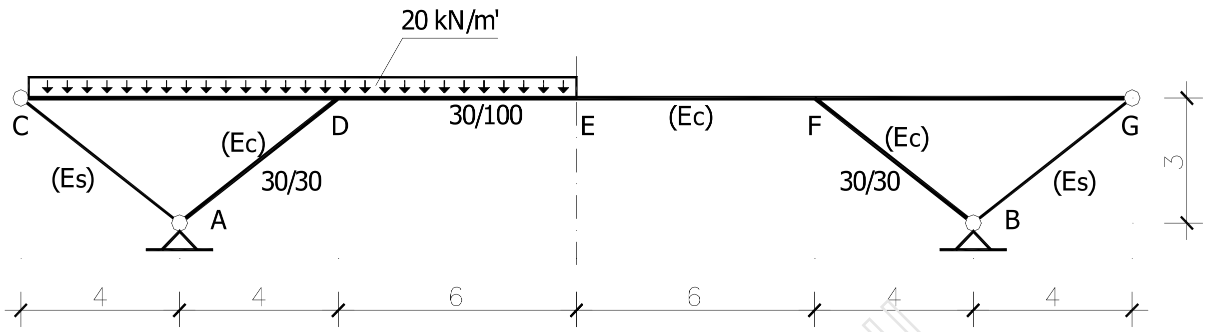
1.METODA SILA

1.1. Metodom sila rije□iti dati nosa□.



E_c= 41 10^6 kN/m^2,
E_s= 200 10^6 kN/m^2,
F_s= 1,0 cm^2 (povr□ina □eli□nih □tapova).

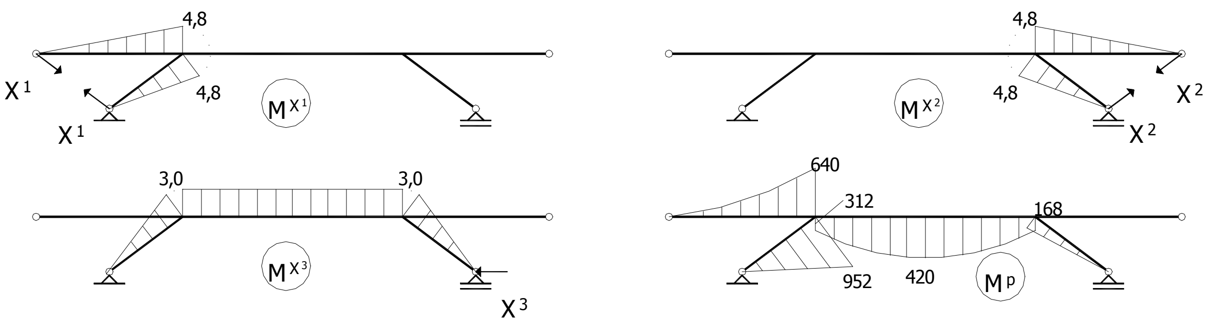
Usvojimo slijede□i ***osnovni sustav***:

$$tg\alpha = \frac{3}{4} \quad \Rightarrow \quad \alpha = 36{,}8699^0$$ (α je kut izme□u grede i kosih stubova).

