sau a celor doua camioane să fie plasate la mai mult de 2 m de marginea plăcii de încărcare;
- Trei sau patru comparatoare cu precizie de sutime de milimetri dispuse simetric pe placă în zona mediana a acesteia. Un cadru metalic alăturat servește ca suport al comparatoarelor și trebuie să se sprijine pe pământ la cel puțin 2 m de centrul plăcii și de roțile camioanelor.

3. Modul de lucru

- Pământul este decapat până la nivelul din proiect al platformei, apoi este compactat cu maiul, pentru a atinge aproximativ compactarea pământului care se va obține *sub îmbrăcămintea din beton*[*].

Pentru a asigura un bun contact între pământ și placă, se procedează astfel:

a) Se așează sub placă un strat de nisip fin de aproximativ 3 cm grosime sau un strat de ipsos, sau un strat de mortar de ciment preparat pe loc.

[*] Dacă se face încercarea în sezon uscat și dacă există riscul de infiltrație capilară sub viitoarea îmbrăcăminte, se va stropi abundent pământul în jurul plăcii, aceasta fiind deja așezată pe locul respectiv.

b) Dacă pământul este destul de plastic, se încarcă placa cu 10 kPa (0,1 daN/cm²) cu ajutorul verinei.

În cazul a) se va aplica mai întâi 30 secunde o încărcare de 10 kPa pe placă pentru o bună așezare a tuturor elementelor dispozitivului. Apoi se suprimă încărcarea și îndată ce comparatoarele sunt stabilizate, se notează indicațiile lor; fie C_0 (cm) media indicațiilor lor.

Se aplică după aceea, pe o durată de 10 secunde, încărcarea de 70 kPa și se menține aceasta constantă până când variația comparatoarelor devine inferioară valorii de 5 sutimi de mm/minut.

Fie C_1 (cm) indicațiile comparatoarelor în acest moment.

Rezultă:

$W = C_1 - C_0$ (CM)

De unde:

$$K_0 = \frac{70}{C_1 - C_0}$$

În cazul b) se aplică încărcarea de 10 Kpa până când comparatoarele nu variază mai mult decât în cazul precedent. Se citește atunci C_0' (cm). Apoi se sporește încărcarea de la 10 kPa la 70 kPa și se citesc indicațiile C_1' (cm) ale comparatoarelor după stabilizare ca și mai sus.

În final:

$$K_0 = \frac{60}{C_1' - C_0'}$$

Notă:

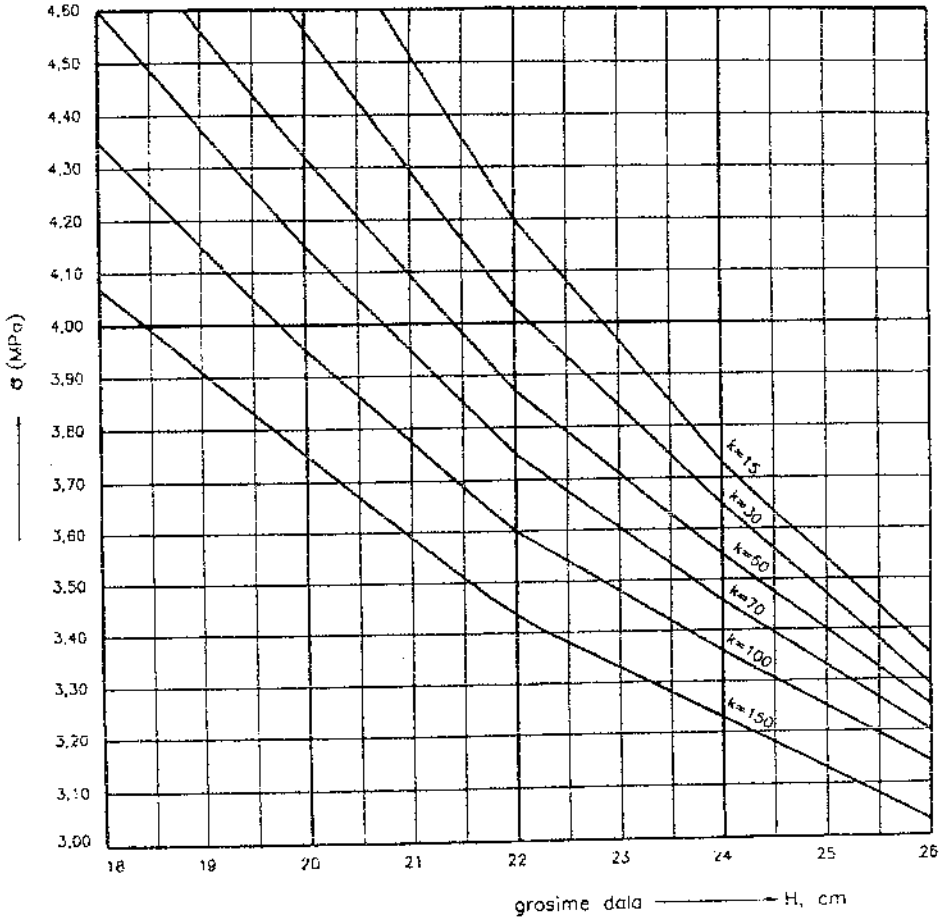
În cazul în care structura rutieră este pentru un aerodrom de importanță redusă, se va putea înlocui placa cu diametrul de 75 cm cu o placă cu diametrul de 50 cm și de 20 mm grosime. Această placă este mai ușor de manipulat decât precedenta (30 kg în loc de 86 kg). În acest caz, încărcarea pe placă este de 1,4 kN în loc de 3 kN; putându-se utiliza un camion cu șasiu lung. De asemenea, este suficientă distanța de 1,2 m care separă roțile camionului de marginea plăcii de încărcare. Se va opera așa cum s a arătat mai sus, iar valorile lui K_0 vor fi calculate în modul următor:

