

IMPORTANȚA UTILIZĂRII SCHEMELOR DE CALCUL OPTIME, LA DURABILITATEA CONSTRUCȚIILOR.

Victor ȘOCHICHIU

Departamentul Inginerie Civilă, grupa CIC2101, Facultatea Construcții Geodezie și Cadastru,
Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova.

Autorul corespondent: Victor Șochichiu, victor.sochochiu@icg.utm.md

Coordonator științific: **Ion CREȚU**, conf., univ., dr., Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat. În prezentul articol au fost propuse schemele de calcul optime pentru un tip de cadru având aceeași deschidere și înălțime. Au fost trasate diagramele de eforturi pentru aceste scheme de la acțiunea unei sarcini uniforme distribuite. Schemele au fost selectate astfel încât, deosebirile să fie caracterizate prin utilizarea diferitor tipuri de reazeme și noduri de îmbinare. Au fost dimensionate elementele structurale ale tuturor schemelor de calcul, fiind grupate după valorile eforturilor. Suplimentar a fost făcută verificarea rigidității pentru elementele încovoiate. Dimensionarea elementelor s-a făcut conform normativului CHuII II-23-81*. În calcul s-au eforturile maxime, din considerent că ele creează cel mai mare risc de cedare a elementului. În stabilirea schemelor de calcul optime s-au analizat doar elemente structurale, fără a lua în considerație proiectarea nodurilor și a reazemelor.

Cuvinte cheie: durabilitate, diagrame, efort, secțiuni.

Introducere

Durabilitatea unei construcții este abilitatea sa de a rămâne stabilă și funcțională în timp, în pofida sarcinilor aplicate, condițiilor de mediu și a uzurii. Este un concept complex ce include mai multe aspecte ale performanței pe termen lung a unei construcții.

Elemente cheie ale durabilității construcției:

1. Stabilitatea structurală: O construcție durabilă trebuie să poată rezista la forțele normale și la condiții extreme, precum cutremurele sau vânturile puternice.
2. Rezistența la coroziune și deteriorare: Materialele utilizate în construcție trebuie să fie durabile și să reziste la coroziune pentru a menține integritatea structurală pe termen lung.
3. Izolarea termică și hidroizolarea: O construcție durabilă trebuie să fie bine izolată termic și să aibă o bună protecție hidroizolantă pentru a reduce consumul de energie și a preveni degradarea materialului.
4. Rezistența la foc: Este esențial ca o construcție să poată rezista la incendii pentru a asigura siguranța locuitorilor și protecția proprietății.
5. Menținerea și întreținerea: Durabilitatea unei construcții este influențată de nivelul de întreținere pe care îl primește. Programarea regulată a întreținerii poate preveni deteriorarea și poate extinde durata de viață a construcției.
6. Eficiența energetică și sustenabilitatea: Construcțiile durabile trebuie să fie proiectate și construite cu accent pe eficiența energetică și protecția mediului înconjurător. Utilizarea materialelor reciclabile și a surselor de energie regenerabilă sunt importante pentru asigurarea durabilității pe termen lung a construcției.

Determinarea eforturilor conform schemelor de calcul

Eforturile au fost calculate pentru o structură ce are deschiderea de 5 m și înălțimea de 3 m, având diferite tipuri de reazeme și moduri de îmbinare a barelor în noduri. Încărcarea aplicată pe structură este o sarcină uniform distribuită egală cu 30 kN/m. Tipurile schemelor de calcul sunt prezentate în Figura 1.

