



## 8. ANEXE - BREVIAR DE CALCUL – DIMENSIONAREA SISTEMULUI RUTIER

In cele ce urmează vom verifica cu programul CALDEROM rezistenta structurii rutiere propuse, conform PD 177-2001.

### Etape de calcul:

#### I. Stabilirea valorii traficului de calcul

Stabilirea traficului de calcul se face in functie de prevederile Normativului AND 584/2012 – Normativ pentru determinarea traficului de calcul pentru proiectarea drumurilor din punct de vedere al capacitatii portante si al capacitatii de circulatie.

Traficul de calcul se exprima in milioane de osii standard de 115 kN (m.o.s.) si se stabileste pe baza structurii traficului mediu zilnic anual in posturile de recensare aferente drumului cu relatia:

$$N_c = 365 \times 10^{-6} \times p_p \times c_{rt} \times \sum_{k=1}^6 MZA_k \times f_k \times 0.5 \times (p_{ki} + p_{kf}) \text{ m.o.s.}$$

$p_p$  = perioada de perspectiva in ani ( 15 ani);

$c_{rt}$  = coeficient de repartitie transversala, pe benzi de circulatie (2 benzi  $c_{rt} = 0,5$ )

$MZA_k$  = intensitatea medie zilnica anuala a vehiculelor din grupa k, conform rezultatelor recensamantului general de circulatie ( recensamant general 2022);

$p_{ki}$  = coeficientul de evolutie al vehiculelor din grupa k, corespunzator anului de dare in exploatare a drumului, in anul R stabilite prin interpolare;

$p_{kf}$  =coeficientul de evolutie al vehiculelor din grupa k, corespunzator sfarsitului perioadei de perspectiva luata in considerare, anul F stabilite prin interpolare;

$f_k$  =coeficientul de echivalare al vehiculelor din grupa k, in osii standard de 115 kN.

Grupa de vehicule	MZA2022 / 24ore	$f_k$	MZKks osii 115 kN/24h	Coeficienti de evolutie pk pentru anul						0.5 x (p <sub>ki</sub> + p <sub>kf</sub> )	Produsu l col. 3x10
				2020	2025	2035	2040	2024	2039		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Autocamioane si derivate cu 2 osii	282	0.10	28.20	0.77	0.93	1.4	1.69	0.90	1.63	1.26	35.58
Autocamioane si derivate cu 3 si 4 osii	155	0.70	108.50	0.65	0.77	1.12	1.33	0.74	1.29	1.01	110.10
Autovehicule articulate	1683	0.90	1514.70	1.02	1.32	2.28	2.91	1.25	2.77	2.01	3048.39
Autobuze	145	0.60	87.00	1.58	1.94	2.99	3.66	1.86	3.51	2.69	233.90
Tractoare cu/fara remorca	10	0.10	1.00	0.54	0.67	1.08	1.34	0.64	1.28	0.96	0.96
Trenuri rutiere	120	1.00	120.00	0.68	0.78	1.08	1.26	0.76	1.22	0.99	118.84
<b>Total vehicule</b>	<b>2395</b>		<b>1859.40</b>								<b>3547.76</b>
										<b>Nc=</b>	<b>9.71</b>



Avand in vedere clasa tehnica a drumului, care in conformitate cu OMT nr. 1295/2017 pentru aprobarea "Normelor tehnice privind stabilirea clasei tehnice a drumurilor publice", este clasa tehnica III, si recensamantul de circulatie efectuat in anul 2022, s-a determinat clasa de trafic pentru drumul analizat, respectiv clasa de trafic exceptional. Pentru calculul de dimensionare vom lua valoarea de **9.71 m.o.s.**(milioane osii standard) stabilita conform recensamantului din 2022.

