

Dimensionarea structurilor rutiere Rigide

Despre Normativul de proiectare NP 081-2002

Prezentarea Generală.

Normativul NP 081 reprezintă reglementarea tehnică pe baza căreia se fac calculele de dimensionare pentru structurile rutiere rigide. Acest Normativ a fost revizuit în forma sa finală de astăzi în anul 2006.

Spre deosebire de Normativul de dimensionare al structurilor rutiere suple și semirigide, Normativul NP 081 nu prezintă un software sau formule de calcul pentru determinarea stării de eforturi din dala de beton de ciment sub acțiunea traficului (încărcarea cu osia standard 115 kN). În NP 081 sunt prezentate, în schimb, sub formă grafică/nomograme valori precalculate ale tensiunii maxime de întindere în dala de beton de ciment pentru diferite caracteristici ale stratului de fundație rutieră și grosimi ale dalelor din beton de ciment.

Observăm totuși faptul că astăzi, la nivelul acestor valori precalculate ale efortului maxim de întindere în dala nu regăsim:

- Metoda de calcul care a stat la baza determinării acestor valori ale efortului maxim de întindere în dala;
- Poziția exactă a locului unde apare efortul maxim în dala: interior, margine sau colț;
- În cazul Ipotezelor de calcul 1 și 2 nu regăsim contribuția încărcării din variația zilnică de temperatură în cadrul valorii maxime de întindere prezentate în graficele NP 081.

Este necesar să spunem că, totuși, perioada în care erau cuprinse în normative valori precalculate sub formă de diagrame și grafice aparțin unor vremuri în care puterea de calcul nu era atât dezvoltată și accesibilă. La nivel de metodă de calcul observăm:

Pentru obținerea diagramelor/graficelor au fost realizate o serie de calcule pentru situații cât mai variate de alcătuire a straturilor din fundație și de grosimi ale dalelor. Au rezultat astfel o serie de valori aferente efortului maxim de întindere din dala. Alcătuirea diferită a straturilor rutiere din fundația drumului sunt reprezentate de valorile modulului de reacție de la suprafața stratului/straturilor de fundație.

Calculule au fost realizate practic în două ipoteze privind încărcările care se aplică dalei din beton de ciment:

1. Cu luarea în considerare **parțială** a încărcărilor din variațiile zilnice de temperatură și cu încărcarea din osia standard - Ipotezele 1 și 2;
2. Cu luarea în considerare doar a încărcării din osia standard (115 kN) – Ipoteza 3.

