



31.

*SLOVENSKO DRŽAVNO TEKMOVANJE
V GRADBENI MEHANIKI*

LJUBLJANA, 13. MAJ, 2026



FGG

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

31. slovensko državno tekmovanje v gradbeni mehaniki

Univerza v Ljubljani

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

**Peter Češarek, Dejan Zupan, Robert Pečenko,
Rado Flajs, Anita Ogrin, Igor Planinc in Goran Turk**

Ljubljana, 13. maj 2026

Avtorji: ČEŠAREK, Peter; ZUPAN, Dejan; PEČENKO, Robert; FLAJS, Rado;
OGRIN, Anita; PLANINC, Igor; TURK, Goran
31. slovensko državno tekmovanje v gradbeni mehaniki

Založnik: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
zanjo dekanja prof. dr. Violeta Bokan Bosiljkov

Oblikovanje naslovnice: SAJE, Veronika

Elektronska izdaja: www.km.fgg.uni-lj.si/tekma/tekmaGMH2026.pdf

Obseg: 31 strani

Cena: knjiga je brezplačna

Ljubljana, 2026

Katalogni zapis o publikaciji (CIP) so pripravili v
Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani.

COBISS.SI-ID 290482691
ISBN 978-961-7286-02-1 (PDF)



31. slovensko državno tekmovanje v gradbeni mehaniki Ljubljana 2026

Letos smo na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo organizirali že 31. državno tekmovanje v gradbeni mehaniki. Tekmovanje je pripravil organizacijski odbor v sestavi:

Goran Turk,
Peter Česarek,
Rado Flajs,
Robert Pečenko,
Anita Ogrin,
Igor Planinc,
Dejan Zupan (vsi UL FGG),
Jure Zupančič (Srednja gradbena, lesarska in vzgojiteljska šola, Novo mesto),
Franci Uduč (Šolski center Krško-Sevnica, Srednja šola, Krško),
Nika Harl (Srednja gradbena šola in gimnazija, Maribor),
Uroš Avsec (Srednja elektro šola in tehniška gimnazija, Novo mesto),
Majda Pregl (Srednja gradbena, geodetska, okoljevarstvena šola in strokovna gimnazija, Ljubljana),
Jože Prislan (Srednja šola za gradbeništvo in varovanje okolja, Celje).

Na tekmovanje smo povabili dijakinje in dijake tretjih in četrtih letnikov srednjih tehniških šol in tehniških gimnazij. Odbor je pripravil naloge za predtekmovanje in sklepno tekmovanje ter pregledal in ocenil izdelke tekmovalk in tekmovalcev.

Na predtekmovanje se je prijavilo 130 dijakinj in dijakov. Predtekmovalne naloge so na srednjih šolah reševali 14. aprila 2026. Devetintrideset najuspešnejših dijakinj in dijakov na predtekmovanju se je uvrstilo na sklepno tekmovanje, ki je potekalo 13. maja 2026 v prostorih Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani.

Na skupno tekmovanje so se uvrstile naslednje dijakinje in dijaki:

Ime in priimek	Letnik	Šola	Mentor
Jure Mikek	3	SŠGVO Celje	Marlenka Žolnir Petrič
Gašper Presker	3	ŠCKS SŠ Krško	Franci Uduč
Luka Radišek	3	ŠCKS SŠ Krško	Franci Uduč
Pika Skrivalnik	3	ŠCKS SŠ Krško	Franci Uduč
Maks Banko	3	SGGOŠ Ljubljana	Biljana Postolova
Amadej Demšar	3	SGGOŠ Ljubljana	Biljana Postolova
Jan Govednik	3	SGGOŠ Ljubljana	Biljana Postolova
Nina Kočar	3	SGGOŠ Ljubljana	Majda Pregl
Vid Prosen	3	SGGOŠ Ljubljana	Biljana Postolova
Gal Strušnik	3	SGGOŠ Ljubljana	Majda Pregl
Loti Turk	3	SGGOŠ Ljubljana	Biljana Postolova
Marsel Jelen	3	SGŠG Maribor	Nika Harl
Ožbej Florjančič	3	SEŠTG Novo mesto	Uroš Avsec
Anže Aaron Gazvoda	3	SEŠTG Novo mesto	Uroš Avsec
Žan Kovač	3	SEŠTG Novo mesto	Uroš Avsec
Jakob Malnarič	3	SEŠTG Novo mesto	Uroš Avsec
Lev Pavlin	3	SEŠTG Novo mesto	Uroš Avsec
Aleksander Schuster	3	SEŠTG Novo mesto	Uroš Avsec
Luka Starič	3	SEŠTG Novo mesto	Uroš Avsec
Jaka Škofljanc	3	SEŠTG Novo mesto	Uroš Avsec
Nejc Dimec	3	SGLVŠ Novo mesto	Jure Zupančič
Žan Pungerčar	3	SGLVŠ Novo mesto	Jure Zupančič
Neja Skubic	3	SGLVŠ Novo mesto	Jure Zupančič
Žiga Žgajnar	3	SGLVŠ Novo mesto	Jure Zupančič
Gašper Robnik	4	SŠGVO Celje	Jože Prislan
Nejc Klopčič	4	SGGOŠ Ljubljana	Majda Pregl
Ažbe Perpar	4	SGGOŠ Ljubljana	Majda Pregl
Van Prosenik	4	SGGOŠ Ljubljana	Majda Pregl
Zala Žalar	4	SGGOŠ Ljubljana	Biljana Postolova
Jaka Fras	4	SGŠG Maribor	Nika Harl
Gašper Hribernik	4	SGŠG Maribor	Nika Harl
Miha Magyar	4	SGŠG Maribor	Nika Harl
Tomaž Pernek	4	SGŠG Maribor	Nika Harl
Jernej Osolnik	4	SEŠTG Novo mesto	Uroš Avsec
Žan Janežič	4	SGLVŠ Novo mesto	Jure Zupančič
Matevž Klančar	4	SGLVŠ Novo mesto	Jure Zupančič
Tim Plesec	4	SGLVŠ Novo mesto	Jure Zupančič
Nika Pureber	4	SGLVŠ Novo mesto	Jure Zupančič
Klara Eliza Rodič	4	SGLVŠ Novo mesto	Jure Zupančič

KRATICE ŠOL:

SŠGVO Celje	Srednja šola za gradbeništvo in varovanje okolja Celje
ŠCKS SŠ Krško	Šolski center Krško-Sevnica, Srednja šola Krško
SGGOŠ Ljubljana	Srednja gradbena, geodetska in okoljevarstvena šola in strokovna gimnazija Ljubljana
SGŠG Maribor	Srednja gradbena šola in gimnazija Maribor
SEŠTG Novo mesto	Srednja elektro šola in tehniška gimnazija Novo mesto
SGLVŠ Novo mesto	Srednja gradbena, lesarska in vzgojiteljska šola Novo mesto

Sklepno tekmovanje se je začelo 13. maja 2026 ob 11.00 v prostorih Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Po 120 minutah reševanja nalog so si tekmovalke in tekmovalci pod vodstvom Jasne Smolar ogledali Laboratorij Katedre za geotehniko, pod vodstvom Francija Čepona pa Konstrukcijsko prometni laboratorij.

Medtem je komisija za ocenjevanje v sestavi Peter Češarek, Robert Pečenko, Goran Turk in Dejan Zupan, (vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo) pregledala in ocenila naloge s sklepnega tekmovanja.

Po skupnem kosilu so bili popoldne v svečani dvorani Fakultete za gradbeništvo in geodezijo objavljeni rezultati. Priznanja in nagrade je dijakinjam in dijakom podelila dekanja UL FGG prof. dr. Violeta Bokan Bosiljkov.