## Clase de trafic pentru strazi (perioada de perspectiva 15ani)

TRAFIC DRUMURI OSII 115KN, CONFORM CD 155-2001		TRAFIC STRAZI. CORELARE CU ECHIVALARE VEHICULE GRELE		
Clase de trafic	Volum de trafic Nc (m.o.s.)	Clase de trafic	Volum de trafic Nc (m.o.s.)	MZA 50KN (V.G)
1	2	3	4	5
Exceptional	3,0.....10,0	T <sub>0</sub>	> 3,0	> 660
Foarte greu	1,0.....3,0	T <sub>1</sub>	1,0.....3,0	220. ....660
Greu	0.3.....1,0	T <sub>2</sub>	0,5.....1,0	110.....220
Mediu	0,1.....0,3	T <sub>3</sub>	0,3.....0,5	70.....110
Usor	0.03.....0,1	T <sub>4</sub>	0,15.....0,3	35.....70
Foarte usor	< 0,03	T <sub>5</sub>	< 0,15	<35

## II. Determinarea caracteristicilor drumului:

- Conform STAS 1709/2-1990 terenul de fundare se incadreaza la categoria **P5**, definit ca pamant cu sensibilitate pronuntata la inghet;
- Conform STAS 1709/1 -1990 amplasamentul se incadreaza la tipul climateric **III**;
- Regimul hidrologic **2b**: pentru sectoarele de drum situate in rambleu cu inaltimea sub 1.0m, la nivelul terenului, in profil mixt, in debleu;

## III. Dimensionarea structurii rutiere:

### 1. Alegerea structurii rutiere

Caracteristicile structurii rutiere sunt redade in tabelul ce urmeaza:

Denumirea materialelor din strat	h (cm)	E (MPa)	μ
strat de uzură din mixtura asfaltica MAS16 rul. 50/70	4	4200	0.35
strat de legătură din beton asfaltic BAD22.4 leg. 50/70	6	3600	0,35
strat de bază din mixtură asfaltică, AB31.5	8	5600	0.35
strat de agregate naturale stabilizate cu lianti hidraulici (balast cu 6 % ciment)	20	1000	0.25



strat inferior de fundatie din balast	200	300	0.27
strat inferior de fundatie, blocaj din piatra bruta	50	300	0.27
strat de agregate naturale (balast)	10	201	0.27
Materiale strat suport	∞	127	0.27

Pentru terenul de fundare s-a adoptat solutia de stabilizare a pamantului cu ciment, pe o grosime de 20 cm, care constituie stratul de forma, caracterizat in conformitate cu PD 177-2001, tabelul 4 prin valoarea de calcul a modulului de elasticitate dinamic,  $E_{s.f.} = 300$  MPa si a coeficientului lui Poisson,  $\mu = 0.27$ .

Se stabileste modulul de elasticitate dinamic echivalent al sistemului strat de forma - pamant din terasamente, care in conformitate cu PD 177-2001, figura 5 este 127 MPa. Se adopta valoarea coeficientului lui Poisson corespunzatoare pamantului stabilizat cu ciment si anume, 0.27.

Modulul de elasticitate dinamic al stratului de agregate naturale (balast) ( $E_b$ ) se stabileste cu relatia:

$$E_b = 0.20 \times h_b^{0.45} \times E_{ech.}$$

$$E_b = 0.20 \times 100^{0.45} \times 127 = 201.76 \text{ (MPa)}$$

## 2. Analiza structurii rutiere la actiunea osiei standard (OS 115)

Calculul se face cu programul **CALDEROM** care furnizeaza date despre:

-deformatia specifica orizontala de intindere la baza straturilor bituminoase ( $\xi_r$ ), in microdeformatii;

-tensiunea orizontala de intindere la baza stratului din agregate naturale, stabilizat cu lianti hidraulici  $\sigma_r$ ;

-deformatia specifica verticala de compresiune, la nivelul patului drumului ( $\xi_z$ ), in microdeformatii;

In urma calculelor au rezultat urmatoarele date:

Programul **CALDEROM** lucrând cu maxim 5 straturi se cumuleaza straturile de acelasi fel (straturile asfaltice si fundatia de balast cu strat de agregate naturale-balast).

$$E_m = [\sum (E_i^{1/3} \times h_i) / \sum h_i]^3 = [(4200^{1/3} \times 4 + 3600^{1/3} \times 6 + 5600^{1/3} \times 8) / 18]^3 = 4563.23 \text{ Mpa}$$

Avand in vedere grosimea foarte mare de umplutura de balast, peste 2.00m, in calcule se va lua o grosime echivalenta sub 1.0m, intrucat programul **CALDEROM** nu lucreaza cu grosimi mai mari de 1.0m a straturilor.