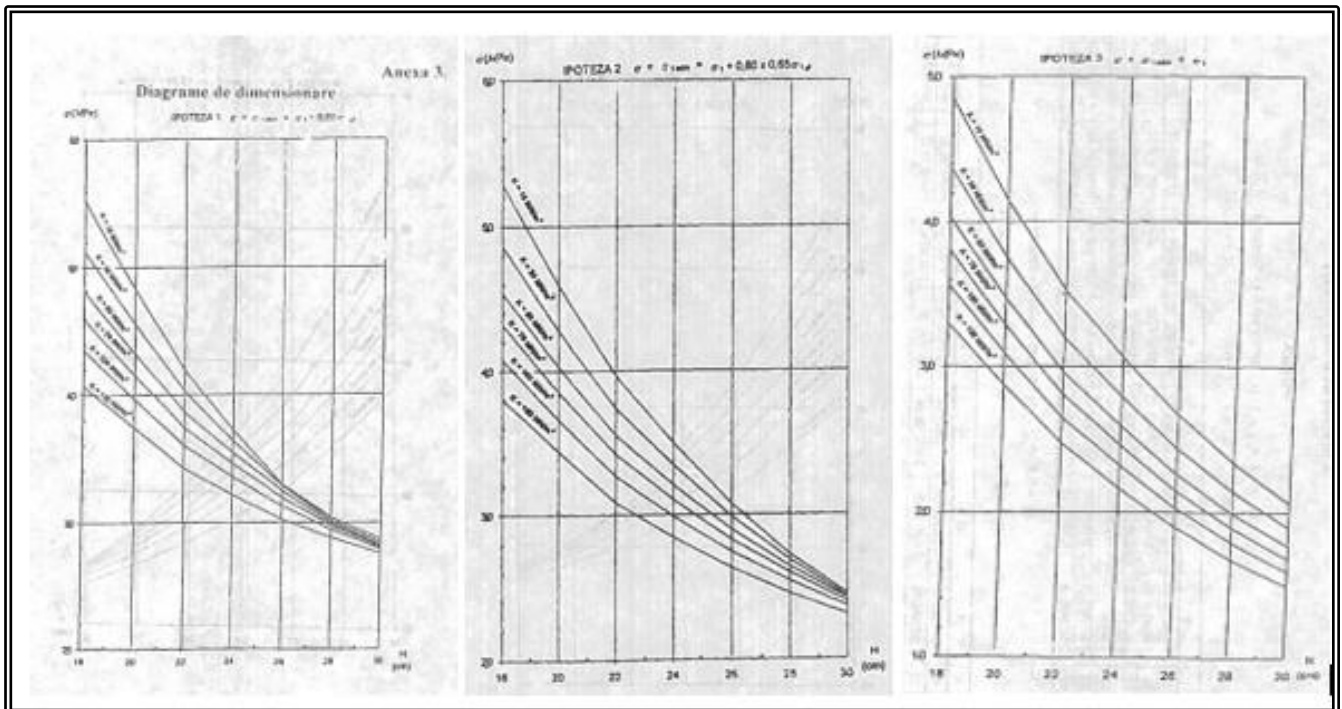


Figura 1. Valori ale efortului maxim de întindere în dala de beton de ciment - cele 3 ipoteze de calcul

Gradient Temperatura (grade celsius)						
h dala = 18 cm	h dala = 20 cm	h dala = 22 cm	h dala = 24 cm	h dala = 26 cm	h dala = 28 cm	h dala = 30 cm
12.06	13.40	14.74	16.08	17.42	18.76	20.10

Pentru obținerea diagramei/graficelor au fost realizate o serie de calcule pentru situații cât mai variate de alcătuire a straturilor din fundație și de grosimi ale dalelor. Pentru a acoperi toate celelalte situații posibile care se regăsesc în practică, pentru valorile eforturilor de întindere în dala din beton de ciment anterior calculate, au fost dezvoltate curbe de corelare și determinate regresii aferente.

Exemplificare din Normativ

Anexa 4.							
Corelații de dimensionare							
IPOTEZA 1							
$\sigma_c + 0.8 \cdot \sigma_{sv} = f(H)$ pentru valori k - constante							
$\sigma_c + 0.8 \cdot \sigma_{sv} = a_0 + a_1 \cdot H + a_2 \cdot H^2 + a_3 \cdot H^3 + a_4 \cdot H^4$							
k	a4	a3	a2	a1	a0	R	r
15	-1.612216E-05	1.182102E-03	-1.856165E-02	-4.888709E-00	1.513938E+01	9.999566E+02	-1.749351E-02
30	-1.929451E-05	1.524842E-03	-3.404877E-02	-1.229574E-00	1.151018E+01	9.999343E+02	-1.787554E-02
50	-2.407671E-05	2.008933E-03	-5.318343E-02	-2.632585E-00	8.300423E+00	9.999174E+02	-1.669723E-02
70	-2.521307E-05	2.143718E-03	-5.945767E-02	-4.030335E-00	6.750478E+00	9.998893E+02	-1.740368E-02
100	-2.526042E-05	2.187847E-03	-6.299063E-02	-5.174439E-00	5.341129E+00	9.998599E+02	-1.702381E-02
150	-2.845644E-05	2.529040E-03	-7.691193E-02	-7.921352E-00	2.972005E+00	9.997942E+02	-1.743615E-02

Figura 2. Corelații de Dimensionare – Ipoteza 1: Corelație între Efortul de întindere în dala din beton de ciment și grosimea dalei (pentru același modul de reacție)

Cercetare DIST – CESTRIN

În urma analizelor efectuate de către DIST – CESTRIN s-a observat că:

- La baza valorilor aferente efortului de întindere în dala de beton de ciment sunt formulele de calcul WEESTERGARD și PICKETT;
- Efortul maxim de întindere apare ca urmare a suprapunerii efectelor din încărcare cu osia standard și încărcarea din variația zilnică de temperatură – Ipotezele 1 și 2;
- Efortul maxim de întindere în dala apare la încărcarea pe colț a dalei – Ipoteza 3;
- Caracteristicile betonului variază în funcție de tipul încărcării.