Najuspešnejši na sklepnem tekmovanju so bili:

ime in priimek	šola	nagrada	točke
3. letnik			
Nika Kočar	SGGOŠ Ljubljana	1. nagrada	55
Jakob Malnarič	SEŠTG Novo mesto	2. nagrada	50
Luka Starič	SEŠTG Novo mesto	2. nagrada	50
Jan Govednik	SGGOŠ Ljubljana	3. nagrada	45
4. letnik			
Miha Magyar	SGŠG Maribor	1. nagrada	50
Gašper Hribernik	SGŠG Maribor	2. nagrada	45
Tomaž Pernek	SGŠG Maribor	2. nagrada	45

V naslednjih dveh preglednicah prikazujemo nekatere podatke o tem, kako so dijakinje in dijaki reševali predtekmovalne naloge in naloge na sklepnem tekmovanju. Najvišja možna ocena za posamezno nalogo je 25 točk.

predtekmovanje za 3. letnike [%]					
	1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga	skupaj
povprečje	14.35	15.43	13.70	5.00	48.48
najnižja ocena	0	0	0	0	0
najvišja ocena	25	25	25	25	90

predtekmovanje za 4. letnike [%]					
	1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga	skupaj
povprečje	15.48	11.67	12.26	4.40	43.81
najnižja ocena	0	0	0	0	0
najvišja ocena	25	25	25	25	95

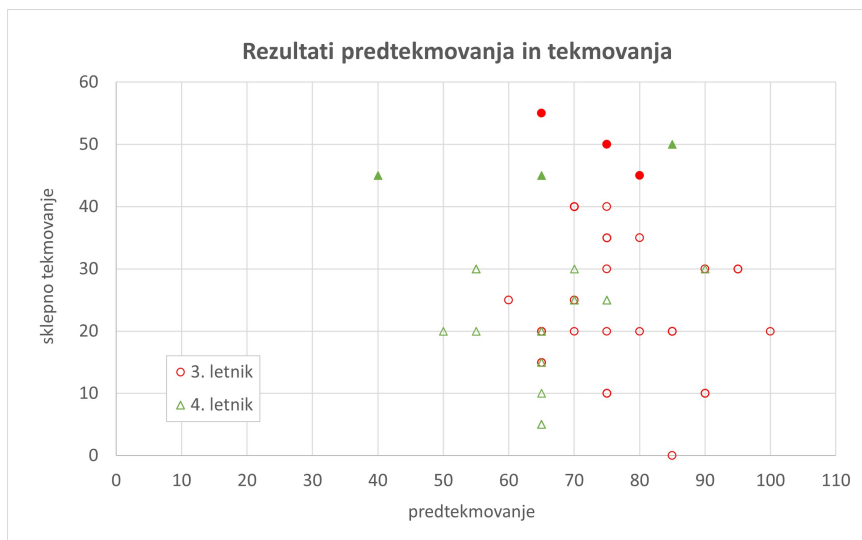
sklepno tekmovanje za 3. letnike [%]					
	1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga	skupaj
povprečje	4.13	7.83	4.78	13.04	29.78
najnižja ocena	0	0	0	5	10
najvišja ocena	15	20	15	25	55

sklepno tekmovanje za 4. letnike [%]					
	1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga	skupaj
povprečje	6.67	6.33	1.33	11.67	26.00
najnižja ocena	5	0	0	0	5
najvišja ocena	10	25	10	25	50

Glede na povprečne ocene posameznih nalog na predtekmovanju lahko sklepamo, da je bila za tretje in četrte letnike najtežja 4. naloga.

Na sklepnem tekmovanju so bile povprečne ocene bistveno nižje kot na predtekmovanju. Glede na povprečne ocene pri posameznih nalogah lahko ocenimo, da je bila četrta naloga pri obeh letnikih nekoliko lažja, vse druge so bile podobno težke. Zelo je izstopala 3. naloga pri četrth letnikih, kjer so bili rezultati zelo nizki.

Zanimiv je graf rezultatov s predtekmovanja in sklepnega tekmovanja. Običajno velja, da boljši rezultat na predtekmovanju pomeni tudi boljši rezultat na sklepnem tekmovanju. Ker so bile na predtekmovanju razlike med rezultati na sklepnem tekmovanju uvrščenih tekmovalcev majhne, povezava med rezultati na predtekmovanju in sklepnem tekmovanju ni zelo izrazita. Na sliki so poudarjeno označeni rezultati tistih, ki so dobili nagrado na sklepnem tekmovanju.



Oglejmo si še, koliko tekmovalk in tekmovalcev je povsem pravilno rešilo posamezne naloge.

Na predtekmovanju tretjih letnikov je prve tri naloge rešilo precejšnje število dijakov, najmanjše število pravilno rešenih nalog je bilo pri četrti nalogi, le 6. Pri četrth letnikih je prvi dve nalogi rešilo večje število dijakov, zadnji dve pa le trije oziroma eden.

Na sklepnem tekmovanju so bile naloge bistveno bolj zahtevne, zato jih večina ni uspela rešiti v celoti. Le dva dijaka tretjega letnika sta pravilno rešila četrto nalogo, pri vseh drugih nalogah za tretje letnike pa smo žal ugotovili, da jih ni povsem pravilno rešil nihče. Podobna slika je bila tudi pri četrth letnikih, drugo nalogo je pravilno rešil le en dijak, četrto pa trije. Ostalih dveh nalog ni povsem pravilno rešil nihče.

Število tekmovalk in tekmovalcev, ki so pravilno rešili posamezne naloge			
predtekmovanje za 3. letnike			
1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga
27	30	19	6
predtekmovanje za 4. letnike			
1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga
18	14	3	1
sklepno tekmovanje za 3. letnike			
1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga
0	0	0	2
sklepno tekmovanje za 4. letnike			
1. naloga	2. naloga	3. naloga	4. naloga
0	1	0	3

Na sklepno tekmovanje se je uvrstilo 7 dijakinj in 32 dijakov, kar pomeni, da je bila zastopanost deklet 18%, precej nižja kot v prejšnjih dveh letih (41 % in 30 %).

Tekmovanje financira:

**Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
RS, Ministrstvo za vzgojo in izobraževanje.**

Informacije o tekmovanju lahko najdete tudi na spletni strani:

<http://km.fgg.uni-lj.si/tekma/>.

Naloge s predtekmovanja za 3. letnike

1. naloga

Na ploščo, ki je prikazana na sliki, delujejo štiri vzporedne sile v navpični smeri. Določi rezultanto teh štirih sil in njeno lego.

Velikosti sil so:

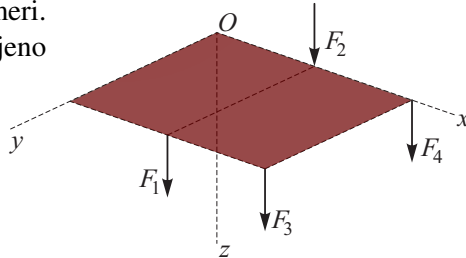
$$F_1 = 20 \text{ kN}, F_2 = 30 \text{ kN},$$

$$F_3 = 50 \text{ kN}, F_4 = 40 \text{ kN}.$$

Koordinate prijemališč sil so:

$$\vec{r}_1 = (3, 4, 0) \text{ m}, \vec{r}_2 = (3, 0, 0) \text{ m},$$

$$\vec{r}_3 = (6, 4, 0) \text{ m}, \vec{r}_4 = (6, 0, 0) \text{ m}.$$



Rešitev: Rezultanta sil $\vec{R}$ je vsota vseh sil:

$$R = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = 140 \text{ kN},$$

$$\vec{R} = (0, 0, 140) \text{ kN}.$$

Rezultanta momentov na točko O , $\vec{M}_R^O$ je vsota momentov vseh sil :

$$\vec{M}_{F_1}^O = \vec{r}_1 \times \vec{F}_1 = (80, -60, 0) \text{ kNm},$$

$$\vec{M}_{F_2}^O = \vec{r}_2 \times \vec{F}_2 = (0, -90, 0) \text{ kNm},$$

$$\vec{M}_{F_3}^O = \vec{r}_3 \times \vec{F}_3 = (200, -300, 0) \text{ kNm},$$

$$\vec{M}_{F_4}^O = \vec{r}_4 \times \vec{F}_4 = (0, -240, 0) \text{ kNm},$$

$$\vec{M}_R^O = \vec{M}_{F_1}^O + \vec{M}_{F_2}^O + \vec{M}_{F_3}^O + \vec{M}_{F_4}^O = (280, -690, 0) \text{ kNm}.$$

Lego rezultante $\vec{r}_R$ izračunamo in prikažemo na sliki:

$$\vec{r}_R = (x, y, 0),$$

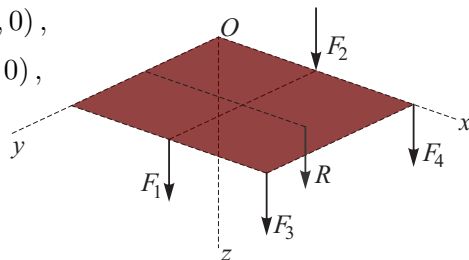
$$\vec{r}_R \times \vec{R} = \vec{M}_R^O,$$