- în cazul a) $K_0 = \frac{60}{C_1 - C_0} \times \frac{50}{75}$

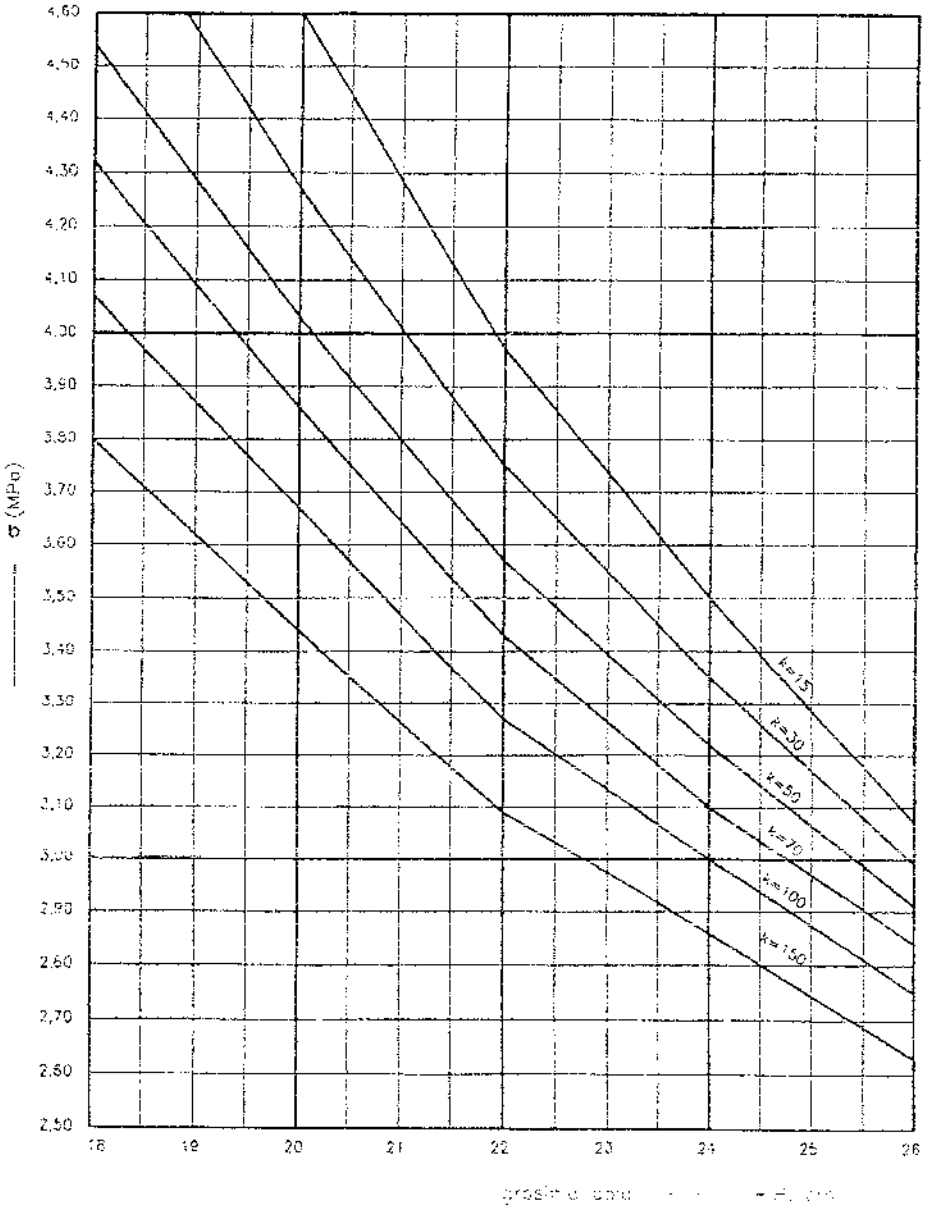
- în cazul b) $K_0 = \frac{60}{C_1' - C_0'} \times \frac{50}{75}$