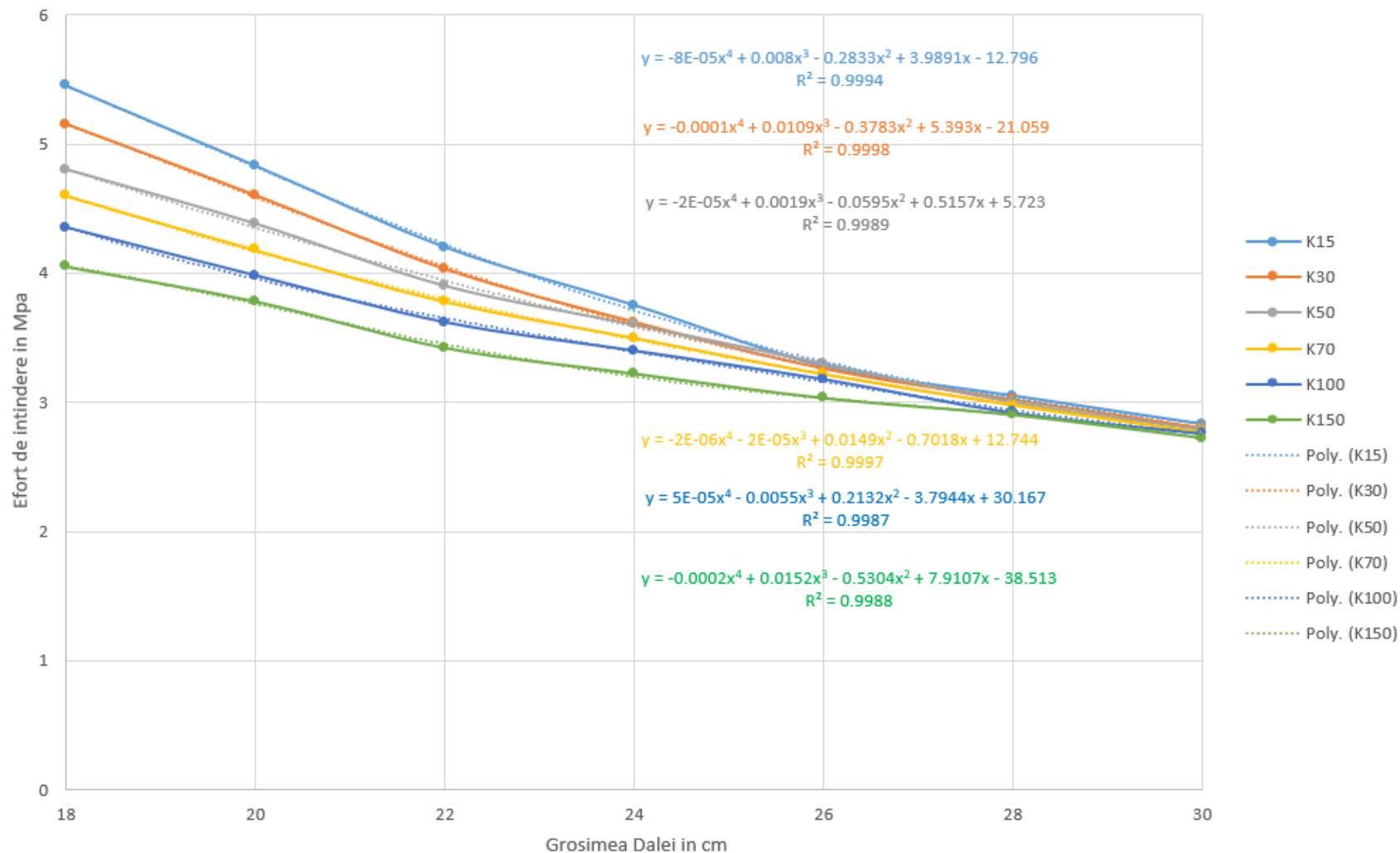
Observații:

- Nu am putut valida parametrii corelației de dimensionare pentru Ipoteza 1. Valorile eforturilor de întindere determinate nu sunt egale/aproximativ egale cu valorile prezentate în graficele/diagramele din Anexa 3. Am regăsit în schimb alte corelații mult mai precise decât cele existente;
- Am putut valida parametrii corelației de dimensionare pentru Ipoteza 3 – fără încărcări din variații de temperatură.

Ipoteza de Calcul 1 – Corelațiile de dimensionare NP 081 Anexa 4

Determinarea curbelor de corelație în baza valorilor identificate pe graficele/ diagramele din Anexa 3 NP 081

Observăm unele probleme la nivelul Corelației de Dimensionare Ipoteza 1 (efort funcție de grosimea dalei, k constant) din Anexa 4 NP 081. Valorile rezultate nu par a fi reale.