$$(x, y, 0) \times (0, 0, 140) = (280, -690, 0),$$

$$(y \cdot 140, -x \cdot 140, 0) = (280, -690, 0),$$

$$x = \frac{690}{140} = 4.929 \text{ m},$$

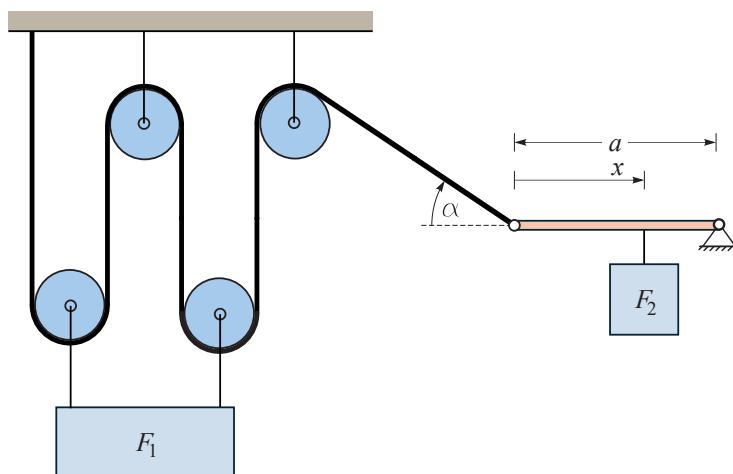
$$y = \frac{280}{140} = 2 \text{ m}.$$



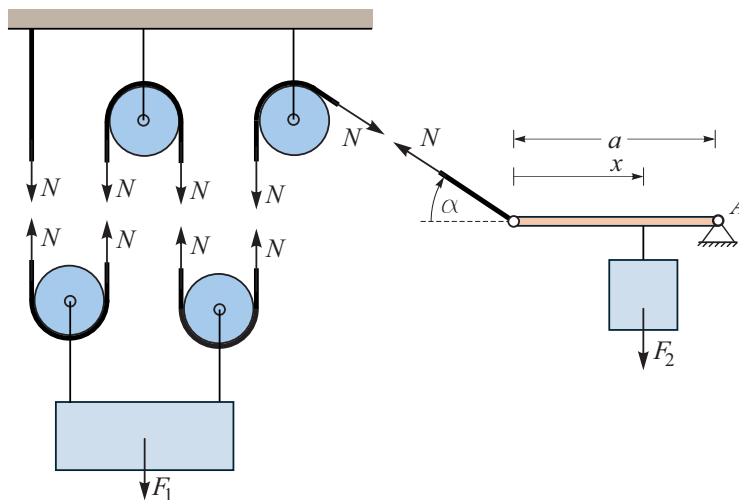
2. naloga

Na sistemu škripcev je pritrjena utež ($F_1 = 48 \text{ N}$). Obe pritrdišči vrvi na tej uteži sta enako oddaljeni od težišča uteži. Prosti konec vrvi iz škripčevja je pritrjen na členkasto podprt nosilec pod kotom $\alpha = 30^\circ$, ko je nosilec v vodoravni legi. Dolžina nosilca je $a = 1.5 \text{ m}$.

Nosilec ima na spodnji strani pritrjene kavlje oziroma obešalnike. Na kolikšno razdaljo x od pritrdišča vrvi moramo obesiti drugo utež ($F_2 = 10 \text{ N}$), da bo nosilec v vodoravni legi? Težo škripčevja, vrvi in nosilca zanemarite.



Rešitev: Vrvico v mislih prerežemo, kot kaže slika, in na mestih prereza predpostavimo neznano silo N v vrvi.



Iz ravnotežnega pogoja za sile v navpični smeri za utež F_1 in spodnja dva škripca lahko izračunamo silo v vrvi N :

$$\sum Y = 0 \rightarrow -F_1 + 4N = 0 \rightarrow N = \frac{F_1}{4} = 12 \text{ N.}$$

Iz vsote momentov glede na točko A za nosilec lahko izračunamo razdaljo x

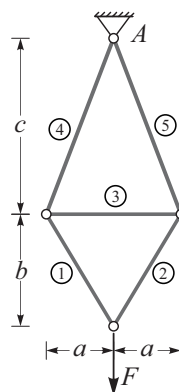
$$\begin{aligned} \sum M^A &= 0 \rightarrow F_2(a - x) = N a \sin \alpha \rightarrow \\ \rightarrow x &= a - \frac{N a \sin \alpha}{F_2} = 1.5 - \frac{12 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1.5}{10} = 0.6 \text{ m.} \end{aligned}$$

3. naloga

Prikazano paličje je obešeno v podpori A in prosto visi. Pri določitvi sil je smiselno, da upoštevamo simetrijo konstrukcije in obtežbe.

Kolikšne so sile v vseh petih palicah paličja?

Podatki: $a = 0.3 \text{ m}$, $b = 0.6 \text{ m}$, $c = 1.0 \text{ m}$, $F = 40 \text{ N}$.

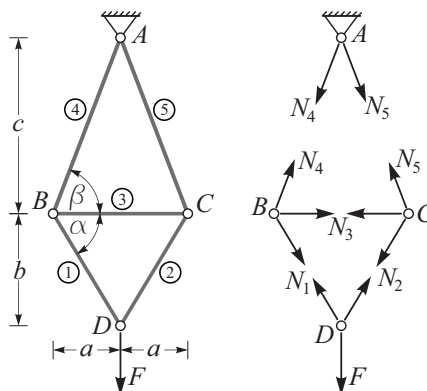


Rešitev: Najprej določimo kota:

$$\begin{aligned} \alpha &= \arctan \frac{b}{a} = \arctan \frac{0.6}{0.3} = 63.45^\circ, \\ \beta &= \arctan \frac{c}{a} = \arctan \frac{1}{0.3} = 73.30^\circ. \end{aligned}$$

Z upoštevanjem simetrije določimo

$$\begin{aligned} N_1 &= N_2, \\ N_4 &= N_5. \end{aligned}$$



Iz ravnotežja sil za vozlišče D izračunamo silo N_1 v palici 1

$$\sum Y = 0 \rightarrow F - 2N_1 \sin \alpha = 0 \rightarrow N_1 = N_2 = \frac{F}{2 \sin \alpha} = 22.36 \text{ N.}$$

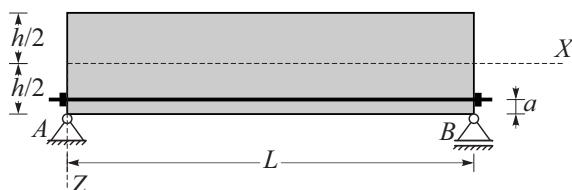
Iz ravnotežja sil za vozlišče B izračunamo sili N_3 in N_4 v palicah 3 in 4

$$\begin{aligned}\sum Y = 0 & \rightarrow N_1 \sin \alpha - N_4 \sin \beta = 0 \rightarrow \\ & \rightarrow N_4 = N_5 = \frac{N_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = 20.88 \text{ N}, \\ \sum X = 0 & \rightarrow N_3 + N_1 \cos \alpha + N_4 \cos \beta = 0 \rightarrow \\ & \rightarrow N_3 = -N_1 \cos \alpha - N_4 \cos \beta = -16 \text{ N}.\end{aligned}$$

4. naloga

Obravnavamo prostoležeči nosilec, ki je prednapet z ravnimi kabli, kot prikazuje slika. Skupna sila prednapetja, ki nosilec obremenjuje s tlačno osno silo, je enaka P . Predpostavimo, da je sila P konstantna vzdolž celotne dolžine kablov. Določi notranje sile v nosilcu zaradi sile prednapetja P !

Podatki: $L = 10 \text{ m}$, $a = 10 \text{ cm}$, $h = 60 \text{ cm}$, $P = 200 \text{ kN}$.

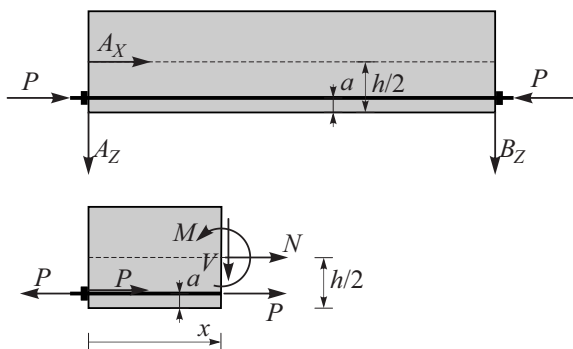


Rešitev: Kable za prednapenjanje v računskem modelu nadomestimo z ekscentrično tlačno silo prednapetja P . Z ravnotežnimi enačbami hitro pokažemo, da so reakcije zaradi sile P enake nič:

$$\begin{aligned}\sum X = 0 & \rightarrow A_X = 0, \\ \sum M^B = 0 & \rightarrow A_Z = 0, \\ \sum Z = 0 & \rightarrow B_Z = 0.\end{aligned}$$

Notranje sile so, glede na predpostavljeno os nosilca, enake:

$$\begin{aligned}N &= -P = -200 \text{ kN}, \\ V &= 0, \\ M &= -P \left(\frac{h}{2} - a \right) = -40 \text{ kNm}.\end{aligned}$$



Naloge s predtekmovanja za 4. letnike

1. naloga

Na ploščo, ki je prikazana na sliki, deluje pet vzporednih sil v navpični smeri. Določi rezultanto teh petih sil in njeno lego.