Anexa VI.3. Diagrame de dimensionare

1. Diagrama pentru dimensionarea dalelor de beton
Ipoteza 1 de dimensionare
$\sigma = \sigma_{adm} = \sigma_1 + 0{,}80\sigma_t\Delta_t$



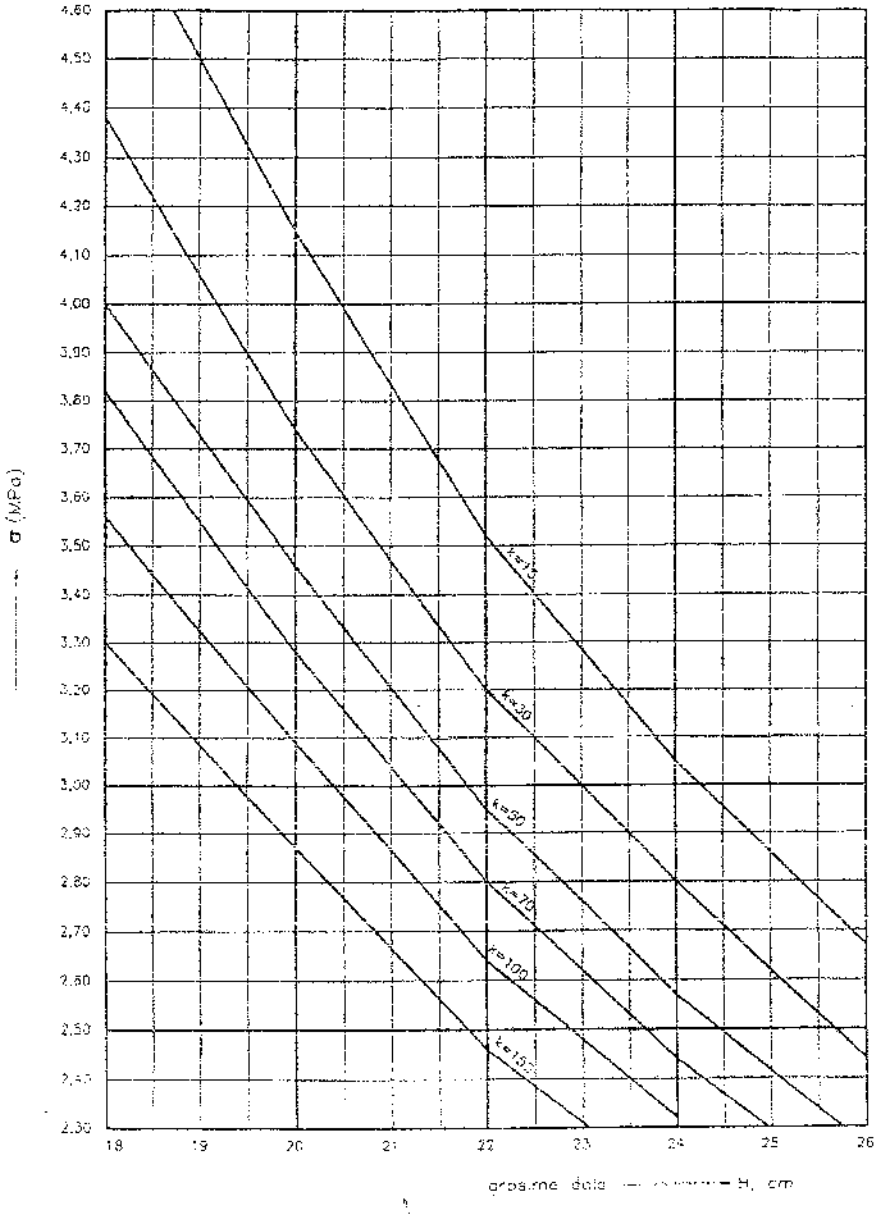
1. Diagrama pentru dimensionarea dalelor de beton
Ipoteza 2 de dimensionare
$\sigma = \sigma_{adm} = \sigma_1 + 0{,}80 \times 0{,}65\sigma_t\Delta_t$



