

SVEUČILIŠTE J.J. STROSSMAYERA U OSIJEKU

Građevinski fakultet

Mehanika I

GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

ZAVRŠNI RAD

GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

TEMA: IZRAČUN UNUTRAŠNJIH SILA ZA
TROZGLOBNI OKVIR I PLANOVI POMAKA

Osijek, 12.09. 2017.

Naletilić Mile

GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

ZNANSTVENO PODRUČJE: TEHNIČKE ZNANOSTI

ZNANSTVENO POLJE: GRAĐEVINARSTVO

TEMA: IZRAČUN UNUTRAŠNJIH SILA ZA TROZGLOBNI OKVIR I

PLAN POMAKA

STUDENT: NALETILIĆ MILE

Osijek, 12.09. 2017.

Mentor

Doc.dr.sc. ALEKSANDAR JURIĆ, dipl.ing.grad.

Predsjednik Odbora za završne

i diplomske ispite:

SAŽETAK:

U prvom dijelu zadatka potrebno je riješiti unutarnje sile u zadanom presjeku i nacrtati dijagrame unutarnjih sila zadane konstrukcije. Konstrukcija je zadana kao trozglobni okvir. Unutrašnje sile u presjeku n-n proračunavaju se klasičnim postupkom iz uvjeta ravnoteže, te metodom virtualnog rada. Posebno se proračunavaju uzdužne sile, vertikalne sile i momenti savijanja. Za crtanje dijagrama unutrašnjih sila, na svakom mjestu opterećenja proračunavaju se unutrašnje sile klasičnim postupkom iz uvjeta ravnoteže.

U drugom dijelu zadatka potrebno je odrediti kutove zaokreta zadanih tijela, te pomake zadanih točaka trozglobnog okvira. Na temelju zadanog kuta zaokreta prvog tijela određujemo kinematske veličine (kutove zaokreta i pomake) preostalih tijela konstrukcije. Zadatak se rješava pomoću plana pomaka, tj. određivanja polova pomaka, crtanja poznatih kinematskih veličina jednog tijela, konstruiranja plana pomaka preostalog dijela mehanizma i određivanje kinematskih veličina svih tijela iz geometrijskih uvjeta. Dobivene rezultate kontroliramo pomoću vektorskog računa.

SUMMARY:

The first part of the task is to calculate inner forces within the given section and to draw diagrams of the inner forces for the given construction. Construction is given as a three-hinged frame. Inner forces within the section n-n are calculated using the static equilibrium condition and the method of virtual work. Longitudinal forces, vertical forces, and bending moments are separately calculated. In order to draw the diagrams of inner forces, inner forces are calculated using the static equilibrium condition for every point of the load.

The second part of the task is to determine the angles of rotation of the given bodies and the displacements of the given points of a three-hinged frame. Based on the given angle of rotation of the first body, kinematic sizes (angles of rotation and displacements) of the other construction bodies are determined. The task is solved by using displacement diagrams, i.e. by determining the displacement, drawing the known kinematic sizes of a body, constructing the displacement diagrams of the remaining part of the mechanism, and determining kinematic sizes of all bodies from the geometrical conditions. The results are controlled by using the vector calculus.

SADRŽAJ:

UNUTRAŠNJE SILE.....	1
UNUTRAŠNJE SILE U PRESJECIMA PUNIH KONSTRUKTIVNIH ELEMENATA.....	2
RAVNINSKI PRIKAZ UNUTRAŠNJIH SILA.....	4
KONVENCIJA O PREDZNAKU.....	4
1.ZADATAK.....	5
REAKCIJE.....	7
KONTROLA.....	8
ODREĐIVANJE SILA U PRESIJEKU $n-n$	13
KLASIČNIM POSTUPKOM IZ UVIJETA RAVNOTEŽE S LIJEVA.....	14
KLASIČNIM POSTUPKOM IZ UVIJETA RAVNOTEŽE S DESNA.....	15
NAČELO VIRTUALNOG RADA.....	16
METODOM VIRTUAOLNOG RADA MOMENT.....	17
METODOM VIRTUAOLNOG RADA POPREČNA SILA.....	21
METODOM VIRTUAOLNOG RADA UZDUŽNA SILA.....	24
ODREĐIVANJE DIAGRAMA UNUTRAŠNJIH SILA.....	27
DIAGRAMI UNUTRAŠNJIH SILA.....	28
MOMENTINI DIAGRAM I KONTROLA RAČUNSKIM PROGRAMOM.....	45
DIAGRAM POPREČNIH SILA I KONTROLA RAČUNSKIM PROGRAMOM.....	47
DIAGRAM UZDUŽNIH SILA I KONTROLA RAČUNSKIM PROGRAMOM.....	49
2.ZADATAK.....	51
IZRAČUN KUTNIH BRZINA.....	52
PLANOVI POMAKA.....	54
POMACI TOČAKA.....	56
KONTROLA REZULTATA.....	58
LITERATURA.....	60

UNUTRAŠNJE SILE

UNUTRAŠNJE SILE U PRESJECIAM

PUNIH KONSTRUKTIVNIH ELEMENATA I SUSTAVA

Postupcima određivanja sila u osloncima i vezama uslijed djelovanja aktivnog vanjskog opterećenja dobivaju se, dakle, sve vanjske sile koje djeluju na jedan konstruktivni sustav i njegove sastavne elemente.