Velikosti sil so:

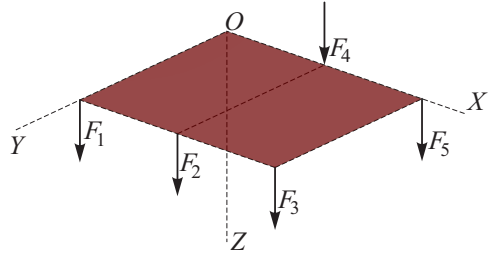
$$F_1 = 20 \text{ kN}, F_2 = 30 \text{ kN},$$

$$F_3 = 50 \text{ kN}, F_4 = 40 \text{ kN}, F_5 = 30 \text{ kN}.$$

Koordinate prijemališč sil so:

$$\vec{r}_1 = (0, 4, 0) \text{ m}, \vec{r}_2 = (3, 4, 0) \text{ m},$$

$$\vec{r}_3 = (6, 4, 0) \text{ m}, \vec{r}_4 = (3, 0, 0) \text{ m}, \vec{r}_5 = (6, 0, 0) \text{ m}.$$



Rešitev: Rezultanta sil $\vec{R}$ je vsota vseh sil:

$$R = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 = 170 \text{ kN},$$

$$\vec{R} = (0, 0, 170) \text{ kN}.$$

Rezultanta momentov na točko O $\vec{M}_R^O$ je vsota momentov vseh sil:

$$\vec{M}_{F_1}^O = \vec{r}_1 \times \vec{F}_1 = (80, 0, 0) \text{ kNm},$$

$$\vec{M}_{F_2}^O = \vec{r}_2 \times \vec{F}_2 = (120, -90, 0) \text{ kNm},$$

$$\vec{M}_{F_3}^O = \vec{r}_3 \times \vec{F}_3 = (200, -300, 0) \text{ kNm},$$

$$\vec{M}_{F_4}^O = \vec{r}_4 \times \vec{F}_4 = (0, -120, 0) \text{ kNm},$$

$$\vec{M}_{F_5}^O = \vec{r}_5 \times \vec{F}_5 = (0, -180, 0) \text{ kNm},$$

$$\vec{M}_R^O = \vec{M}_{F_1}^O + \vec{M}_{F_2}^O + \vec{M}_{F_3}^O + \vec{M}_{F_4}^O + \vec{M}_{F_5}^O = (400, -690, 0) \text{ kNm}.$$

Lego rezultante $\vec{r}_R$ izračunamo in prikažemo na sliki:

$$\vec{r}_R = (x, y, 0),$$

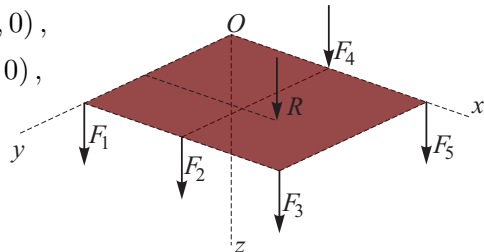
$$\vec{r}_R \times \vec{R} = \vec{M}_R^O,$$

$$(x, y, 0) \times (0, 0, 170) = (280, -690, 0),$$

$$(y \cdot 170, -x \cdot 170, 0) = (400, -690, 0),$$

$$x = \frac{690}{170} = 4.059 \text{ m},$$

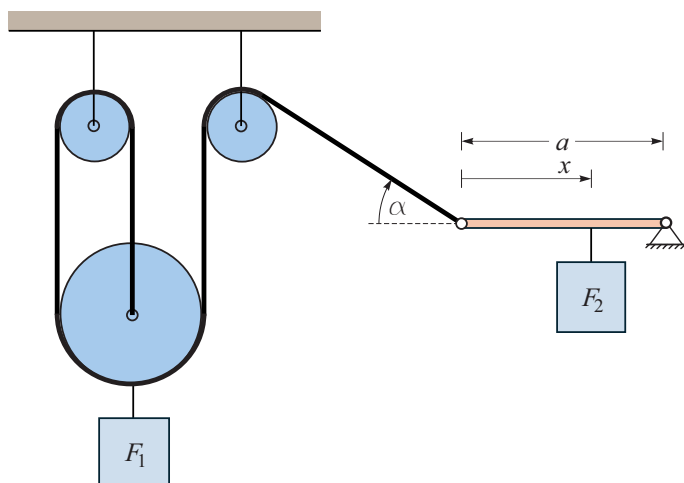
$$y = \frac{400}{170} = 2.353 \text{ m}.$$



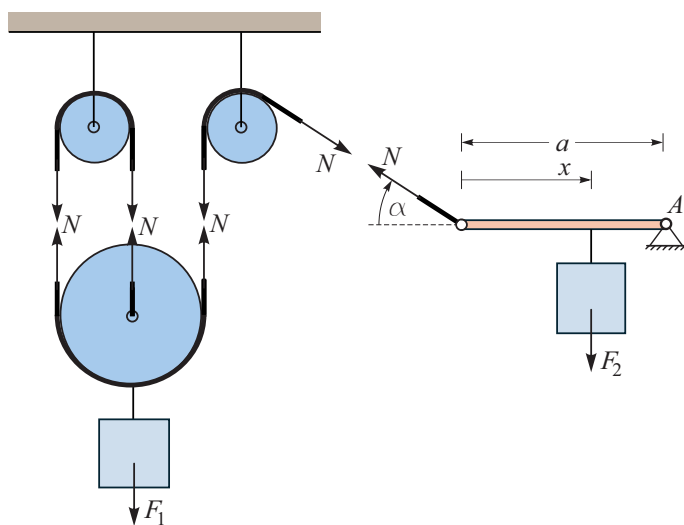
2. naloga

Na sistemu škripcev je pritrjena utež ($F_1 = 45 \text{ N}$). Prosti konec vrvi iz škripčevja je pritrjen na členkasto podprt nosilec pod kotom $\alpha = 30^\circ$, ko je nosilec v vodoravni legi. Dolžina nosilca je $a = 1.5 \text{ m}$.

Nosilec ima na spodnji strani pritrjene kavle oziroma obešalnike. Na kolikšno razdaljo x od pritrdišča vrvi moramo obesiti drugo utež ($F_2 = 25 \text{ N}$), da bo nosilec v vodoravni legi? Težo škripčevja, vrvi in nosilca zanemarite.



Rešitev: Vrvico v mislih prerežemo, kot kaže slika, in na mestih prereza predpostavimo neznano silo N v vrvici.



Iz ravnotežnega pogoja za sile v navpični smeri za utež F_1 in spodnji škripec lahko izračunamo silo v vrvi N :

$$\sum Y = 0 \rightarrow 3N - F_1 = 0 \rightarrow N = \frac{F_1}{3} = 15 \text{ N.}$$

Iz vsote momentov glede na točko A za nosilec lahko izračunamo razdaljo x

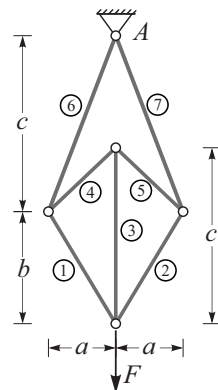
$$\begin{aligned} \sum M^A &= 0 \rightarrow F_2(a - x) - N a \sin \alpha = 0 \rightarrow \\ \rightarrow x &= a - \frac{N a \sin \alpha}{F_2} = 1.5 - \frac{15 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1.5}{25} = 1.05 \text{ m.} \end{aligned}$$

3. naloga

Prikazano paličje je obešeno v podpori A in prosto visi. Pri določitvi sil je smiselno, da upoštevamo simetrijo konstrukcije in obtežbe.

Kolikšne so sile v vseh sedmih palicah paličja?

Podatki: $a = 0.3 \text{ m}$, $b = 0.6 \text{ m}$, $c = 1.0 \text{ m}$, $F = 40 \text{ N}$.