1. Diagrama pentru dimensionarea dalelor de beton

Ipoteza 3 de dimensionare

$\sigma = \sigma_t \leq \sigma_{adm}$



Anexa VI.4. Exemple de calcul pentru ranforsarea structurilor rutiere

Exemplul 1

Să se dimensioneze dala din beton de ciment pentru ranforsarea structurii rutiere situată pe un sector de drum național (E), cunoscându-se următoarele date:

- faza de proiectare este studiu de fezabilitate;
- profilul transversal este alcătuit din 2 x 2 benzi de circulație;
- structura rutieră existentă este semirigidă și este alcătuită din:
  - 4 cm beton asfaltic;
  - 4 cm binder de criblură;
  - 8 cm mixtura densă;
  - 15 cm balast stabilizat cu ciment;
  - 20 cm fundație de balast;
  - 12 cm strat de formă din balast.
- drumul ranforsat va intra în exploatare în anul 2005;
- sectorul de drum este situat într-o regiune cu tip climateric II, în care sursele de agregate naturale de balastieră sunt la distanțe relativ reduse de traseul sectorului respectiv de drum;
- îmbrăcămintea din beton de ciment se va executa într-un singur strat; terasamentele rutiere sunt în rambleu cu înălțimea mai mare de 1,0 m;
- pământul de fundare este alcătuit din argilă prăfoasă în conformitate cu STAS 1243-88;
- caracteristicile traficului rutier sunt cele corespunzătoare postului de recenzare situat pe sectorul respectiv de drum. Astfel compoziția traficului mediu zilnic MZA_k, conform ultimului recensământ general de circulație din 2000 este următoarea:
  - autocamioane și derivate cu 2 osii: 1560
  - autocamioane și derivate cu 3 și 4 osii: 1306
  - autovehicule articulate: 739
  - autobuze: 360
  - remorci: 246

Succesiunea operațiilor de calcul este următoarea:

1. Stabilirea traficului de calcul

Se stabilește traficul de calcul, N_c, cu ajutorul relației (II.1):

$$N_c = 365 \times 10^{-6} \times n \times c_{rt} \times \sum_{k=1}^{6} MZA_k \times p_k \times f_{ek} \quad \text{(m.o.s.)}$$

Pe baza datelor de trafic se determină $\sum_{k=1}^{6} MZA_k \times p_k \times f_{ek}$, conform tabelului următor:

(p_k în anul de la mijlocul perioadei de perspectivă)

Grupa de vehicule	Traficul mediu zilnic MZA_k	P_{k2020}	f_{ek}	$MZA_k p_k f_{ek}$ (o.s. 115kN)
Autocamioane cu 2 osii	1560	2,0	0,2	624
Autocamioane cu 3 și 4 osii	1306	2,2	2,3	6608
Autovehicule articulate	739	2,1	1,8	2793
Autobuze	360	1,7	0,8	490
Remorci	246	2,5	0,02	12
TOTAL	4.211	-	-	10.527

$N_c = 365 \times 10^{-6} \times 30$ ani $\times 0,45 \times 10.527 = 51,9$ m.o.s.

Sectorul de drum național european (E) corespunde clasei tehnice II (4 benzi)

2. Determinarea capacității portante a pământului de fundare

Se determină modulul de reacție al pământului de fundare, K_0.

Pământul de fundare fiind alcătuit din argilă prăfoasă se încadrează în tipul P_5, conform *tabelului 3.*

Sectorul de drum fiind situat într-o regiune cu tip climateric II și în rambleu, cu o înălțime mai mare de 1,00 m, rezultă regimul hidrologic 2a.