Unutrašnje sile u presjecima punih konstrukcija rabe se za određivanje dimenzija elemenata tih konstrukcija, što je predmet analize grane mehanike koja se naziva otpornost materijala.

Temeljno načelo koje se rabi pri određivanju unutrašnjih sila u presjeku, jest da je opterećenje izabranog djela poprečnog presjeka nosača u ravnoteži sa silama u presjeku.

Sile u presjeku izabranog djela konstrukcije su sile koje prikazuju djelovanje sila odbačenog dijela konstrukcije.

Sile presjeka izabranog dijela konstrukcije su sile koje prikazuju djelovanje sila odbačenog dijela konstrukcije.

sile presjeka su raspoređene po cijeloj površini presjeka te se uvijek mogu prikazati jednom silom i momentom, obično u točki težišta presjeka. Dakle, djelovanje sila presjeka može se prikazati dinamom sila na točku težišta presjeka.

Poprečna sila T_y u nekom presjeku nastoji presjeći presjek u smjeru osi y .

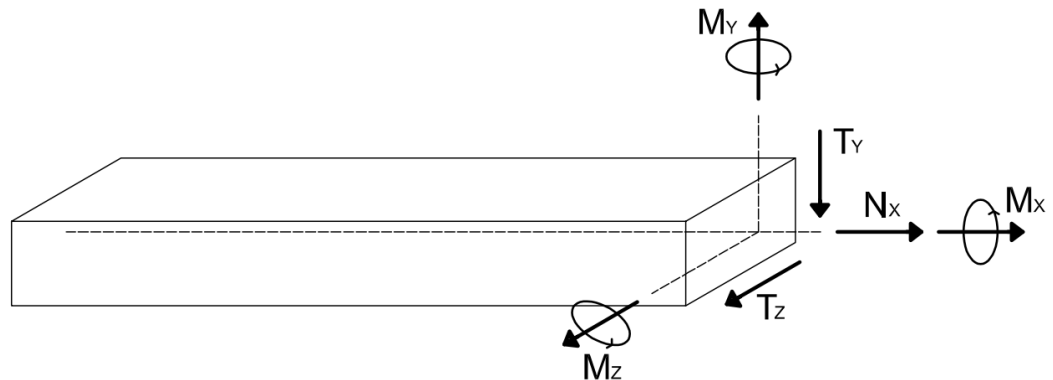
Poprečna sila T_z u nekom presjeku nastoji presjeći presjek u smjeru osi z .

Uzdužna sila N_x u nekom presjeku nastoji produžiti presjek u smjeru osi x .

Moment savijanja M_y u nekom presjeku nastoji saviti presjek oko osi y .

Moment savijanja M_z u nekom presjeku nastoji saviti presjek oko osi z .

Moment torzije M_x u nekom presjeku nastoji uvrnuti presjek oko osi x .



Normalna ili uzdužna sila "N" u nekom presjeku jednaka je zbroju svih uzdužnih projekcija lijevo ili desno od presjeka.

Poprečna ili transverzalna sila "V" u nekom presjeku jednaka je zbroju svih poprečnih projekcija lijevo ili desno od presjeka.

Moment "M" u nekom presjeku jednak je zbroju svih momenata lijevo ili desno od presjeka

ZAKLJUČAK

Unutrašnje sile u nekom presjeku tvore ravnotežu sa svim silama lijevo ili desno od tog presjeka.

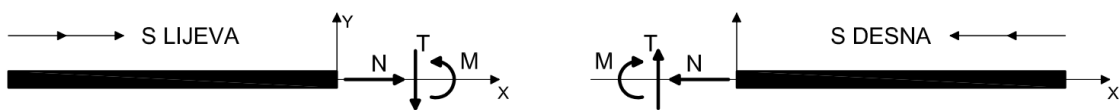
Ravninski prikaz unutrašnjih sila

Za određivanje unutrašnjih sila nužno je usvojiti određene konvencije o predznacima, kako bi se bez mogućnosti pogreške dobili stvarni predznaci izračunatih unutrašnjih sila.