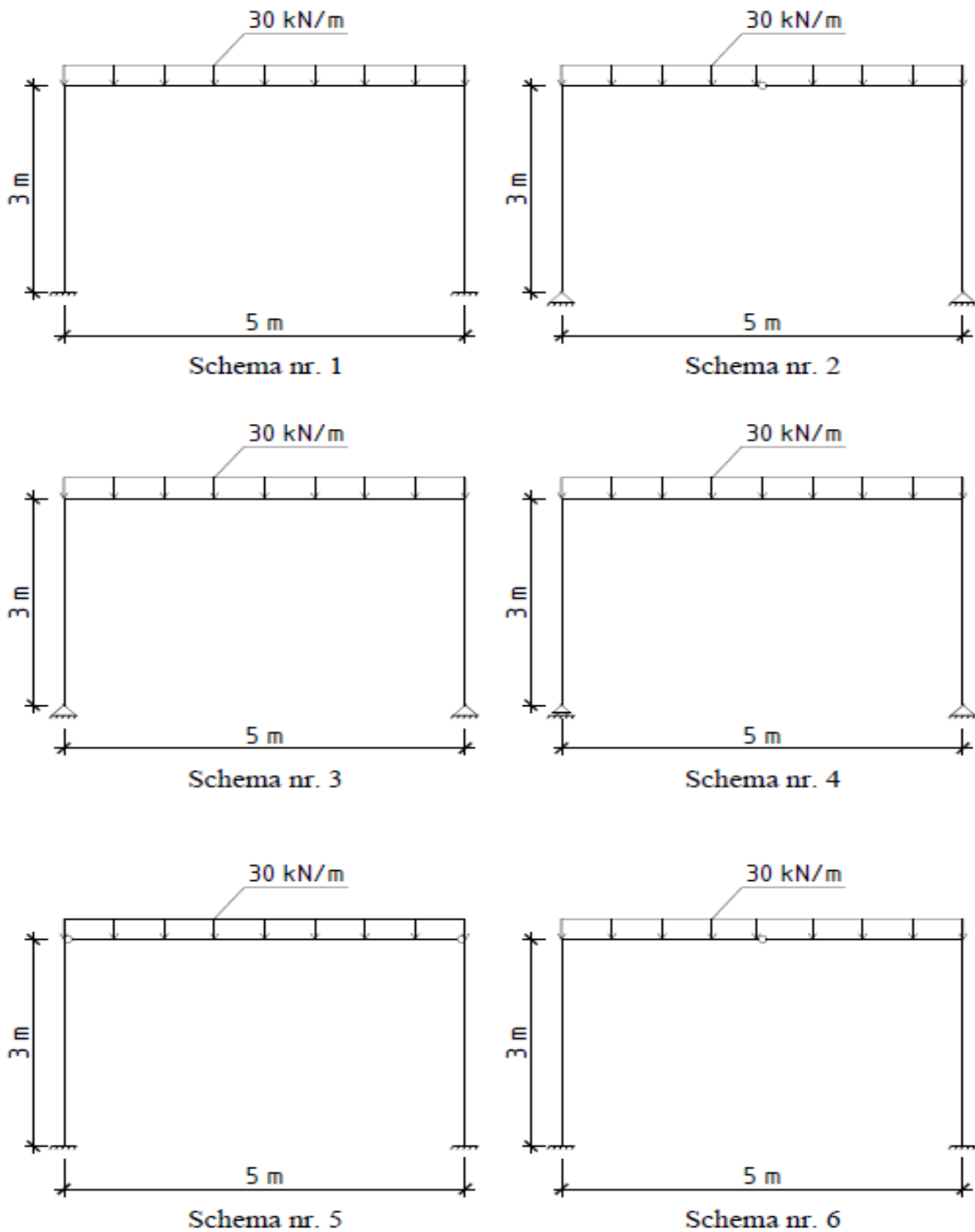
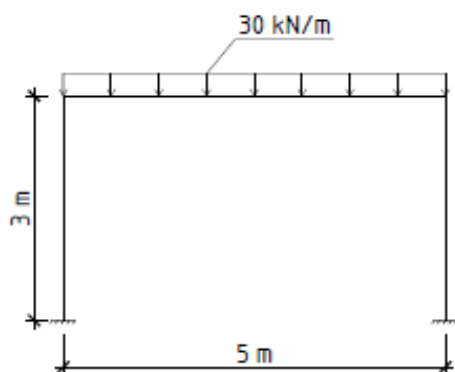
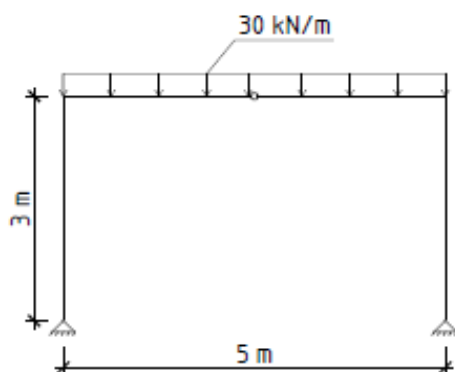
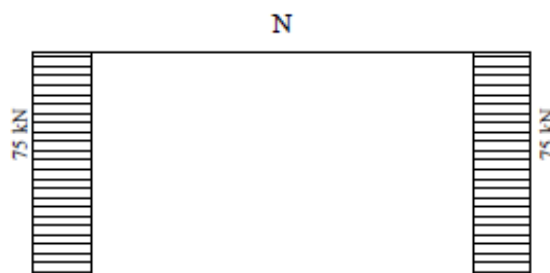
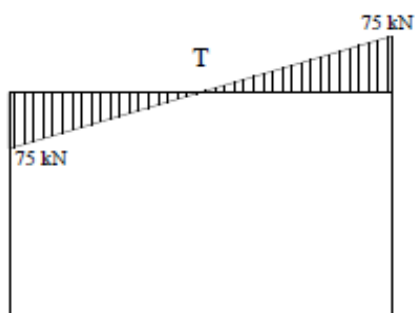
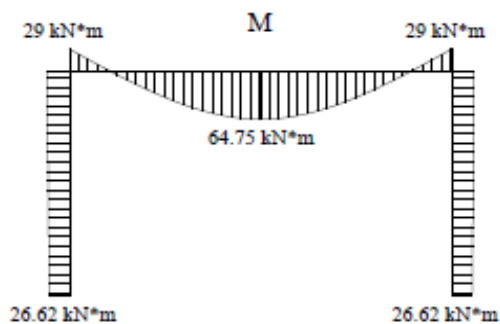


Figura 1. Scheme de calcul

Folosind programa de calcul Engilab au fost trasate diagramele de eforturi M , T și N în toate schemele de calcul, de la o sarcină uniform distribuită aplicată pe direcție verticală, care vor fi utilizate la dimensionarea elementelor (Figurile 2-4).