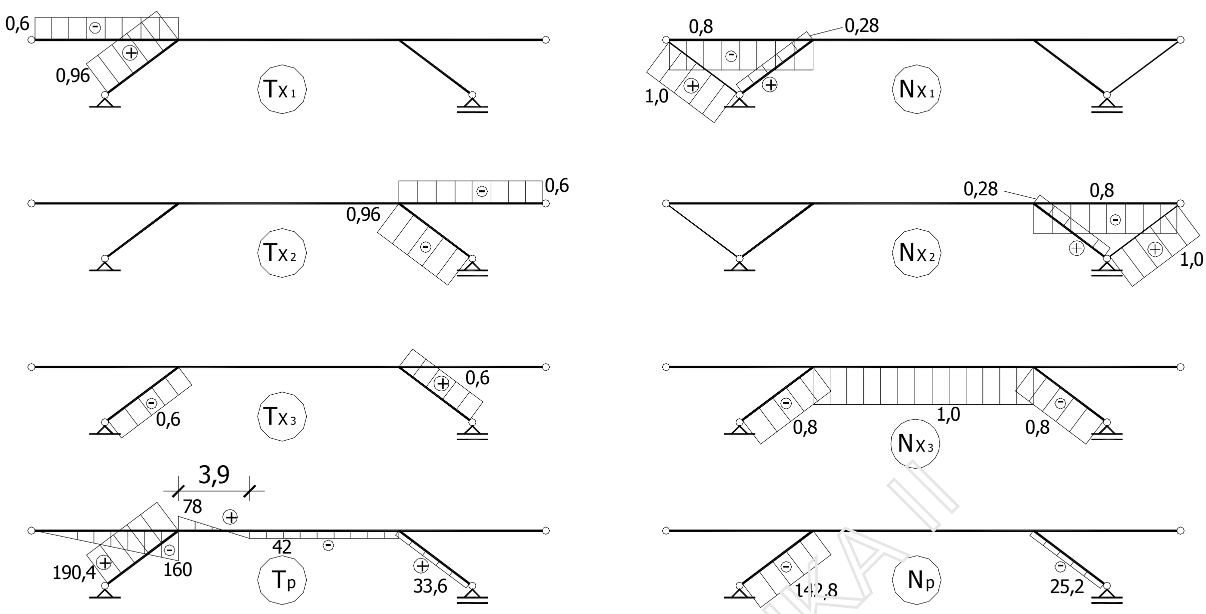
Momentni dijagrami od jedini□nih sila

X_i=1,0 kN, i=1,2,3

i vanjskog optere□enja su slijede□i:



Dijagrami od transverzalnih i normalnih sila su dani u nastavku.



Odredimo sada momente tromosti:

a) greda (čije momente inercije u ovom slučaju uzimamo za kontrolne)

$$I_C = I_G = \frac{0{,}3 \cdot 1^3}{12} = 0{,}025\,m^4$$

b) stubova

$$I_S = \frac{0{,}3 \cdot 0{,}3^3}{12} = 0{,}000675\,m^4$$

te njihov odnos

$$\frac{I_C}{I_S} = \left(\frac{1}{0{,}3}\right)^3 = 37{,}037\,.$$

Ostali potrebni koeficijenti su:

$$\frac{E_C}{E_S} = \frac{41 \cdot 10^6}{200 \cdot 10^6} = 0{,}205$$

$$\frac{I_C}{F_S} = \frac{0{,}025}{0{,}0001} = 250\,.$$

Uđimo sada u proračun koeficijenata, kako bi formirali sustav jednadžbi.

$$E_C \cdot I_C \cdot \delta_{11}^M = \frac{4{,}8 \cdot 8}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 4{,}8 \cdot 1{,}0 + \frac{4{,}8 \cdot 5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 4{,}8 \cdot 37{,}037 = 1483{,}66$$

$$E_C \cdot I_C \cdot \delta_{11}^N = 1{,}0 \cdot 5 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}205 \cdot 250 = 256{,}25$$

$$\Rightarrow E_C \cdot I_C \cdot \delta_{11} = 1739{,}91$$

te analogno dobivamo istu vrijednost, a zbog simetričnosti, za koeficijente

$$E_C \cdot I_C \cdot \delta_{22} = 1739{,}91$$

$$E_C \cdot I_C \cdot \delta_{12} = 0$$

$$E_C \cdot I_C \cdot \delta_{33} = 2 \cdot \left(\frac{3 \cdot 5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 37{,}037\right) + 3 \cdot 12 \cdot 3 = 1219{,}11$$

$$E_C \cdot I_C \cdot \delta_{13} = -\frac{4{,}8 \cdot 5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 \cdot 37{,}037 = -888{,}89$$

$$E_C \cdot I_C \cdot \delta_{23} = -888{,}89$$

$$E_C \cdot I_C \cdot \Delta_{1P} = \frac{4{,}8 \cdot 5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 952 \cdot 37{,}037 + \frac{640 \cdot 8 \cdot 4{,}8}{4} = 288217{,}79$$