Ținând seama că faza de proiectare este studiu de fezabilitate, valoarea modulului de reacție al pământului de fundare, K_0 se determină conform *tabelului 2,* pe baza tipului de pământ P_5, tipul climatic II și regimul hidrologic 2a și rezultă: $K_0 = 46$ MN/m³.

3. Determinarea capacității portante a structurii rutiere existente.

Se determină valoarea modulului de reacție la suprafața structurii rutiere existente, K, în funcție de:

- grosimea echivalentă a structurii rutiere existente, H_{ech};
- valoarea modulului de reacție al pământului de fundare, K_0.

Grosimile efective ale straturilor subadiacente dalei sunt:

- strat de bază: 16 cm asfalt
- stratul de fundație: 15 cm balast stabilizat cu ciment, 20 cm balast
- stratul de formă: 12 cm balast

Grosimea echivalentă a straturilor de formă/fundație/bază, H_{ech} se determină cu relația (III.1):

$$H_{ech} = \sum_{i=1}^{5} h_i \times a_i \quad \text{(cm)}$$

Astfel, $H_{ech} = h_1a_1 + h_2a_2 + h_3a_3 + h_4a_4 + h_5a_5$

Se determină valorile coeficienților a_1 - a_5 din tabelul 4, și anume pentru:

- straturi asfaltice: $a_1 = 1,50$
- strat de bază din balast stabilizat cu ciment: $a_1 = 1,50$
- strat de fundație din balast: $a_2 = 0,75$
- strat de formă din balast: $a_3 = 0,75$

Rezultă următoarea grosime echivalentă:

$H_{ech} = 16 \times 1,50 + 15 \times 1,50 + 20 \times 0,75 + 12 \times 0,75 \approx 70$ cm

Valoarea modulului de reacție la suprafața structurii rutiere existente, K se determină conform diagramei din figura V.2, în funcție de:

$K_0 = 46$ MN/m³ și $H_{ech} = 70$ cm

Rezultă: $K = 105$ MN/m³

4. Adoptarea clasei betonului de ciment rutier

Se adoptă clasa betonului de ciment rutier B_cR 5,0 conform normativului indicativ C22-92.

Pe baza clasei betonului se stabilește rezistența caracteristică la încovoiere (R^K_{inc150}), conform SR 183-1:1995:

$R^K_{inc150} = 5,0$ MPa

5. Determinarea tensiunii la întindere din încovoiere admisibilă a betonului

Se determină tensiunea de întindere din încovoiere admisibilă a betonului cu relația (III.4):

$\sigma_{tadm} = R^K_{inc150} \times \alpha \times (0,7 - \gamma \times \log N_c)$

$\log N_c = \log 51,9 = 1,71$

$\sigma_{tadm} = 5,0 \times 1,1 \times (0,7 - 0,05 \times 1,71) = 3,38$ MPa

$\sigma_{tadm} = 3,38$ MPa

6. Adoptarea ipotezei de dimensionare

În funcție de clasa tehnică a drumului, se adoptă ipoteza 1.

7. Determinarea grosimii dalei din beton de ciment

Grosimea dalei din beton de ciment, H se determină din diagrama de dimensionare VI.3.1. corespunzătoare ipotezei 1, conform Anexei VI.3, pe baza valorilor:

- modulul de reacție la suprafața structurii rutiere existente, $K = 105$ MN/cm³;
- tensiunea la întindere din încovoiere admisibila a betonului, $\sigma_{tadm} = 3,38$ Mpa, prin interpolare liniară.

Grosimea dalei din beton, H rezultă egală cu 23,50 cm și se rotunjește la 24 cm.

8. Verificarea structurii rutiere la acțiunea îngheț – dezghețului, conform STAS 1709/1-90 și STAS 1709/2-90.

Exemplul 2

Să se dimensioneze dala de beton, pentru ranforsarea structurii rutiere existente situată pe un sector de drum național secundar, cunoscându-se următoarele date:

- faza de proiectare este studiu de fezabilitate;
- profilul transversal este alcătuit din 2 x 1 benzi de circulație;
- drumul ranforsat va intra în funcțiune în anul 2005;
- sectorul de drum este situat într-o regiune cu tip climateric II, în care sursele de agregate naturale de balastieră sunt la distanțe relativ reduse de traseul sectorului respectiv de drum;
- îmbrăcămintea din beton de ciment se execută dintr-un singur strat;
- structura rutieră existentă este supță și are alcătuirea:
  - 4 cm beton asfaltic;
  - 6 cm binder de criblură;
  - 15 cm piatră spată;
  - 20 cm fundație de balast.
- terasamentele rutiere sunt în rambleu cu înălțimea sub 1,0 m;
- pământul de fundare este alcătuit din argilă prăfoasă în conformitate cu STAS 1243-88;
- caracteristicile traficului rutier sunt cele corespunzătoare postului de recenzare situat pe sectorul respectiv de drum. Astfel, compoziția traficului mediu zilnic MZA_k, conform ultimului recensământ general de circulație din 2000 este următoarea:
  - autocamioane și derivate cu 2 osii 1.238
  - autocamioane și derivate cu 3 și 4 osii 552
  - autovehicule articulate 200
  - autobuze 215
  - remorci 507

Succesiunea operațiilor de calcul este următoarea:

1. Stabilirea traficului de calcul

Se stabilește traficul de calcul, N_c, cu ajutorul relației (II.1):

$$N_c = 365 \times 10^{-6} \times n \times c_{11} \times \sum_{k=1}^{6} MZA_k \times p_k \times f_{ek} \quad \text{(m.o.s.)}$$

Pe baza datelor de trafic se determină, $\sum_{k=1}^{6} MZA_k \times p_k \times f_{ek}$, conform tabelului:

Grupa de vehicule	Traficul mediu zilnic MZA_k	P_k (2020)	f_{ek}	$MZA_k p_k f_{ek}$ (o.s.115kN)
Autocamioane cu 2 osii	1238	1,9	0,30	706
Autocamioane cu 3 și 4 osii	552	2,0	2,30	2539
Autovehicule articulate	200	1,9	1,8	684
Autobuze	215	1,7	0,8	292
Remorci	507	2,0	0,02	20
Total	2.712	-	-	4.241

$N_c = 365 \times 10^{-6} \times 30 \times 0,5 \times 4.241 = 23,22$ m.o.s.

Sectorul de drum național secundar corespunde clasei tehnice III.

2. Determinarea capacității portante a pământului de fundare

Se determină modulul de reacție al pământului de fundare, K_0.

Pământul de fundare fiind alcătuit din argilă prăfoasă se încadrează în tipul P_5, conform tabelului 3. Sectorul de drum fiind situat într-o regiune cu tip climateric II și în rambleu, cu o înălțime sub 1,00 m, regimul hidrologic este 2b.

Ținând seama că faza de proiectare este studiu de fezabilitate, valoarea modulului de reacție al pământului de fundare, K_0 se determină conform tabelului 2, pe baza tipului de pământ P_5, tipul climateric II și regimul hidrologic 2b și rezultă: $K_0 = 46$ MN/m^3.

3. Determinarea capacității portante a structurii rutiere existente

Se determină valoarea modulului de reacție la suprafața structurii rutiere existente, K, în funcție de:

- grosimea echivalentă a structurii rutiere existente, H_{ech};
- valoarea modulului de reacție al pământului de fundare, K_0.

Grosimile efective ale straturilor subadiacente dalei sunt:

- straturi asfaltice: 10 cm
- stratul de piatră spartă: 15 cm
- stratul de balast: 20 cm

Grosimea echivalentă a structurii rutiere existente, H_{ech} se determină cu relația III.1:

$$H_{ech} = \sum_{i=1}^{n} h_i \times a_i \quad \text{(cm)}$$

Astfel, $H_{ech} = h_1a_1 + h_2a_2 + h_3a_3$

Se determină valorile coeficienților a_i - a_3 din *tabelul 4*, și anume pentru:

- straturi asfaltice: $a_1 = 1,50$
- strat de piatră spartă: $a_2 = 1,00$
- strat din balast: $a_3 = 0,75$

Rezultă următoarea grosime echivalentă:

H_{ech} = 10 x 1,50 + 15 x 1,00 + 20 x 0,75 ≈ 45 cm

Valoarea modulului de reacție la suprafața structurii rutiere existente, K se determină conform diagramei din figura V.2 în funcție de: K_0 = 46 MN/m³ și H_{ech} = 45 cm

Rezultă: K = 88 MN/m³

4. Adoptarea clasei betonului de ciment rutier

Se adoptă clasa betonului de ciment rutier B_cR 4,5 conform normativului indicativ C22-92.