Schema nr. 1



Schema nr. 2

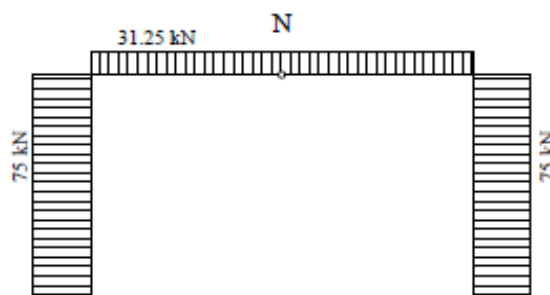
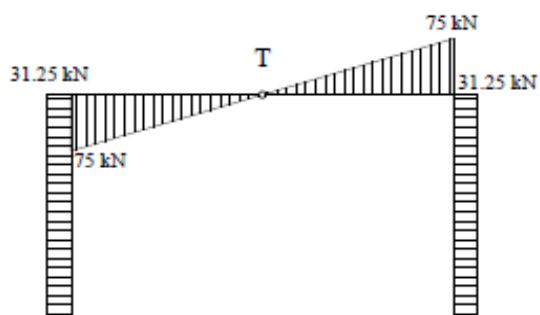
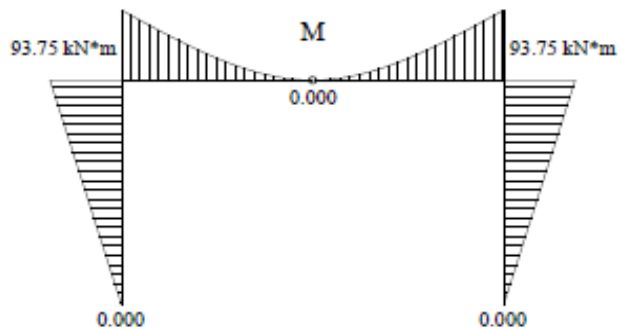
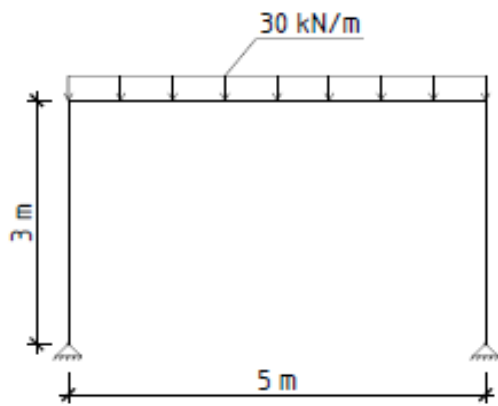
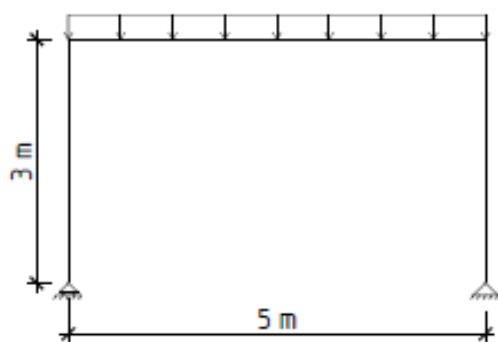
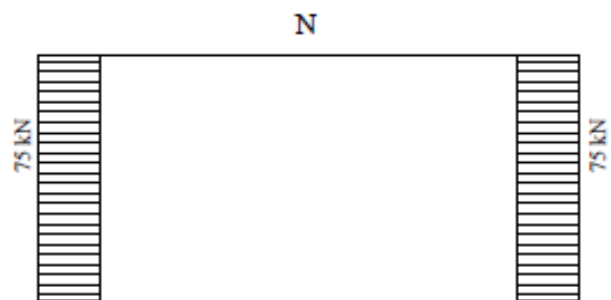
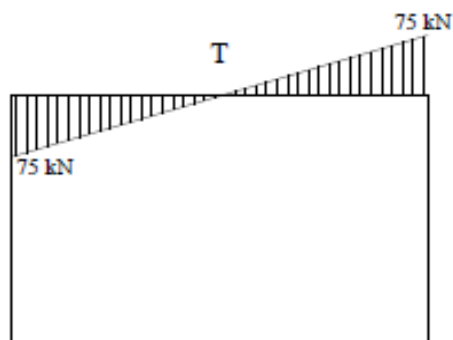
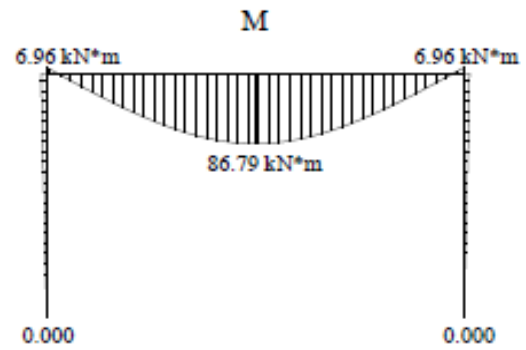