Denumirea materialelor din strat	h (cm)	E (MPa)	$\mu$
Imbracaminte asfaltica echivalenta	18	4563	0.35
strat de agregate naturale stabilizate cu lianti hidraulici (balast stabilizat cu ciment)	20	1000	0.25
strat inferior de fundatie din balast echivalent	90	300	0.27
strat inferior de fundatie, blocaj din piatra bruta	50	300	0.27
Materiale strat suport	$\infty$	127	0.27

## DRUM: Drum national DN 6

Sector omogen: km 396+982 - km 397+047

Parametrii problemei sunt

Sarcina..... 57.50 kN

Presiunea pneului 0.625 MPa

Raza cercului 17.11 cm

Stratul 1: Modulul 4563. MPa, Coeficientul Poisson .350, Grosimea 18.00 cm

Stratul 2: Modulul 1000. MPa, Coeficientul Poisson .250, Grosimea 20.00 cm

Stratul 3: Modulul 300. MPa, Coeficientul Poisson .270, Grosimea 90.00 cm

Stratul 4: Modulul 300. MPa, Coeficientul Poisson .270, Grosimea 50.00 cm

Stratul 5: Modulul 127. MPa, Coeficientul Poisson .270 si e semifinit

## REZULTATE:

R	Z	sigma r	epsilon r	epsilon z
cm	cm	MPa	microdef	microdef
.0	-18.00	.454E+00	.818E+02	-.119E+03
.0	18.00	.342E-01	.818E+02	-.242E+03
.0	-38.00	.894E-01	.836E+02	-.111E+03
.0	38.00	.985E-02	.836E+02	-.239E+03
.0	-178.00	.372E-02	.132E+02	-.221E+02
.0	178.00	.592E-03	.132E+02	-.389E+02

Criteriul deformatiei specifice verticale admisibile la nivelul pamantului de fundare este respectat daca este indeplinita conditia:  $\epsilon_z < \epsilon_{zadm}$ ,

in care:

$\epsilon_z$  - este deformatia specifica verticala de compresiune la nivelul pamantului de fundare, in microdeformatii.

$\epsilon_{z adm}$  - deformatia specifica verticala admisibila la nivelul pamantului de fundare, in microdeformatii

$\epsilon_z = 38.9$  microdeformatii (cf. Calderom)

$\epsilon_{zadm} = 329 \times N_c^{-0.27} = 329 \times 9.71^{-0.27} = 178 > \epsilon_z = 38.9$  microdeformatii (Se verifica)



Criteriul tensiunii de intindere la baza stratului din agregate naturale, stabilizat cu lianti hidraulici este respectat daca este indeplinita conditia:

$$\sigma_r < \sigma_{r adm}, \text{ in care :}$$

$\sigma_r$  – tensiunea orizontala de intindere la baza stratului din agregate naturale, stabilizat cu lianti hidraulici, in MPa.

$\sigma_{r adm.}$  - tensiunea orizontala de intindere in Mpa, determinata cu relatia:

$$\sigma_{r adm.} = R_t \times (0.60 - 0.056 \times \log N_c) = 0.35 \times (0.60 - 0.056 \times \log 9.71) = \mathbf{0.19 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_r = \mathbf{8.94 \text{ MPa}} < \sigma_{r adm.} = \mathbf{0.19 \text{ MPa}} \text{ (se verifica)}$$

Criteriul deformatiei specifice de intindere admisibile la baza straturilor bituminoase este respectat daca rata degradarii prin oboseala (RDO) are o valoare mai mica sau egala cu  $RDO_{admisibi}$  (max. 0,85 pentru drumuri europene)

$$RDO \leq RDO_{admisibil}$$

$$RDO = \frac{N_c}{N_{adm.}}, \text{ in care:}$$

$N_c$  -traficul de calcul in milioane osii standard de 115 kN, (m.o.s.)