Pe baza clasei betonului se determină rezistența caracteristică la încovoiere (R^K_{inc150}), conform SR 183-1:1995: R^K_{inc150} = 4,5 MPa

5. Determinarea tensiunii la întindere din încovoiere admisibilă a betonului

Se determină tensiunea la întindere din încovoiere admisibilă a betonului, cu relația III.4:

$\sigma_{tadm} = R^K_{inc150} \times \alpha \times (0,7 - \gamma \times \log N_c)$

$\log N_c = \log 23,22 = 1,37$

σ_{tadm} = 4,5 x 1,1 x (0,7-0,05 x 1,37) = 4,95 x (0,7-0,685) = 3,13 MPa

σ_{tadm} = 3,13 Mpa

6. Adoptarea ipotezei de dimensionare

În funcție de clasa tehnică a drumului, se adoptă ipoteza 2 de dimensionare.

7. Determinarea grosimii dalei din beton de ciment

Grosimea dalei din beton de ciment, H se determină din diagrama de dimensionare VI.3.2, corespunzătoare ipotezei 2, conform Anexei VI.3, pe baza valorilor:

- modulul de reacție la suprafața structurii rutiere existente, K = 88 MN/cm³;
- tensiunea la întindere din încovoiere admisibilă a betonului, σ_{tadm} = 3,13 Mpa, prin interpolare liniară.

Grosimea dalei din beton, H rezultă egală cu 23,6 cm și se rotunjește la 24 cm.

8. Verificarea structurii rutiere la acțiunea îngheț – dezgheț, conform STAS 1709/1-90 și STAS 1709/2-90.

Exemplul 3

Să se dimensioneze dala de beton de ciment pentru ranforsarea unei structuri rutiere situată pe un sector de drum județean cunoscându-se următoarele date:

- faza de proiectare este studiu de fezabilitate;
- profilul transversal este alcătuit din 2 x 1 benzi de circulație;
- drumul ranforsat va intra în funcțiune în anul 2005;
- sectorul de drum este situat într-o regiune cu tip climateric II, în care sursele de agregate naturale de balastieră sunt la distanțe relativ reduse de traseul sectorului respectiv de drum;

- îmbrăcămintea din beton de ciment se execută dintr-un singur strat;
- terasamentele rutiere sunt în rambleu cu înălțimea sub 1,0 m;
- pământul de fundare este alcătuit din argilă prăfoasă în conformitate cu STAS 1243-88;
- structura rutieră existentă este suplă și este alcătuită din:
  - 4 cm beton asfaltic;
  - 6 cm mixtură densă;
  - 15 cm piatră spartă;
  - 20 cm fundație din balast.
- caracteristicile traficului rutier sunt cele corespunzătoare postului de recenzare situat pe sectorul respectiv de drum. Astfel, compoziția traficului mediu zilnic MZA_k, conform ultimului recensământ general de circulație din 2000 este următoarea:
  - autocamioane și derivate cu 2 osii: 569
  - autocamioane și derivate cu 3 și 4 osii: 392
  - autovehicule articulate: 200
  - autobuze: 120
  - remorci: 413

Succesiunea operațiilor de calcul este următoarea:

1. Stabilirea traficului de calcul

Se stabilește traficul de calcul, N_c, cu ajutorul relației II.1

$N_c = 365 \times 10^{-6} \times n \times c_{rl} \times \sum_{k=1}^{6} MZA_k \times p_k \times f_{ek}$ (m.o.s.)

Pe baza datelor de trafic se determină $\sum_{k=1}^{6} MZA_k \times p_k \times f_{ek}$, conform tabelului:

Grupa de vehicule	Traficul mediu zilnic MZA_k	Pk_{2020}	f_{ek}	$MZA_k p_k f_{ek}$ (o.s.115kN)
Autocamioane cu 2 osii	569	1,7	0,2	193
Autocamioane cu 3 și 4 osii	392	1,7	2,3	1533
Autovehicule articulate	200	1,5	1,8	540
Autobuze	120	1,5	0,8	144
Remorci	413	1,8	0,02	15
Total	1.694	-	-	2.425

$N_c = 365 \times 30 \times 10^{-6} \times 0,50 \times 2.425 = 13,28$ m.o.s.

Sectorul de drum județean corespunde clasei tehnice IV.