Figura 2. Diagramele de eforturi pentru schemele de calcul 1 și 2



Schema nr. 3



Schema nr. 4

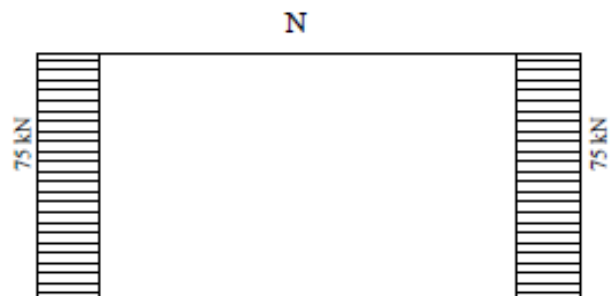
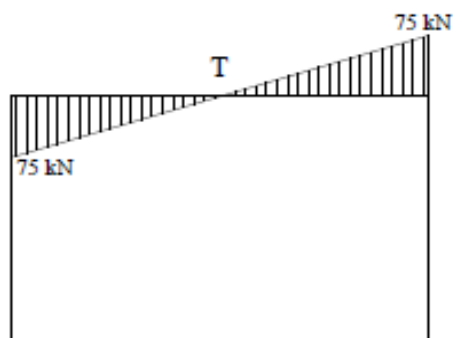
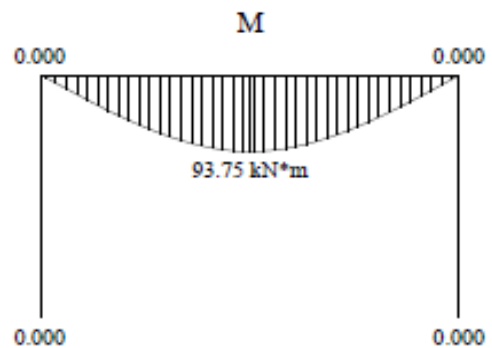