$N_{adm.}$  - numarul de solicitari admisibil, in m.o.s., care poate fi preluat de straturile bituminoase, corespunzator starii de deformatie la baza acestora.

Pentru drumuri cu trafic de calcul mai mare de 1 m.o.s.:

$$N_{adm} = 24.5 \times 10^8 \times \epsilon_r^{-3.97}$$

$$\epsilon_r = \mathbf{81.8 \text{ microdeformatii}}$$

$$N_{adm} = 24.5 \times 10^8 \times 81.8^{-3.97} = \mathbf{62.45 \text{ m.o.s.}}$$

$$RDO = \frac{N_c}{N_{adm}} = \frac{9.71}{62.45} = \mathbf{0.16 < 0.85 (RDO_{admisibi}) \text{ (se verifica)}}$$

$$RDO \leq RDO_{admisibil}$$

in care RDO admisibil are urmatoarele valori:

- max. 0,80 pentru autostrazi si drumuri expres;
- **max. 0,85 pentru drumuri europene;**
- max. 0,90 pentru drumuri nationale principale si strazi;
- max. 0,95 pentru drumuri nationale secundare;
- max. 1,00 pentru drumuri judetene si comunale

Se constata ca structura rutiera propusa verifica criteriile de dimensionare si asigura preluarea traficului de calcul in perioada de perspectiva proiectata.





## In continuare vom verifica structura rutiera aleasa constructiv la actiunea fenomenului de inghet-dezghet.

In conformitate cu STAS 1709/1-90 privind Adancimea de inghet in complexul rutier, amplasamentul drumului judetean studiat se situeaza in zona de tip climatic III cu indicele de umiditate Toronthwaite  $I_m = > 20^\circ \text{C}$  x zile, conform hartii de zonare a teritoriului Romaniei.

Adancimea de inghet in sistemul rutier  $Z_{cr}$  se considera egala cu adancimea de inghet in pamantul de fundatie  $Z$ , la care se adauga un spor  $\Delta z$  si se calculeaza cu relatia:

$$Z_{crt} = Z + \Delta z \text{ (cm)}$$

$$\Delta Z = H_{SR} - H_e \text{ (cm), in care:}$$

$H_{SR}$  – grosimea sistemului rutier alcatuit din straturi de materiale rezistente la inghet in cm;

$H_e$  – grosimea echivalenta de calcul la inghet a sistemului rutier in cm;

Conform diagramei din STAS 1709/1-90, pag. 3, adancimea de inghet in pamantul de fundatie este  $z = 54 \text{ cm}$ .

Denumirea materialelor din strat	h (cm)
strat de uzură din mixtura asfaltica MAS16 rul. 50/70	4
strat de legătură din beton asfaltic BAD22.4 leg. 50/70	6
strat de bază din mixtură asfaltică, AB31.5	8
strat de agregate naturale stabilizate cu lianti hidraulici (balast stabilizat cu ciment)	20
strat inferior de fundatie din balast	200
strat inferior de fundatie, blocaj din piatra bruta	50
strat de agregate naturale (balast)	10

$$H_{SR} = 4.0 + 6.0 + 8.0 + 20.0 + 200.0 + 50.0 + 10.0 = 298.0 \text{ cm}$$

$$H_e = \sum H_i \times c_{ti} = 4.0 \times 0.50 + 6.0 \times 0.60 + 8.0 \times 0.5 + 20.0 \times 0.65 + 210.0 \times 0.70 + 50.0 \times 0.75 = 207.10 \text{ cm}$$

$$\Delta Z = H_{SR} - H_e = 298.0 - 207.10 = 90.90 \text{ cm}$$

$$Z_{crt} = 54.0 + 90.90 = 144.90 \text{ cm}$$

Gradul de asigurare la inghet-dezghet, in conformitate cu STAS 1709/2-90 este:

$$H_e = 207.10$$

$$K = \frac{H_e}{Z_{cr}} = \frac{207.10}{144.90} = 1.43$$

Conform tabelului 4 (pag 6) din STAS-ul mai sus mentionat, rezulta ca structura aleasa rezista la actiunea fenomenului de inghet-dezghet,  $K = 1.43 > K_{adm} = 0.45$