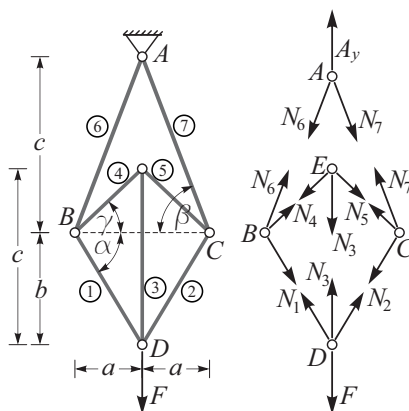


Rešitev: Najprej določimo kote:

$$\begin{aligned} \alpha &= \arctan \frac{b}{a} = \arctan \frac{0.6}{0.3} = 63.45^\circ, \\ \beta &= \arctan \frac{c}{a} = \arctan \frac{1}{0.3} = 73.30^\circ, \\ \gamma &= \arctan \frac{c-b}{a} = \arctan \frac{0.4}{0.3} = 53.13^\circ. \end{aligned}$$

Z upoštevanjem simetrije določimo

$$\begin{aligned} N_1 &= N_2, \\ N_4 &= N_5, \\ N_6 &= N_7. \end{aligned}$$



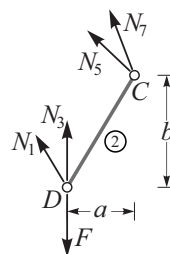
Iz ravnotežja sil za celotno paličje v navpični smeri lahko ugotovimo, da je reakcija v podpori A

$$\sum Y = 0 \rightarrow A_y - F = 0 \rightarrow A_y = F = 40 \text{ N.}$$

Iz ravnotežja sil za vozlišče A izračunamo silo N_6 :

$$\begin{aligned}\sum Y = 0 & \rightarrow A_y - 2N_6 \sin \beta = 0 \rightarrow \\ & \rightarrow N_6 = N_7 = \frac{F}{2 \sin \beta} = 20.88 \text{ N}.\end{aligned}$$

Po prerezu prek palic 1, 3, 5 in 7 obravnavamo le palico 2 in sile, ki delujejo nanjo. Iz ravnotežja momentov sil glede na točko D izračunamo silo N_5 :



$$\begin{aligned}\sum M^D = 0 & \rightarrow N_5 b \cos \gamma + N_5 a \sin \gamma + N_7 b \cos \beta + N_7 a \sin \beta = 0 \\ & \rightarrow N_5 = N_4 = -N_7 \frac{b \cos \beta + a \sin \beta}{b \cos \gamma + a \sin \gamma} = -16 \text{ N}.\end{aligned}$$

Iz ravnotežja sil za vozlišče E določimo silo N_3

$$\sum Y = 0 \rightarrow N_3 + 2N_5 \sin \gamma = 0 \rightarrow N_3 = -2N_5 \sin \gamma = 25.60 \text{ N}.$$

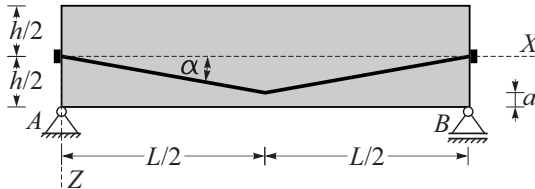
Iz ravnotežja sil za vozlišče D pa izračunamo silo N_1 :

$$\begin{aligned}\sum Y = 0 & \rightarrow 2N_1 \sin \alpha + N_3 - F = 0 \rightarrow \\ & \rightarrow N_1 = N_2 = \frac{F - N_3}{2 \sin \alpha} = 8.05 \text{ N}.\end{aligned}$$

4. naloga

Obravnavamo prostoležeči nosilec, ki je prednapet z odsekoma ravnimi kablji, kot prikazuje slika. Skupna sila prednapetja, ki nosilec obremenjuje s tlačno osno silo, je enaka P . Predpostavimo, da je sila P konstantna vzdolž celotne dolžine kablov. Določi notranje sile v nosilcu zaradi sile prednapetja P !

Podatki: $L = 10$ m, $a = 10$ cm, $h = 60$ cm, $P = 200$ kN.



Rešitev: Kable za prednapenjanje v računskem modelu nadomestimo z ekscentrično tlačno silo prednapetja P . Naklon kablov glede na vodoravnico je majhen, zato predpostavimo, da sila prednapetja deluje v vodoravni smeri:

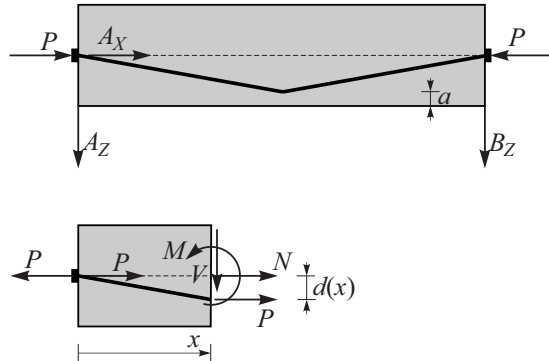
$$\cos \alpha = \frac{\frac{L}{2}}{\sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{h}{2} - a\right)^2}} = 0.999 \approx 1.$$

Z ravnotežnimi enačbami hitro pokažemo, da so reakcije zaradi sile P enake nič:

$$\begin{aligned} \sum X &= 0 \rightarrow A_X = 0, \\ \sum M^B &= 0 \rightarrow A_Y = 0, \\ \sum Y &= 0 \rightarrow B_Y = 0. \end{aligned}$$

Lega sile prednapetja pri poljubnem prerezu x je

$$d = x \frac{\frac{h}{2} - a}{\frac{L}{2}} = 0.04 x.$$



Osne sile N in upogibni momenti M so glede na predpostavljeno os nosilca enake:

$$\begin{aligned} N &= -P = -200 \text{ kN}, \\ M &= -P \cdot d = -8 x. \end{aligned}$$

Prečnih sil V zaradi predpostavke, da sila prednapenjanja deluje v vodoravni smeri, na tem mestu ne računamo.

Zgornji izrazi veljajo za levo polovico nosilca, na desni polovici je potek momentov simetričen.

$$M = -8(L - x).$$

Moment na sredini nosilca je

$$M(5) = -40 \text{ kNm}.$$

Sedaj lahko določimo prečno silo V z odvajanjem upogibnega momenta. Tako dobimo:

$$V = \frac{dM}{dx} = -8, \quad \text{za levi del nosilca,}$$

$$V = \frac{dM}{dx} = 8, \quad \text{za desni del nosilca.}$$

Naloge s sklepnega tekmovanja za 3. letnike

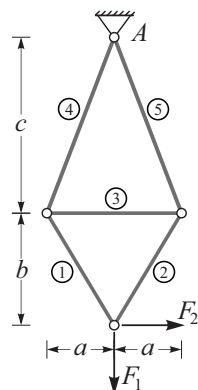
1. naloga

Prikazano paličje je obešeno v podpori A in prosto visi.

Paličje je obremenjeno z navpično in vodoravno silo v spodnjem vozlišču. Silo nanašamo postopoma in počasi, tako da konstrukcija ne zaniha, temveč se umiri v statični ravnovesni legi.

Kolikšne so tedaj sile v vseh petih palicah paličja?

Podatki: $a = 0.3 \text{ m}$, $b = 0.6 \text{ m}$, $c = 1.0 \text{ m}$,
 $F_1 = 40 \text{ N}$, $F_2 = 30 \text{ N}$.



Rešitev: Paličje bi ob hipnem povečanju vodoravne sile zanihalo okoli členka v točki A . Ker smo silo nanesli postopoma in počasi, do nihanja ne pride, statična ravnovesna lega pa je nagnjena natanko v smeri rezultante $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$, kot je prikazano na sliki. Velikost rezultante je

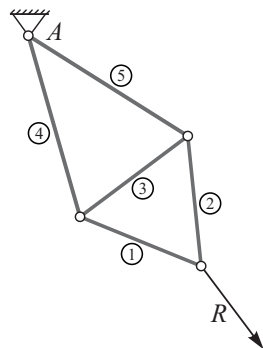
$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{40^2 + 30^2} = 50 \text{ N}.$$

Naloga je torej identična nalogi na predtekmovanju, le velikost sile je drugačna. Zato lahko rezultate naloge s predtekmovanja le pomnožimo z ustreznim faktorjem $k = 50/40 = 1.25$:

$$N_1 = N_2 = 27.95 \text{ N},$$

$$N_3 = -20.00 \text{ N},$$

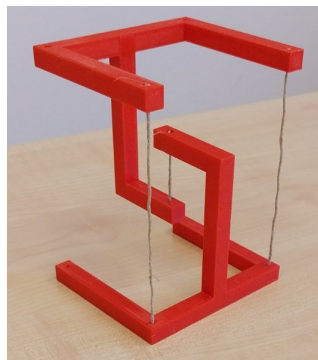
$$N_4 = N_5 = 26.10 \text{ N}.$$



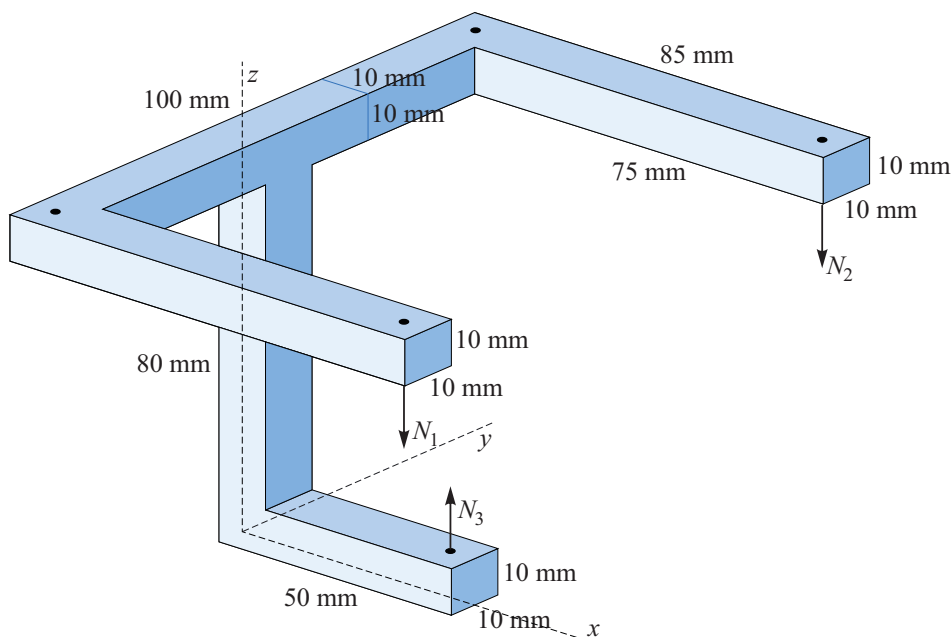
2. naloga

Konstrukcija je sestavljena iz dveh enakih delov z maso $m = 20\text{ g}$. Zgornji del konstrukcije visi na treh navpičnih vrvicah. Določi sile v vseh treh vrvicah, pri čemer upoštevaj, da je teža vrvic zanemarljiva.

