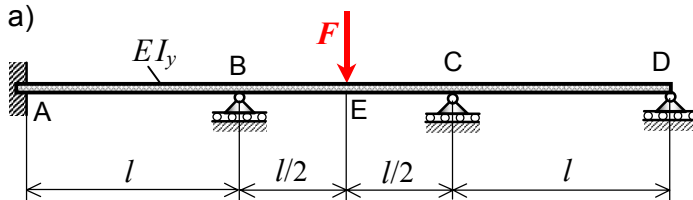


### 3. Primjer: Savijanje statički neodređenog ravnog nosača na više oslonaca

Za kontinuirani ravni nosač konstantne fleksijske krutosti, zadan i opterećen prema slici a), primjenom metode triju momenata treba odrediti reakcije veza u osloncima. Skicirati dijagrame poprečnih sila i momenata savijanja te dimenzionirati poprečni presjek nosača (odabrati standardni I - profil). Skicirati elastičnu liniju nosača.



Zadano:

$$F = 60 \text{ kN}, l = 2 \text{ m},$$

$$\sigma_{\text{dop}} = 160 \text{ MPa}, EI_y = \text{konst.}$$

#### Rješenje:

Reakcije veza u osloncima nosača prikazane su na slici b).

Zadatak je tri puta statički neodređen:  $n = k - s = 5 - 2 = 3$ .

1. Rastavljanjem nosača na sastavne određene dijelove uporabom **jednadžbi ravnoteže** odrede se sastavnice reakcija veza u osloncima od vanjskog opterećenja:

$$F'_A = 0, F'_B = F'_C = \frac{F}{2}, F'_D = 0.$$

Moment savijanja od vanjskog opterećenja prikazan je na slici c), koji može poslužiti za određivanje reakcija analognih greda, potrebnih u jednadžbama triju momenata.

2. Opterećenja analognih greda i pripadajuće reakcije u osloncima su, slika c):

$$F_1^* = F_3^* = 0, F_2^* = \frac{F \cdot l^2}{8},$$

$$F_{B,L}^* = F_{C,L}^* = \frac{1}{2} F_2^* = \frac{F \cdot l^2}{16}, F_{A,L}^* = 0.$$

**3. Jednadžbe triju momenata** (Clapeyronove jednadžbe) za srednje oslonce nosača su:

$$\text{a) } s = A: 2M_A \cdot l + M_B \cdot l = 0 \quad /:l$$

$$\text{b) } s = B: M_A \cdot l + 2M_B \cdot 2l + M_C \cdot l = -6F_B^* = -\frac{6}{16} Fl^2 \quad /:l$$

$$\text{c) } s = C: M_B \cdot l + 2M_C \cdot 2l = -6F_C^* = -\frac{6}{16} Fl^2 \quad /:l$$

Sređivanjem sustava jednadžbi a), b) i c) slijede izrazi za unutarnje momente savijanja u presjecima nosača na mjestima oslonaca:

$$M_A = \frac{9}{208} Fl, \quad M_B = -\frac{9}{104} Fl, \quad M_C = -\frac{15}{208} Fl, \quad M_D = 0.$$

Pripadajući rezultirajući dijagram momenata savijanja nosača prikazan je na slici d), a elastična linija nosača na slici e).