## Calcul hidrologic pentru rigola pereata cu beton

rigola pereata cu beton in lungime de 75,0 m;

$$m = 0,8;$$

$$S_1 = 75,0 \times 100,0 = 7500,0 \text{ mp} = 0,75 \text{ ha};$$

$$S_2 = 75,0 \times 1,0 = 75,0 \text{ mp} = 0,008 \text{ ha};$$

$$\Phi_1 = 0,10 \text{ (teren agricol);}$$

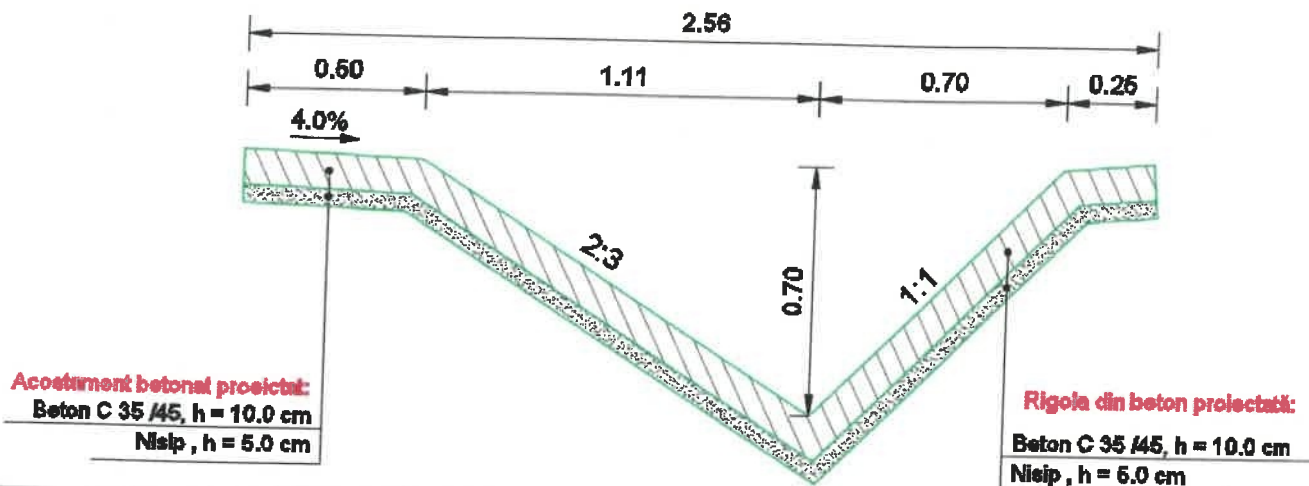
$$\Phi_2 = 0,90 \text{ (suprafata asfaltata/betonata);}$$

$$i_c = 125 \text{ l/s*ha.}$$

$$Q_{ef} = m \times S \times \Phi \times i_c = 0,8 \times (0,75 \times 0,10 + 0,008 \times 0,9) \times 125 = 8,22 \text{ l/s}$$



## Calculul hidraulic pentru rigola pereata cu beton



$$Q_{cap} = \omega * c * \sqrt{RI} \left( \frac{m^3}{s} \right)$$

$$c = \frac{1}{n} R^y$$

$$R = \frac{\omega}{P}$$

$$\omega = 0,63 m^2$$

$$P = 2,30 m$$

$$R = \frac{0,63}{2,30}$$

$$R = 0,27 m$$

$$n = 0,06 - \text{pentru (pereți foarte netezi)}$$

$$c = \frac{1}{0,06} * 0,27^{0,25}$$

$$c = 12,01$$

$$i = 0,574$$

$$Q_{cap} = 0,63 * 12,01 * \sqrt{0,27 * 0,574}$$

$$Q_{cap} = 2,98 m^3/s = 2980 l/s$$

$$Q_{cap} > Q_{ef} \text{ condiție indeplinită scurgerea apelor este asigurată}$$

Proiectant,

Intocmit