Predpostavi, da je konstrukcija homogena, torej je gostota konstantna. Dimenzije konstrukcije, lego težišča in lego vrvic določi z meritvami, na modelu konstrukcije, ki leži na tvoji mizi. Opiši vse meritve, ki si jih opravil in zapiši njihove rezultate.



Rešitev: Meritve konstrukcije so prikazane na spodnji sliki.

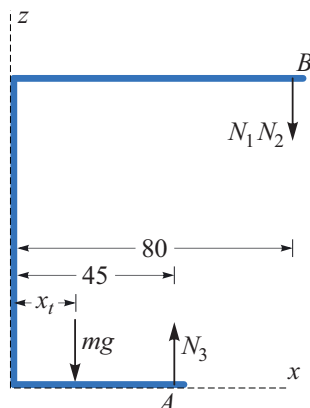


Z znanimi rezultati meritev najprej določimo lego težišča zgornjega dela konstrukcije glede na izhodišče koordinatnega sistema. Ker je telo simetrično, težišče leži v ravnini xz .

$$\begin{aligned}
 V = & 2 \cdot 75 \cdot 10 \cdot 10 + \\
 & + 100 \cdot 10 \cdot 10 + \\
 & + 80 \cdot 10 \cdot 10 + \\
 & + 40 \cdot 10 \cdot 10 = 37000 \text{ mm}^3,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_y = & 2 \cdot 75 \cdot 10 \cdot 10 \cdot \left(10 + \frac{75}{2}\right) + \\
 & + 100 \cdot 10 \cdot 10 \cdot \frac{10}{2} + \\
 & + 80 \cdot 10 \cdot 10 \cdot \frac{10}{2} + \\
 & + 40 \cdot 10 \cdot 10 \cdot \left(10 + \frac{40}{2}\right) = 84150 \text{ mm}^4,
 \end{aligned}$$

$$x_t = \frac{S_y}{V} = 22.74 \text{ mm}.$$



Teža zgornjega dela je enaka

$$G = m \cdot g = 0.020 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 0.2 \text{ N}.$$

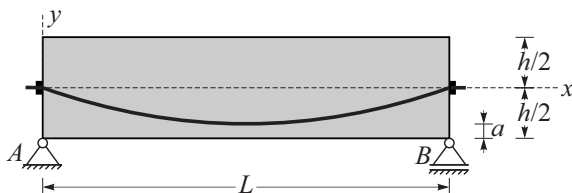
Sile v vrvicah določimo iz pogojev za ravnotežje momentov glede na prijemališči A in B sil v vrvicah. Zaradi simetrije sta sili N_1 in N_2 enaki.

$$\sum M^A : -2 \cdot N_1 (80 - 45) + G (45 - x_t) = 0 \rightarrow N_1 = 0.0636 \text{ N},$$

$$\sum M^B : -N_3 (80 - 45) + G (80 - x_t) = 0 \rightarrow N_3 = 0.327 \text{ N}.$$

3. naloga

Obravnavamo prostoležeči nosilec dolžine $L = 10$ m in višine $h = 1.2$ m, ki je prednapet z ukrivljenimi kabloi, kot prikazuje slika.



Kabelska linija je podana s kvadratno parabolo $y(x) = 0.02x^2 - 0.2x$, kjer koordinato x podajamo v m. Skupna sila prednapetja, ki nosilec obremenjuje s tlačno osno silo, je enaka $P = 200$ kN. Predpostavimo, da je sila P konstantna vzdolž celotne dolžine kablov.

Nariši diagrame notranjih sil v nosilcu zaradi sile prednapetja P .

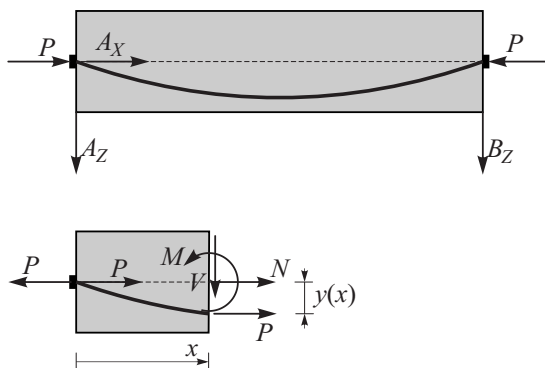
Namig: Zaradi majhnega naklona kablov glede na dolžino nosilca, lahko predpostaviš, da sila prednapetja v vsakem prerezu nosilca deluje normalno na prerez.

Rešitev: Določimo najprej podpore reakcij v podporah A in B. Na nosilec delujeta sili prednapenjanja na obeh koncih, kot kaže slika. Z ravnotežnimi enačbami hitro pokažemo, da so reakcije zaradi sile P enake nič:

$$\sum X = 0 \quad \rightarrow \quad A_X = 0,$$

$$\sum M^B = 0 \quad \rightarrow \quad A_Z = 0,$$

$$\sum Z = 0 \quad \rightarrow \quad B_Z = 0.$$



Kable za prednapenjanje v poljubnem prerezu nosilca nadomestimo z ekscentrično silo prednapetja P , za katero predpostavimo, da deluje v smeri normalno na prerez. V prerezu predpostavimo tudi notranje sile. Osnova N in upogibni moment M

sta, glede na predpostavljeno os nosilca, enaka:

$$\begin{aligned}\sum x = 0 & \rightarrow N = -P, \\ \sum M_y = 0 & \rightarrow M = P \cdot y(x) = 4x^2 - 40x.\end{aligned}$$

Prečnih sil V zaradi predpostavke, da sila prednapenjanja deluje v vodoravni smeri, na tem mestu ne računamo.

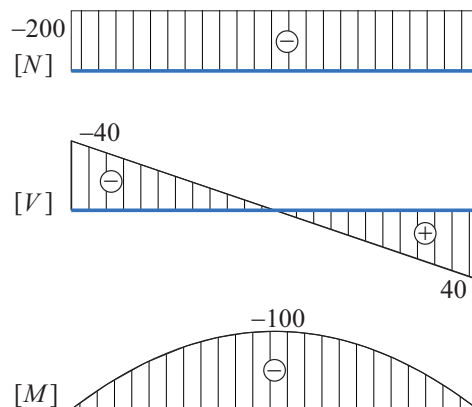
Izračunamo lahko moment na obeh krajih nosilca in njegovi sredini

$$\begin{aligned}M(0) &= 0, \\ M(L) &= 0, \\ M\left(\frac{L}{2}\right) &= -100 \text{ kNm}.\end{aligned}$$

Zaradi kvadratnega poteka momentov prečne sile V niso enake nič. Lahko jih določimo z odvajanjem izraza za moment:

$$\begin{aligned}V &= \frac{dM}{dx} = 8x - 40, \\ V(0) &= -40 \text{ kN}, \\ V(L) &= 40 \text{ kN}.\end{aligned}$$

Diagrame notranjih sil prikazujemo na naslednji sliki.



4. naloga

Lesen prostoležeči nosilec s previsom, širine $b = 20$ cm in višine $h = 30$ cm, je obtežen z enakomerno porazdeljeno obtežbo $q = 8$ kN/m. Nosilec je izpostavljen standardnemu požaru po krivulji ISO 834. Zgornja stran nosilca je toplotno izolirana, zato je prečni prezek požaru izpostavljen le s treh strani (dveh stranskih in spodnje strani). Predpostavimo, da les pri izpostavljenosti požaru ogleni s konstantno hitrostjo oglenenja $\beta = 0.8$ mm/min. Debelina zoglenega sloja pri poljubnem času t znaša $d_{\text{ogljje}} = \beta \cdot t$. Ob tem velja, da zoglenjeni sloj nima nosilnosti, zato k odpornosti prereza prispeva le efektivni (nezoglenjeni) prečni prezek (glej sliko).