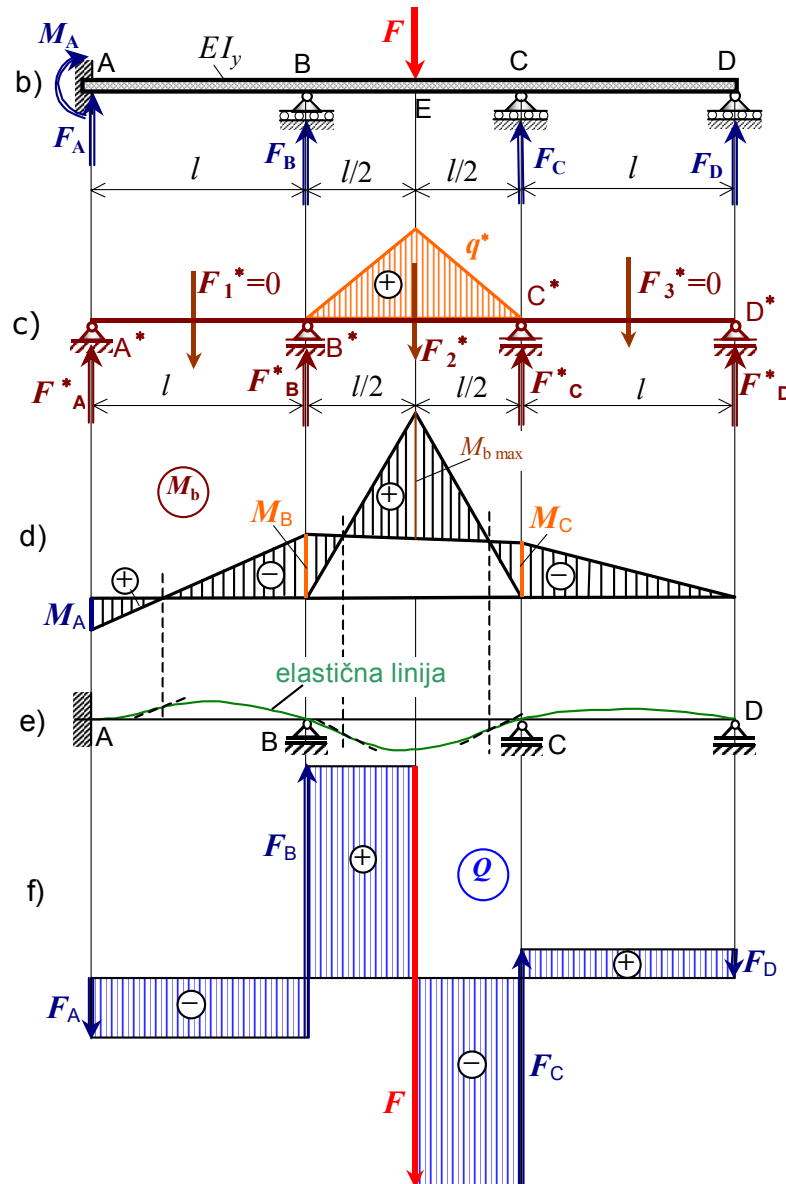
**4. Reakcije veza u osloncima nosača** određene su sastavnicama od zadanog vanjskog opterećenja i od unutarnjih momenata savijanja na mjestima oslonaca:

$$F_A = F'_A + \frac{-M_A + M_B}{l} = 0 + \frac{-9 - 18}{208} F = -\frac{27}{208} F,$$

$$F_B = F'_B + \frac{M_A - M_B}{l} + \frac{-M_B + M_C}{l} = \frac{F}{2} + \frac{27}{208}F + \frac{3}{208}F = \frac{134}{208}F,$$

$$F_C = F'_C + \frac{M_B - M_C}{l} + \frac{-M_C + M_D}{l} = \frac{F}{2} - \frac{3}{208}F + \frac{15}{208}F = \frac{116}{208}F,$$

$$F_D = F'_D + \frac{M_C - M_D}{l} = 0 - \frac{15}{208}F = -\frac{15}{208}F.$$



$$F_A = -\frac{27}{208}F \approx -0,13F = -7788,5 \text{ N}, \quad M_A = \frac{9}{208}Fl \approx 0,04327Fl = 5192,3 \text{ N} \cdot \text{m},$$

$$F_B = \frac{134}{208}F \approx 0,64423F = 38654 \text{ N},$$

$$F_C = \frac{116}{208}F \approx 0,5577F = 33461,5 \text{ N},$$

$$F_D = -\frac{15}{208}F \approx 0,0721F = -4327 \text{ N}.$$

Pripadajući dijagram poprečnih sila  $Q$  duž nosača prikazan je na slici f).

### 5. Određivanje potrebnog presjeka nosača

Maksimalni je moment savijanja, prema slici d), u presjeku E nosača:

$$M_{b \max} = \frac{Fl}{4} - \left| \frac{M_B + M_C}{2} \right| \cong 0,170673 Fl.$$

Uvrštavanjem zadanih vrijednosti slijedi iznos maksimalnog momenta savijanja:

$$M_{b \max} = 20480,8 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Potrebni aksijalni modul (moment otpora) poprečnog presjeka nosača jest:

$$W_y \geq \frac{M_{b \max}}{\sigma_{\text{dop}}} = \frac{20480,8}{160} = 128 \text{ cm}^3.$$

Iz tablice 8.5, str. 498 u Inženjerskom priručniku IP1 odabran je odgovarajući standardni I - profil NP180, čiji je aksijalni modul (moment otpora) površine presjeka:

$$W_y = 161 \text{ cm}^3.$$