$$E_C \cdot I_C \cdot \Delta_{2P} = \frac{4{,}8 \cdot 5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 168 \cdot 37{,}037 = 49777{,}73 \ ,$$

$$E_C \cdot I_C \cdot \Delta_{3P} = -\frac{3 \cdot 5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 952 \cdot 37{,}037 - \frac{3 \cdot 5}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 168 \cdot 37{,}037 -$$
$$-\left(\frac{420 + 312}{2} \cdot 6 + \frac{2}{3} \cdot 90 \cdot 60 + \frac{420 + 168}{2} \cdot 6 \right) \cdot 3 = -220367{,}20$$

Sada možemo postaviti sustav jednadžbi elastičnosti:

$$\begin{array}{lll}
1739{,}91\ X_1 + 0\ X_2 - 888{,}89\ X_3 = -288217{,}79 \\
0\ X_1 + 1739{,}91\ X_2 - 888{,}89\ X_3 = -49777{,}73 \\
-888{,}89\ X_1 - 888{,}89\ X_2 + 1219{,}11\ X_3 = -220367{,}20
\end{array}$$

čije je rješenje:

$X_1 = -87{,}276$ [kN],
$X_2 = 49{,}765$ [kN],
$X_3 = 153{,}410$ [kN].

Vrijednosti momenata u pojedinim presjecima računamo prema formuli:

$$M_X = M_X^P + M_X^{X_1} \cdot X_1 + M_X^{X_2} \cdot X_2 + M_X^{X_3} \cdot X_3 \ ,$$

gdje je:

M_x - moment u presjeku X,
M_X^P - moment u presjeku X od vanjskog opterećenja,
$M_X^{X_1}$ - moment u presjeku X od opterećenja X_1,
$M_X^{X_2}$ - moment u presjeku X od opterećenja X_2,
$M_X^{X_3}$ - moment u presjeku X od opterećenja X_3.

Izračunajmo momente u pojedinim presjecima za naš problem.

$$M_D^{lijevo} = -640 + (-4{,}8) \cdot (-87{,}276) + 0 \cdot 49{,}765 + 0 \cdot 153{,}410 = -221{,}075 \text{kNm}$$

$$M_D^{desno} = 312 + 0 \cdot (-87{,}276) + 0 \cdot 49{,}765 + (-3) \cdot 153{,}410 = -148{,}230 \text{kNm}$$

$$M_D^{dole} = 925 + 4{,}8 \cdot (-87{,}276) + 0 \cdot 49{,}765 + (-3) \cdot 153{,}410 = -72{,}845 \text{kNm}$$

$$M_E = 420 + 0 \cdot (-87{,}276) + 0 \cdot 49{,}765 + (-3) \cdot 153{,}410 = -40{,}230 \text{kNm}$$

$$M_F^{lijevo} = 168 + 0 \cdot (-87{,}276) + 0 \cdot 49{,}765 + (-3) \cdot 153{,}410 = -292{,}23 \text{kNm}$$

$$M_F^{desno} = 0 + 0 \cdot (-87{,}276) + (-4{,}8) \cdot 49{,}765 + 0 \cdot 153{,}410 = -238{,}872 \text{kNm}$$