Preveri, če bo nosilec zdržal 60 minut požara! Pri tem upoštevaj, da je upogibna trdnost lesa $f_m = 2.7$ kN/cm², lastno težo pa zanemari.

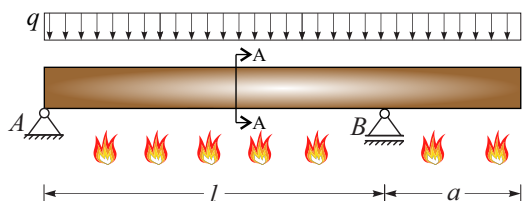
Dimenzije so:

$l = 4$ m, $a = 1.5$ m.

Kontrolo nosilnosti izvedi z enačbo

$$\frac{M_y}{W_{\text{ef}}} = f_m,$$

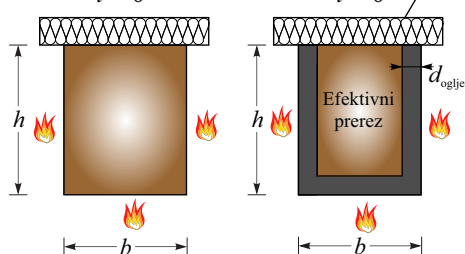
pri čemer je M_y maksimalni upogibni moment v prerezu, W_{ef} pa odpornostni moment efektivnega prečnega prereza.



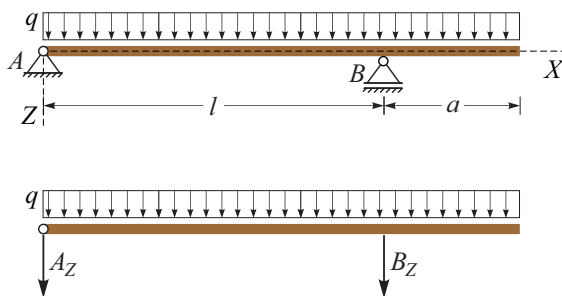
Prečni prezek A-A

Izpostavljenost požaru s 3 strani
 $t = 0$

Toplotna izolacija



Rešitev: Najprej določimo obremenitve kritičnih prečnih prereзов nosilca - prezek v polju med podporama in prezek nad desno podporo.



Navpični reakciji v levi in desni podpori sta:

$$\sum M^B = 0 \rightarrow A_Z = \frac{-8 \cdot 5.5 \cdot \left(\frac{5.5}{2} - 1.5\right)}{4} = -13.75 \text{ kN},$$

$$\sum M^A = 0 \rightarrow B_Z = \frac{-8 \cdot 5.5 \cdot \frac{5.5}{2}}{4} = -30.25 \text{ kN}.$$

Prečne sile in upogibni momenti v polju AB so:

$$N_z = -A_Z - q x = 13.75 - 8 x,$$

$$M_y = -A_Z x - q x \frac{x}{2} = 13.75 x - 4 x^2.$$

Prečne sile in upogibni momenti v previsnem polju so:

$$N_z = -q (l + a - x) = -8 (5.5 - x),$$

$$M_y = -q (l + a - x) \frac{l + a - x}{2} = -4 (5.5 - x)^2.$$

Upogibni moment v polju AB je največji tam, kjer je prečna sila enaka nič. Poiščimo to točko!

$$x_0 = -\frac{A_Z}{q} = \frac{13.75}{8} = 1.7188 \text{ m}.$$

Največji moment v polju je

$$M_{e,1} = -A_Z \cdot x_0 - q \cdot \frac{x_0^2}{2} = 11.82 \text{ kNm}.$$

Po absolutni vrednosti največji moment v previsnem polju je nad podporo

$$M_{e,2} = -q \cdot \frac{a^2}{2} = -8 \frac{1.5^2}{2} = -9 \text{ kNm}.$$

Kritičen je torej prečni prerez v polju AB , kjer je moment enak $M_y = 11.82 \text{ kNm} = 1182 \text{ kNcm}$.

Pri času $t = 60 \text{ min}$ je debelina zoglenelega dela enaka

$$d_{\text{ogljje},60} = 0.8 \cdot 60 = 48 \text{ mm} = 4.8 \text{ cm},$$

dimenziji in odpornostni moment efektivnega prečnega prereza pa so

$$b_{\text{eff},60} = b - 2 \cdot d_{\text{ogljje},60} = 10.4 \text{ cm},$$

$$h_{\text{eff},60} = h - d_{\text{ogljje},60} = 25.2 \text{ cm},$$

$$W_{\text{eff},60} = \frac{b_{\text{eff},60} \cdot h_{\text{eff},60}^2}{6} = 1100.7 \text{ cm}^3.$$

Potem je

$$\frac{M_y}{W_{\text{eff},60}} = 1.074 \text{ kN/cm}^2 < f_m = 2.7 \text{ kN/cm}^2.$$

Nosilec zdrži 60 minut požara.

Naloge s sklepnega tekmovanja za 4. letnike

1. naloga

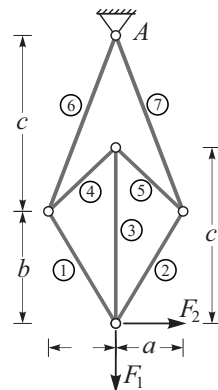
Prikazano paličje je obešeno v podpori A in prosto visi.

Paličje je obremenjeno z navpično in vodoravno silo v spodnjem vozlišču. Silo nanašamo postopoma in počasi, tako da konstrukcija ne zaniha, temveč se umiri v statični ravnovesni legi.

Kolikšne so tedaj sile v vseh sedmih palicah paličja?

Podatki: $a = 0.3 \text{ m}$, $b = 0.6 \text{ m}$, $c = 1.0 \text{ m}$,

$$F_1 = 40 \text{ N}, F_2 = 30 \text{ N}.$$



Rešitev: Paličje bi ob hipnem povečanju vodoravne sile zanihalo okoli členka v točki A . Ker smo silo nanesli postopoma in počasi, do nihanja ne pride, statična ravnovesna lega pa je nagnjena natanko v smeri rezultante $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$, kot je prikazano na sliki. Velikost rezultante je

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{40^2 + 30^2} = 50 \text{ N}.$$

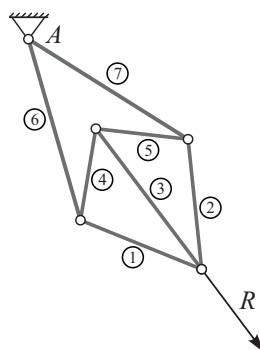
Naloga je torej identična nalogi na predtekmovanju, le velikost sile je drugačna. Zato lahko rezultate naloge s predtekmovanja le pomnožimo z ustreznim faktorjem $k = 50/40 = 1.25$:

$$N_1 = N_2 = 10.19 \text{ N},$$

$$N_3 = 32.00 \text{ N},$$

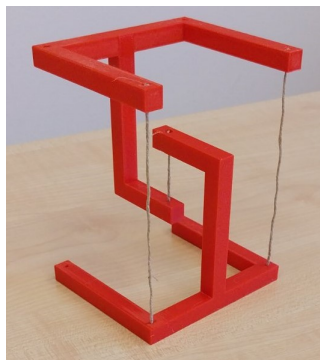
$$N_4 = N_5 = -20.00 \text{ N},$$

$$N_6 = N_7 = 26.10 \text{ N}.$$



2. naloga

Konstrukcija je sestavljena iz dveh enakih delov z maso $m = 20\text{ g}$. Zgornji del konstrukcije visi na treh navpičnih vrvicah. Določi potek sil v vseh treh vrvicah, pri čemer upoštevaj, da je specifična masa vrvic enaka $\rho = 0.2\text{ g/cm}$. Nariši diagrame osnih sil v vrvicah.



Predpostavi, da je konstrukcija homogena, torej je gostota konstantna. Dimenzije konstrukcije, lego težišča in lego vrvic določi z meritvami, na modelu konstrukcije, ki leži na tvoji mizi. Opiši vse meritve, ki si jih opravil in zapiši njihove rezultate.

Rešitev: V prerezih, v katerih so vrvice vpete v zgornji del konstrukcije, osne sile določimo na enak način kot v 2. nalogi s sklepnega tekmovanja za 3. letnike.