Figura 3. Diagramele de eforturi pentru schemele de calcul 3 și 4

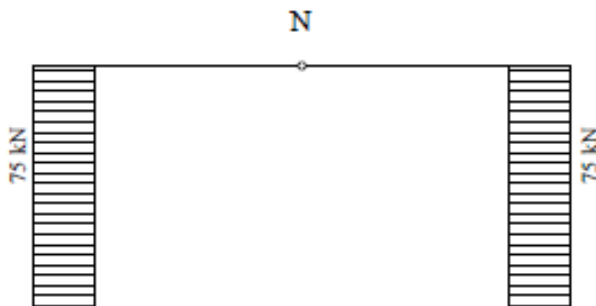
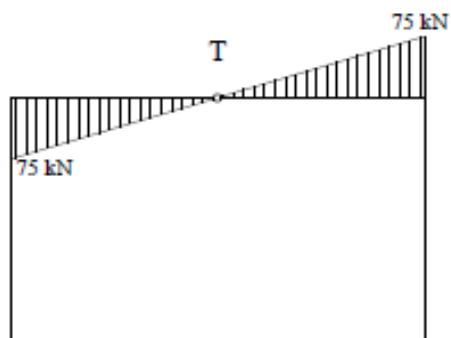
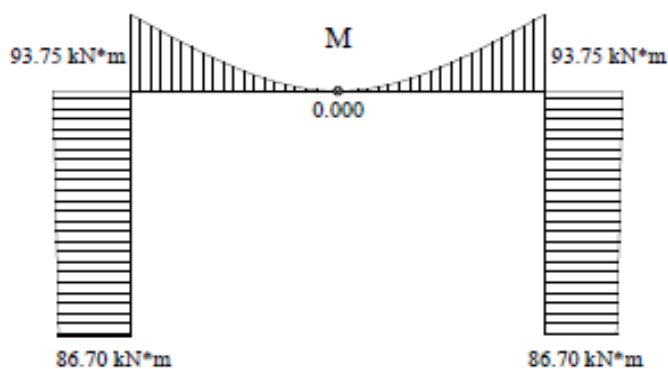
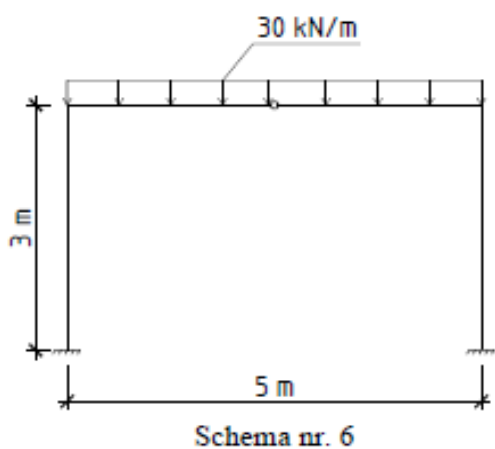
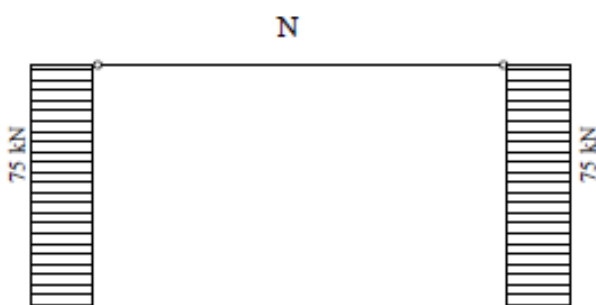
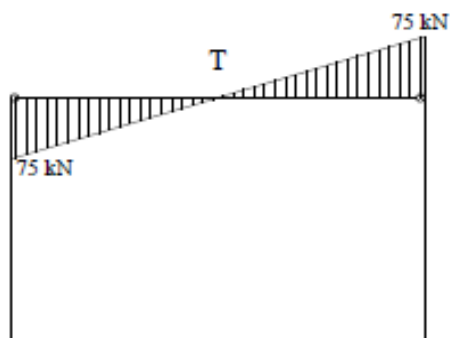
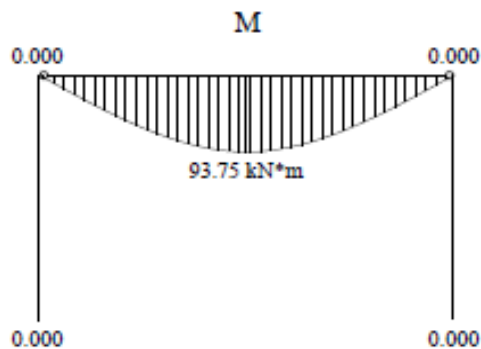
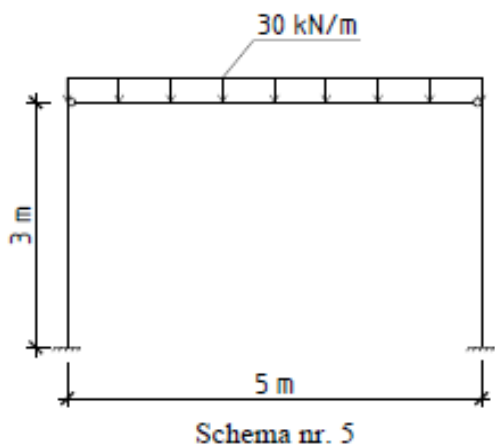


Figura 4. Diagramele de eforturi pentru schemele de calcul 5 și 6

Dimensionarea elementelor structurale

Calculul elementelor structurale pentru fiecare schemă de calcul s-a efectuat conform eforturilor maxime obținute, acestea sunt prezentate în Tabelul 1.

Tabelul 1.

Eforturile maxime obținute în elemente.

Numărul schemei	Elemente	M	N	T
1	Coloană Grindă	29 kN·m 64,75 kN·m	75 kN 0,75 kN	0,73 kN 75 kN
2	Coloană Grindă	93,75 kN·m 93,75 kN·m	75 kN 31,25 kN	31,25 kN 75 kN
3	Coloană Grindă	6,96 kN·m 86,79 kN·m	75 kN 2,32 kN	2,32 kN 75 kN
4	Coloană Grindă	0 kN·m 93,75 kN·m	75 kN 0 kN	0 kN 75 kN
5	Coloană Grindă	0 kN·m 93,75 kN·m	75 kN 0 kN	0 kN 75 kN
6	Coloană Grindă	93,75 kN·m 93,75 kN·m	75 kN 2,35 kN	2,35 kN 75 kN

Dimensionarea elementelor a fost realizată prin gruparea elementelor din schemele de calcul. S-au depistat 3 tipuri de stâlpi: comprimat centric, comprimat excentric cu $m_{ef} \leq 20$ și comprimat excentric cu $m_{ef} > 20$, ultimul a fost dimensionat folosind formula de încovoiere. Toate grinzile au fost dimensionate folosind același algoritm. În lucrare sunt prezentate câte un exemplu de fiecare caz.