2. Datele de la pct. 2 sunt aceleași ca la exemplul 2.

3. Determinarea capacității portante a structurii rutiere existente

Se determină valoarea modulului de reacție la suprafața structurii rutiere existente, K, în funcție de:

- grosimea echivalentă a straturilor de asfalt;
- grosimea echivalentă a stratului de piatră spartă;
- grosimea echivalentă a stratului de balast;
- valoarea modulului de reacție al pământului de fundare K_0;

Grosimea echivalentă a straturilor de fundație/bază, H_{ech} se determină cu relația III.1:

$$H_{ech} = \sum_{i=1}^{n} h_i \times a_i \qquad (cm)$$

Astfel, $H_{ech} = h_1a_1 + h_2a_2 + h_3a_3$

Se determină valorile coeficienților a_1 - a_3 din tabelul 4, și anume pentru:

- straturi de asfalt: $a_1 = 1,50$
- strat de fundație din piatră spartă: $a_2 = 1,00$
- strat de fundație din balast: $a_3 = 0,75$

Rezultă următoarea grosime echivalentă:

$H_{ech} = 10 \times 1,50 + 15 \times 1,00 + 20 \times 0,75 = 45$ cm

Valoarea modulului de reacție la suprafața stratului de bază, K se determină conform diagramei din figura V.2. în funcție de: $K_0 = 46$ MN/m³ și $H_{ech} = 45$ cm

Rezultă: K = 88 MN/m³

4. Adoptarea clasei betonului de ciment rutier

Se adoptă clasa betonului de ciment rutier B_cR 4,5 conform normativului indicativ C22-92. Pe baza clasei betonului se determină rezistența caracteristică la încovoiere (R^K_{inc150}), conform SR 183-1:1996, $R^K_{inc150} = 4,5$ MPa

5. Determinarea tensiunii la întindere din încovoiere admisibilă a betonului

Se determină tensiunea la întindere din încovoiere admisibilă a betonului, cu relația III.4:

$$\sigma_{tadm} = R^K_{inc150} \times \alpha \times (0,7 - \gamma \times \log N_c)$$

$\log N_c = \log 13,28 = 1,12$

$\sigma_{tadm} = 4,5 \times 1,1 (0,7-0,05 \times 1,12) = 3,19$ MPa

$\sigma_{tadm} = 3,19$ MPa

6. Adoptarea ipotezei de dimensionare

În funcție de clasa tehnică a drumului se adoptă ipoteza 2.

7. Determinarea grosimii dalei din beton de ciment

Grosimea dalei din beton de ciment, H se determină din diagrama de dimensionare VI.3.2. corespunzătoare ipotezei 2, conform Anexei VI.3, pe baza valorilor:

- modulul de reacție la suprafața structurii rutiere existente, K = 88 MN/cm³;
- tensiunea la întindere din încovoiere admisibilă a betonului, σ_{tadm} – 3,19 Mpa.

prin interpolare liniară.

Grosimea dalei din beton, H rezultă egală cu 20,70 cm și se rotunjește la 21 cm.

8. Verificarea structurii rutiere la acțiunea îngheț – dezghețului, conform STAS 1709/1-90 și STAS 1709/2-90.

Exemplul 4

Să se ranforseze cu dale de beton o structură rutieră existentă din beton de ciment.

Drumul este drum național secundar (clasă tehnică III) și are traficul, condițiile de teren și clima ca la exemplul 2.

Îmbrăcămintea existentă prezintă fisuri, fără degradări generalizate.

Grosimea betonului de ciment existent este de 18 cm.

Ranforsarea va fi neaderentă la dala veche.

Se determină grosimea „H" a unei îmbrăcăminți noi din beton conform „Normativului de dimensionare a structurilor rutiere rigide" (2001).

Îmbrăcămintea existentă este așezată pe 15 cm balast stabilizat cu ciment și 20 cm fundație din balast.

Rezultă o grosime a dalei de 24 cm.

($K_0 = 46$ MN/m³; $H_e = 15 \times 1,5 + 20 \times 0,75 = 37$ cm; K = 70 MN/m³; ipoteza 2 de dimensionare; $\sigma_{tadm} = 3,12$ Mpa).

Pentru a determina grosimea dalei pentru ranforsare se aplică relația (IV.1):

$$HR = \sqrt{H^2 - cH_0^2} = \sqrt{24^2 - 0,75 \times 18^2} = 18,3 \text{ cm}$$

Se adoptă grosimea de 19 cm pentru dale de ranforsare.

Structura rutieră ranforsată va fi verificată la acțiunea fenomenului de îngheț-dezgheț conform STAS 1709-1/90 și STAS 1709-2/90.