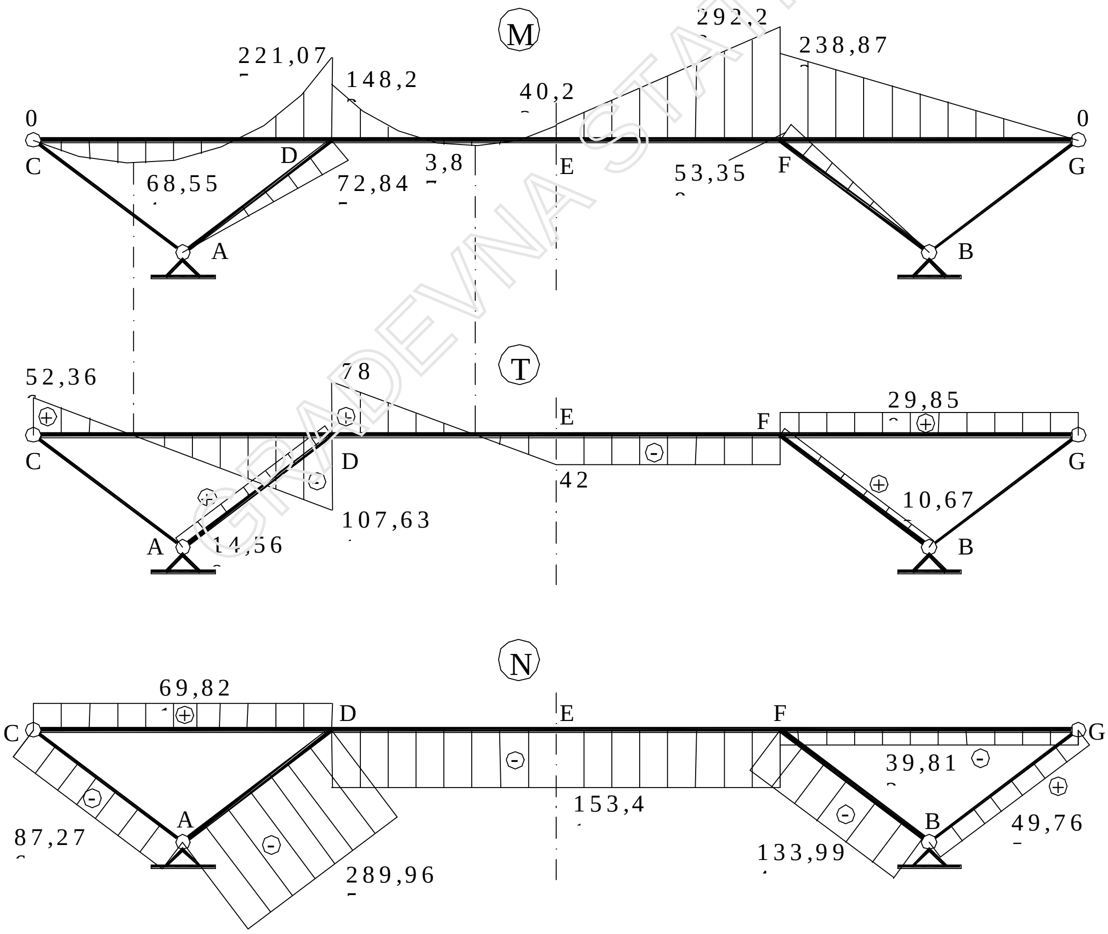
$$M_F^{dole} = 168 + 0 \cdot (-87{,}276) + 4{,}8 \cdot 49{,}765 + (-3) \cdot 153{,}410 = 53{,}358 \text{kNm}$$

Analognim postupkom izračunavamo vrijednosti transverzalnih i normalnih sila u pojedinim presjecima, a na osnovu formula:

$$T_X = T_X^P + T_X^{X_1} \cdot X_1 + T_X^{X_2} \cdot X_2 + T_X^{X_3} \cdot X_3 \ ,$$
$$N_X = N_X^P + N_X^{X_1} \cdot X_1 + N_X^{X_2} \cdot X_2 + N_X^{X_3} \cdot X_3 \ ,$$

gdje su:

T_x, N_x – transverzalna, odnosno normalna sila u presjeku X,
T_X^P, N_X^P – transverzalna, odnosno normalna sila u presjeku X od vanjskog opterećenja,
$T_X^{X_1}$, $N_X^{X_1}$ – transverzalna, odnosno normalna sila u presjeku X od opterećenja X_1,
$T_X^{X_2}$, $N_X^{X_2}$ – transverzalna, odnosno normalna sila u presjeku X od opterećenja X_2,
$T_X^{X_3}$, $N_X^{X_3}$ – transverzalna, odnosno normalna sila u presjeku X od opterećenja X_3.



M, T i N dijagrami