Dimensionarea stâlpului pentru schema nr.1.

Date inițiale:

$H = 3$ m; $l = 5$ m; $M = 29$ kN·m; $N = 75$ kN; $\gamma_c = 0.9$; $E = 2.1 \cdot 10^5$ MPa; $R_y = 270$ MPa

Dimensionarea secțiunii stâlpului solicitat excentric se face cu relația: (51)[3]

$$\sigma \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_e \cdot A} \quad (2)$$

Preliminar adoptăm $\varphi_e = 0.7$, φ_e coeficientul ce depinde de excentricitatea m_{ef}

$$A \geq \frac{N}{\varphi_e \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{75 \text{ kN}}{0.7 \cdot 270 \text{ MPa} \cdot 0.9} = 4.409 \text{ cm}^2 \quad (3)$$

Adoptăm preliminar profilul I 10, cu aria de: $A = 12 \text{ cm}^2$

Verificarea stâlpului la stabilitate se efectuează conform formulei (51)[3].

$$\sigma \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (4)$$

Coeficientul φ_e se determină conform tab.74 [3]

$$m_{ef} = \eta \cdot m \quad (5)$$

unde $\eta=1.25$ tab.73, [3] și $m=11.688$

$$m_{ef} = 1.25 \cdot 11.688 = 14.61 \quad (6)$$

În rezultat se obține $\varphi_e = 0.096943$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_e \cdot A} = \frac{75 \text{ kN}}{0.096943 \cdot 12 \text{ cm}^2} = 644.709 \text{ MPa} \quad (7)$$

$$R_y \cdot \gamma_c = 270 \text{ MPa} \cdot 0.9 = 243 \text{ MPa} \quad (8)$$

$$644.709 \text{ MPa} \leq 243 \text{ MPa}$$

Stabilitatea nu este asigurată, mărim profilul.

Adoptăm profilul I 16, cu aria de: $A = 20.2 \text{ cm}^2$.

Verificarea stâlpului la stabilitate se efectuează conform formulei (51) [3].

$$\sigma \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (9)$$

Coeficientul φ_e se determină conform tab.74[3]

$$m_{ef} = \eta \cdot m \quad (10)$$

unde $\eta=1.25$ tab.73 [3] și $m=7.166$

$$m_{ef} = 1.25 \cdot 7.166 = 8.957 \quad (11)$$

În rezultat se obține $\varphi_e = 0.16207$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_e \cdot A} = \frac{75 \text{ kN}}{0.16207 \cdot 20.2 \text{ cm}^2} = 229.091 \text{ MPa} \quad (12)$$

$$R_y \cdot \gamma_c = 270 \text{ MPa} \cdot 0.9 = 243 \text{ MPa} \quad (13)$$

$$229.091 \text{ MPa} \leq 243 \text{ MPa}$$

Stabilitatea este asigurată.

Dimensionarea stâlpului pentru schema nr.2.

Date inițiale:

$H=3 \text{ m}$; $l=5 \text{ m}$; $M=93.75 \text{ kN}\cdot\text{m}$; $N=75 \text{ kN}$; $\gamma_c = 0.9$; $E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$; $R_y = 270 \text{ MPa}$

Dimensionarea secțiunii stâlpului solicitat excentric se face cu relația: (51)[3]

$$\sigma \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (14)$$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_e \cdot A} \quad (15)$$

Preliminar adoptăm $\varphi_e = 0.7$, φ_e coeficientul ce depinde de excentricitatea m_{ef}

$$A \geq \frac{N}{\varphi_e \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{75 \text{ kN}}{0.7 \cdot 270 \text{ MPa} \cdot 0.9} = 4.409 \text{ cm}^2 \quad (16)$$

Adoptăm preliminar profilul I 10, cu aria de: $A = 12 \text{ cm}^2$ și $W_x = 39.7 \text{ cm}^3$
Verificarea stâlpului la stabilitate se efectuează conform formulei (51) [3].

$$\sigma \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (17)$$

Coeficientul φ_e se determină conform tab.73 [3]

$$m_{ef} = \eta \cdot m \quad (18)$$

unde $\eta=1.25$ tab.73 [3] și $m=37.783$

$$m_{ef} = 1.25 \cdot 37.783 = 47.228 \quad (19)$$

Din cauză că $m_{ef} > 20$, calculul coloanei se efectuează conform formulei de încovoiere, conform formulei: (28) [3]

$$\frac{M}{W_{n.min}} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (20)$$

$$W_{n.min} \geq \frac{M}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{93.75 \text{ kN} \cdot \text{m}}{270 \text{ MPa} \cdot 0.9} = 385.802 \text{ cm}^3 \quad (21)$$

Adoptăm preventiv profilul I 27, cu modulul de rezistență: $W_{n.min} = 371 \text{ cm}^3$

Verificarea la rezistență:

$$\frac{M}{W_{n.min}} = \frac{93.75 \text{ kN} \cdot \text{m}}{371 \text{ cm}^3} = 252.695 \text{ MPa} \quad (22)$$

$$R_y \cdot \gamma_c = 270 \text{ MPa} \cdot 0.9 = 243 \text{ MPa} \quad (23)$$

$$224.048 \text{ MPa} \leq 243 \text{ MPa}$$

Rezistența este asigurată.