Calculule Ipoteza 1

Tabel cu valori ale efortului de întindere maxim în Mpa - calculat DIST - CESTRIN							
Modul de reacție	Grosime Dala în cm						
	18	20	22	24	26	28	30
15	5.29	4.54	3.96	3.52	3.17	2.89	2.66
30	5.00	4.32	3.80	3.40	3.08	2.83	2.62
50	4.78	4.16	3.68	3.31	3.02	2.77	2.60
70	4.62	4.04	3.59	3.24	2.97	2.75	2.58
100	4.46	3.91	3.51	3.18	2.92	2.72	2.55
150	4.26	3.77	3.39	3.10	2.86	2.68	2.52

Tabel cu valori ale efortului de întindere maxim în Mpa - conform Grafic Ipoteza 1 NP 081 Anexa 3							
Modul de reacție	Grosime Dala în cm						
	18	20	22	24	26	28	30
15	5.45	4.83	4.20	3.75	3.28	3.05	2.83
30	5.15	4.60	4.03	3.62	3.26	3.02	2.80
50	4.80	4.38	3.90	3.60	3.30	3.00	2.79
70	4.60	4.18	3.78	3.50	3.22	2.98	2.77
100	4.35	3.98	3.62	3.40	3.18	2.92	2.76
150	4.05	3.78	3.42	3.22	3.03	2.90	2.72

Diferențele dintre Valorile efortului de întindere Calculat de DIST – CESTRIN și Valorile efortului conform grafic Anexa 3 NP 081:

- Diferența medie în procente = 5%
- Diferența maximă în procente = 8.5%.

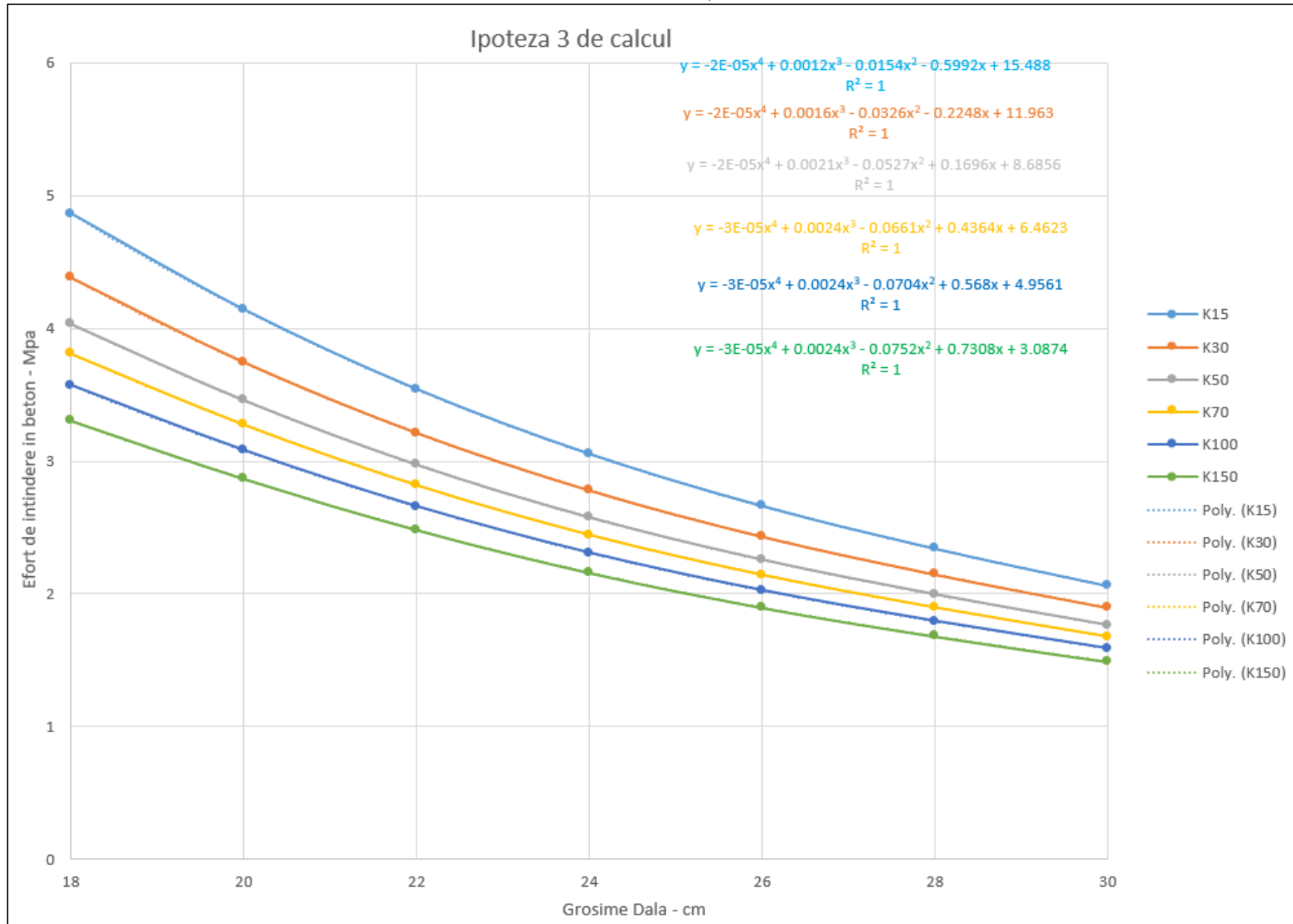
Efortul din Încărcarea aferentă variației de temperaturi zilnice – Ipoteza 1