Na nasprotnih koncih vrvic pa so sile enake

$$N_{1,\text{spodaj}} = N_1 - \rho_g \cdot l_1 = 0.0416\text{ N},$$

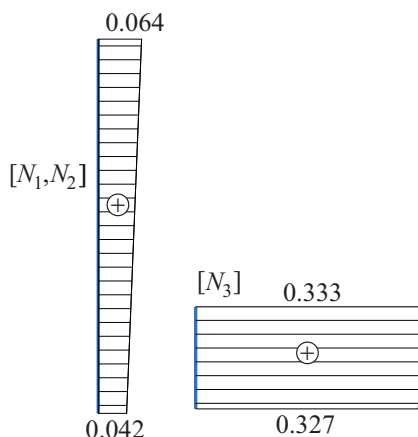
$$N_{3,\text{zgoraj}} = N_3 + \rho_g \cdot l_3 = 0.3332\text{ N},$$

kjer sta $l_1 = 11\text{ cm}$ in $l_3 = 3\text{ cm}$ izmerjeni dolžini vrvic,

$$\rho_g = 0.0002\text{ kg/cm} \cdot 10\text{ m/s}^2 = 0.002\text{ N/cm}$$

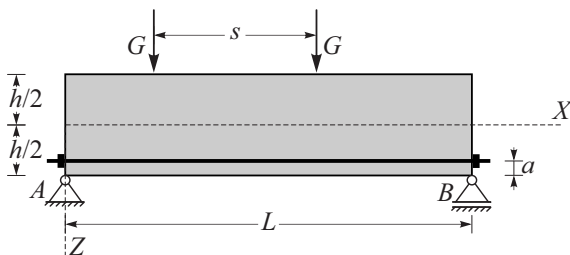
pa je specifična teža vrvic.

Diagrama osnih sil v vrvicah sta prikazana na spodnji sliki.



3. naloga

Obravnavamo prostoležeči betonski mostni nosilec dolžine L in višine h , ki je prednapet z ravnimi kabli, ki so od spodnjega roba oddaljeni za a , kot prikazuje slika. Preko mostu se pelje vozilo z maso 40 ton, ki ga modeliramo z enakima točkovnima silama G na medsebojni razdalji s .



Določi velikost sile prednapetja P , tako da bodo pri prehodu vozila v vsakem prerezu nosilca samo tlačne napetosti. Predpostavimo, da je sila P konstantna vzdolž celotne dolžine kablov.

Dimenzije so: $L = 10$ m, $h = 120$ cm, $a = 10$ cm, $s = 4$ m.

Namig: Ekstremne normalne napetosti na robu poljubnega prečnega prereza nosilca določimo kot

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W},$$

pri čemer je za pravokotni prečni prerez razmerje

$$\frac{W}{A} = \frac{h}{6}.$$

Rešitev: Notranje sile zaradi prednapetja so v poljubnem prečnem prerezu enake:

$$N = -P = -200 \text{ kN},$$

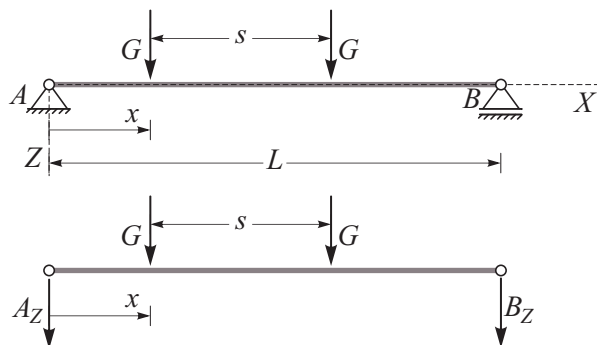
$$V = 0,$$

$$M_P = -P \left(\frac{h}{2} - a \right) = -0.5 P = -100 \text{ kNm}.$$

Določimo največji notranji moment zaradi delovanja sil

$$G = \frac{m g}{2} = 200 \text{ kN}.$$

Ker so reakcije podpor in obtežba G točkovne sile, je potek notranjih sil v nosilcu odsekoma linearna funkcija. Največji moment bo tako nastopil pod eno od sil G .



Reakcija A_Z je enaka

$$A_Z = -\frac{G(L-x) + G(L-x-s)}{L} = -320 + 40x,$$

moment pod levo silo G pa

$$M_G(x) = -A_Z x = 320x - 40x^2.$$

Ekstrem momenta nastopi pri

$$\frac{dM_G(x)}{dx} = 320 - 80x = 0 \quad \rightarrow \quad x = \frac{320}{80} = 4 \text{ m}$$

in je enak

$$M_G(4) = 320 \cdot 4 - 40 \cdot 4^2 = 640 \text{ kNm}.$$

Skupna največja obremenitev prečnega prereza je v trenutku, ko zadnja os tovarnjaka doseže točko $x = 4$, enaka

$$M = M_P + M_G = -0.5P + 640.$$

Pogoj, da bodo v prečnem prerezu samo tlačne napetosti, zapišemo kot

$$\frac{N}{A} + \frac{M}{W} = -\frac{P}{A} + \frac{-0.5P + 640}{W} \leq 0 \quad \rightarrow \quad -P\frac{W}{A} - 0.5P + 640 \leq 0.$$

Upoštevamo, da je $\frac{W}{A} = \frac{h}{6} = 0.2 \text{ m}$ in izračunamo potrebno velikost sile prednapetja P

$$-0.7P + 640 \leq 0 \quad \rightarrow \quad P \geq 914.3 \text{ kN}.$$

4. naloga

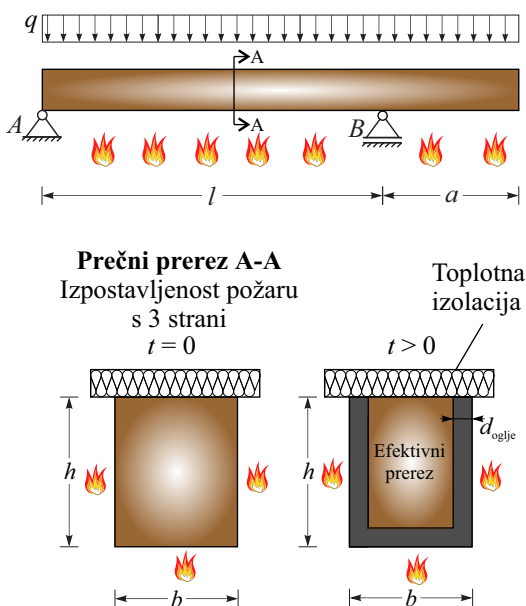
Lesen prostoležeči nosilec s previsnim delom je obtežen z enakomerno porazdeljeno obtežbo $q = 8 \text{ kN/m}$. Nosilec je izpostavljen standardnemu požaru po krivulji ISO 834. Zgornja stran nosilca je toplotno izolirana, zato je prečni prerez požaru izpostavljen le iz treh strani (dveh stranskih in spodnje strani). Predpostavimo, da les pri izpostavljenosti požaru ogleni s konstantno hitrostjo oglenenja $\beta = 0.8 \text{ mm/min}$. Debelina zoglenega sloja pri poljubnem času t znaša $d_{\text{ogljje}} = \beta \cdot t$. Ob tem velja, da zogleneli sloj nima nosilnosti, zato k odpornosti prereza prispeva le efektivni (nezogleneli) prečni prerez (glej sliko).

Določi potrebne začetne dimenzije pravokotnega prečnega prereza (širino b in višino h), da bo nosilec zdržal 60 minut požara! Pri tem upoštevaj, da efektivna širina znaša $b_{\text{ef}} = 0.4 h_{\text{ef}}$, da je upogibna trdnost lesa $f_m = 2.7 \text{ kN/cm}^2$ ter da vpliva lastne teže ne upoštevaš.

Kontrolo nosilnosti izvedi z enačbo

$$\frac{M_y}{W_{\text{ef}}} = f_m,$$

pri čemer je M_y maksimalni upogibni moment v prerezu, W_{ef} pa odpornostni moment efektivnega prečnega prereza.



Rešitev: Maksimalni upogibni moment določimo na enak način kot v 4. nalogi za tretje letnike: $M_y = 1180 \text{ kNcm}$. Potreben odpornostni moment efektivnega prereza je enak

$$W_{\text{ef}} = \frac{M_y}{f_m} = 437.8 \text{ cm}^3.$$

Sedaj lahko določimo potrebno efektivno višino prereza

$$W_{\text{ef}} = \frac{b_{\text{ef}} h_{\text{ef}}^2}{6} = \frac{0.4 h_{\text{ef}}^3}{6},$$

$$h_{\text{ef}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 437.8}{0.4}} = 18.73 \text{ cm}.$$

Debelina zoglenega dela je pri 60 minutah enaka

$$d_{\text{ogljje},60} = 0.8 \cdot 60 = 48 \text{ mm} = 4.8 \text{ cm}.$$

Potrebne začetne dimenzije prečnega prereza nosilca so

$$h = h_{\text{ef}} + d_{\text{ogljje},60} = 23.53 \text{ cm},$$

$$b = 0.4h_{\text{ef}} + 2 \cdot d_{\text{ogljje},60} = 17.1 \text{ cm}.$$

Izberemo prečni prerez $24 \times 18 \text{ cm}$.