Calculul la stabilitate:

Verificarea stâlpului la stabilitate se efectuează conform formulei: (51) [3].

$$\sigma \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (24)$$

Coeficientul φ_e se determină conform tab.74 [3]

$$m_{ef} = \eta \cdot m \quad (25)$$

unde $\eta=1.25$ tab.73[3] și $m=13.544$

$$m_{ef} = 1.25 \cdot 13.544 = 16.93 \quad (26)$$

În rezultat se obține $\varphi_e = 0.08447$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_e \cdot A} = \frac{75 \text{ kN}}{0.08447 \cdot 40.2 \text{ cm}^2} = 220.868 \text{ MPa} \quad (27)$$

$$R_y \cdot \gamma_c = 270 \text{ MPa} \cdot 0.9 = 243 \text{ MPa} \quad (28)$$

$$220.868 \text{ MPa} \leq 243 \text{ MPa}$$

Stabilitatea este asigurată.

Din cauza că profilul nu satisface condițiile de rezistență mărim profilul.

Adoptăm profilul I 30, cu modulul de rezistență: $W_{n.min} = 472 \text{ cm}^3$

Verificarea la rezistență:

$$\frac{M}{W_{n.min}} = \frac{93.75 \text{ kN} \cdot \text{m}}{472 \text{ cm}^2} = 198.623 \text{ MPa} \quad (29)$$

$$R_y \cdot \gamma_c = 270 \text{ MPa} \cdot 0.9 = 243 \text{ MPa} \quad (30)$$

$$198.623 \text{ MPa} \leq 243 \text{ MPa}$$

Rezistența este asigurată.

Calculul la stabilitate:

Verificarea stâlpului la stabilitate se efectuează conform formulei: (51) [3].

$$\sigma \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (31)$$

Coeficientul φ_e se determină conform tab.74 [3]

$$m_{ef} = \eta \cdot m \quad (32)$$

unde $\eta=1.25$ tab.73 [3] și $m=12.315$

$$m_{ef} = 1.25 \cdot 12.315 = 15.393 \quad (33)$$

În rezultat se obține $\varphi_e = 0.097683$

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_e \cdot A} = \frac{75 \text{ kN}}{0.097683 \cdot 46.5 \text{ cm}^2} = 165.116 \text{ MPa} \quad (34)$$

$$R_y \cdot \gamma_c = 270 \text{ MPa} \cdot 0.9 = 243 \text{ MPa} \quad (35)$$

$$165.116 \text{ MPa} \leq 243 \text{ MPa}$$

Stabilitatea este asigurată.

Dimensionarea stâlpului pentru schema nr.4.

Date inițiale:

$H=3 \text{ m}$; $l=5 \text{ m}$; $M=0 \text{ kN} \cdot \text{m}$; $N=75 \text{ kN}$; $\gamma_c = 0.9$; $E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$; $R_y = 270 \text{ MPa}$

Dimensionarea secțiunii stâlpului solicitat centric se face cu relația: (5)[3].

$$\frac{N}{A} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (36)$$

$$A \geq \frac{N}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{75 \text{ kN}}{270 \text{ MPa} \cdot 0.9} = 3.086 \text{ cm}^2 \quad (37)$$

Adoptăm preliminar profilul I 10, cu aria de : $A = 12 \text{ cm}^2$
Verificarea la rezistență:

$$\frac{N}{A} = \frac{75 \text{ kN}}{12 \text{ cm}^2} = 62.5 \text{ MPa} \quad (38)$$

$$R_y \cdot \gamma_c = 270 \text{ MPa} \cdot 0.9 = 243 \text{ MPa} \quad (39)$$

$$62.5 \text{ MPa} \leq 243 \text{ MPa}$$

Rezistența este asigurată.

Pentru elementele solicate centric verificarea stabilității se face cu formula: (7)[3].

$$\frac{N}{\varphi \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (40)$$

Coeficientul φ se determină conform relației (8)[3]

În rezultat se obține $\varphi = 0.834$

$$\frac{N}{\varphi \cdot A} = \frac{75 \text{ kN}}{0.834 \cdot 12 \text{ cm}^2} = 74.978 \text{ MPa} \quad (41)$$

$$R_y \cdot \gamma_c = 270 \text{ MPa} \cdot 0.9 = 243 \text{ MPa} \quad (42)$$

$$74.978 \text{ MPa} \leq 243 \text{ MPa}$$

Stabilitatea este asigurată.

Dimensionarea grinzii.