Prezentarea în procente a efortului din încărcarea aferentă variației de temperatură zilnice , în total efort de întindere conform normativ NP 081							
Modul de reacție	Grosime Dala în cm						
	18	20	22	24	26	28	30
15	9.39	11.31	13.81	16.34	19.63	22.11	24.90
30	10.84	12.96	15.70	18.48	21.55	24.37	27.46
50	12.40	14.52	17.31	19.80	22.72	26.16	29.36
70	13.50	15.87	18.62	21.23	24.27	27.46	30.90
100	14.91	17.43	20.33	22.85	25.69	29.32	32.46
150	16.87	19.30	22.64	25.39	28.25	30.90	34.41

Ipoteza de bază este că:

Gradientul de temperatură este direct proporțional cu grosimea dalei și reprezintă 0,67 din grosimea dalei.

Ipoteza de Calcul 3 – Grafic conform cu Corelațiile de dimensionare NP 081 Anexa 4



Calculul Ipoteza 3

Tabel cu valori ale efortului de întindere maxim în Mpa - calculat DIST - CESTRIN							
Modul de reacție	Grosime Dala în cm						
	18	20	22	24	26	28	30
15	4.78	3.99	3.38	2.91	2.53	2.22	1.96
30	4.44	3.72	3.17	2.73	2.38	2.09	1.85
50	4.18	3.52	3	2.6	2.27	1.99	1.78
70	4	3.38	2.89	2.5	2.19	1.93	1.72
100	3.81	3.22	2.77	2.4	2.1	1.86	1.65
150	3.58	3.04	2.62	2.28	2	1.78	1.58

Tabel cu valori ale efortului de întindere maxim în Mpa - conform Corelații de dimensionare NP 081 Anexa 4							
Modul de reacție	Grosime Dala în cm						
	18	20	22	24	26	28	30
15	4.86	4.14	3.54	3.05	2.66	2.34	2.06
30	4.38	3.74	3.21	2.78	2.43	2.15	1.89
50	4.04	3.46	2.97	2.58	2.26	2.00	1.76
70	3.81	3.28	2.82	2.45	2.14	1.90	1.68
100	3.57	3.08	2.66	2.31	2.03	1.80	1.59
150	3.30	2.87	2.48	2.16	1.89	1.68	1.49

Diferențele dintre Valorile efortului de întindere Calculat de DIST – CESTRIN și Valorile efortului conform Anexa 4 NP 081:

- Diferența medie în procente = 1,5%
- Diferența maximă în procente = 7%

Concluzie:

Având în vedere puterea de calcul de astăzi, considerăm că se poate renunța la formatul de normative cu nomograme/diagrame/grafice, și utilizarea în locul acestora a unor metodologii clare de calcul care să se adapteze mai bine la realitățile de astăzi. Una dintre aceste realități este reprezentată și de modificările climatice care atrag de la sine încărcări mai mari din încărcarea cu variația de temperatură zilnică. Despre această problemă a modificărilor climatice versus structura rutieră rigidă - calcul de dimensionare, ne propunem să discutăm într-o analiză viitoare.