Date inițiale:

$H = 3 \text{ m}$; $l = 5 \text{ m}$; $M = 93.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$; $T = 75 \text{ kN}$; $\gamma_c = 0.9$; $E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$; $R_y = 270 \text{ MPa}$

Dimensionarea secțiunii grinzii se face cu relația: (28)[3].

$$\frac{M}{W_{n.min}} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (43)$$

$$W_{n.min} \geq \frac{M}{R_y \cdot \gamma_c} = \frac{93.75 \text{ kN} \cdot \text{m}}{270 \text{ MPa} \cdot 0.9} = 385.802 \text{ cm}^3 \quad (44)$$

Adoptăm preventiv profilul I 30, cu modulul de rezistență de : $W_{n.min} = 472 \text{ cm}^3$.

Verificarea la rezistență:

$$\frac{M}{W_{n.min}} = \frac{93.75 \text{ kN} \cdot \text{m}}{472 \text{ cm}^2} = 198.623 \text{ MPa} \quad (45)$$

$$R_y \cdot \gamma_c = 270 \text{ MPa} \cdot 0.9 = 243 \text{ MPa} \quad (46)$$

$$198.623 \text{ MPa} \leq 243 \text{ MPa}$$

Rezistența este asigurată.

Verificarea la tensiuni tangențiale:

$$\gamma_m = 1.025; R_{yn} = 275 \text{ MPa}$$

$$R_s = 0.58 \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_m} = 0.58 \cdot \frac{275 \text{ MPa}}{1.025} = 155.61 \text{ MPa} \quad (47)$$

$$\frac{T \cdot S_x}{d \cdot I_x} \leq R_s \cdot \gamma_c \quad (29)[3] \quad (48)$$

$$\frac{T \cdot S_x}{d \cdot I_x} = \frac{75 \text{ kN} \cdot 268 \text{ cm}^3}{6.5 \text{ mm} \cdot 7080 \text{ cm}^4} = 26.565 \text{ MPa} \quad (49)$$

$$R_s \cdot \gamma_c = 155.61 \text{ MPa} \cdot 0.9 = 140.049 \text{ MPa} \quad (50)$$

$$26.565 \text{ MPa} \leq 140.049 \text{ MPa}$$

Verificarea la tensiuni tangențiale este asigurată.

Verificarea la rigiditate:

$$f \leq f_u$$

$$f = 17.31 \text{ mm}$$

$$f_u = \frac{l}{250} = \frac{5 \text{ m}}{250} = 25 \text{ mm} \quad (51)$$

$$17.31 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm}$$

Rigiditatea este asigurată.

Analogic au fost dimensionate toate elementele structurale ale schemelor de calcul. Profilele adoptate sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2.

Profilele elementelor structurale.

Numărul schemei	1	2	3	4	5	6
Elemente și tipul profilelor	Grindă: I 24 Coloană: I 16	Grindă: I 30 Coloană: I 30	Grindă: I 27 Coloană: I 10	Grindă: I 30 Coloană: I 10	Grindă: I 30 Coloană: I 10	Grindă: I 30 Coloană: I 30

Concluzie:

Analizând profilele elementelor structurale obținute în toate cele 6 scheme de calcul, schemele 2 și 6, 4 și 5 după tipul reazemelor și nodurilor de îmbinare sunt diferite, dar eforturile sunt aproximativ egale pentru sarcina uniform distribuită aplicată, ceea ce duce la obținerea aceluiași profile. Cea mai optimă schemă de calcul este schema nr.3, ce reprezintă o schemă cu noduri de îmbinare rigide și rezemată articulat fix. Cea mai nefavorabilă schemă de calcul este schema nr.2 și nr.6, la care în rezultat s-au obținut cele mai mari secțiuni. Aceasta concluzie a fost formulată fără a ține cont de costul reazemelor și a nodurilor de îmbinare a elementelor. Toate profilele obținute asigură o durabilitate înaltă a schemei, însă costul lor variază, din acest motiv alegerea schemei de calcul optime are o importanță mare la proiectarea construcțiilor.

Bibliografie:

- [1] G. Colcin, M. Bîrcă și I. Pîrțac, "Mecanica structurilor din bare." Chișinău: Lumina, 1992-383p.
- [2] СНиП_2.01.07-85. "Нагрузки и воздействия." Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1986-34с.
- [3] СНиП II-23-81*. "Стальные конструкции." Нормы проектирования. Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1990-94 с.
- [4] M. Mateescu, L. Gădeanu, G. Mercea, R. Muhlbacher, P. Cosmulescu "Construcții metalice". București: Editura didactică și pedagogică, 1985-403 p.
- [5] "Statica construcțiilor structurii static nedeterminate." Îndrumător pentru lucrări.[Online]. Available: <https://biblioteca.utcluj.ro/files/carti-online-cu-coperta/028-7.pdf>