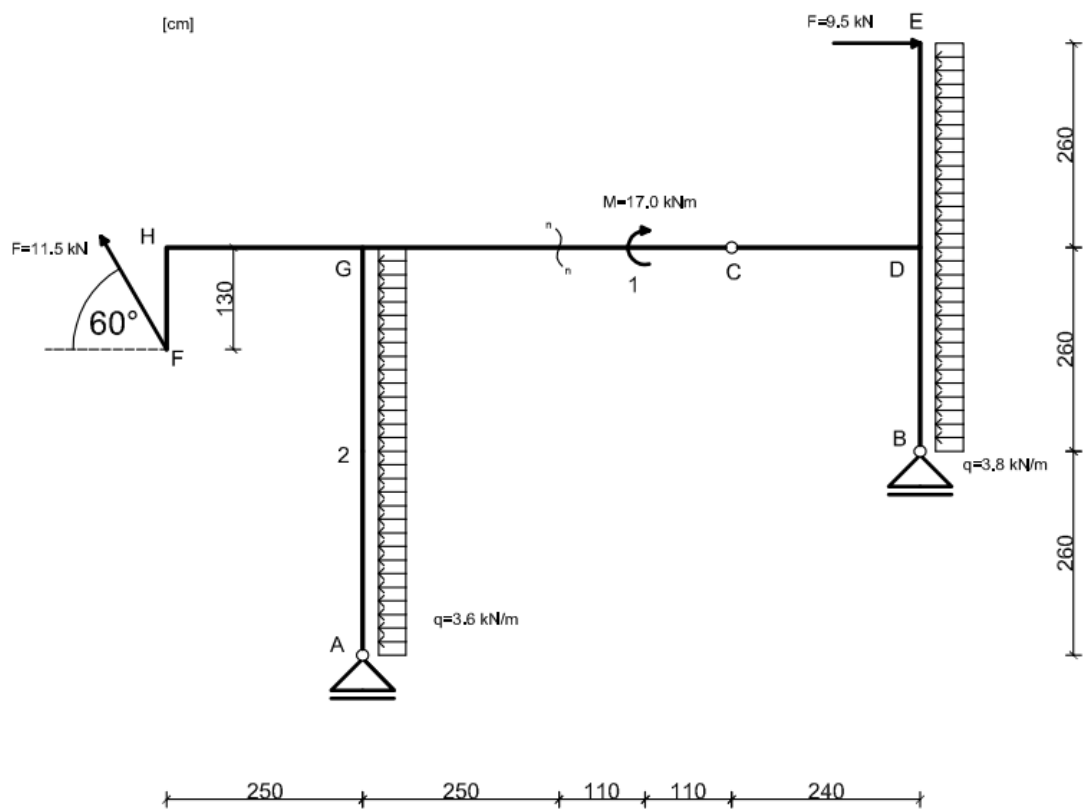
Konvencija o predznaku

Predznaci se usvajaju na sljedeći način :ž

Ako se po konstrukcijskom elementu kreće s lijeve strane, odnosno, dio presječne konstrukcije ostaje s lijeve strane, tada se u presjeku pretpostavljaju: pozitivna uzdužna sila, negativna poprečna sila i pozitivan moment. Ako se po konstrukcijskom elementu kreće s desne strane, odnosno, dio presječne konstrukcije ostaje s desne strane tada se u presjeku pretpostavljaju: negativna uzdužna sila, pozitivna poprečna sila i negativni moment.



1. ZADATAK



$$F_1^y = F_1 \times \sin 60 = 11.5 \times \sin 60 = 9.96 \text{ kN}$$

$$F_1^x = F_1 \times \cos 60 = 11.5 \times \cos 60 = 5.75 \text{ kN}$$

$$Q_1 = q \times l = 3.6 \times 5.2 = 18.72 \text{ kN}$$

$$Q_2 = q \times l = 3.8 \times 5.2 = 19.76 \text{ kN}$$

REAKCIJE

$$\sum M_C^D = 0$$

$$R_B^V \times 2.4 + R_B^H \times 2.6 - F_2 \times 2.6 = 0$$

$$R_B^V \times 2.4 + R_B^H \times 2.6 = 9.5 \times 2.6$$

$$R_B^V \times 2.4 + R_B^H \times 2.6 = 24.7 / 24.7$$

$$R_B^V = 10.29 - 1.083 R_B^H$$

$$\sum M_A = 0$$

$$Q_1 \times 2.6 - F_1^y \times 2.5 + F_1^x \times 3.9 - M + Q_2 \times 5.2 - F_2 \times 7.8$$

$$+ R_B^V \times 7.1 - R_B^H \times 2.6 = 0$$

$$18.72 \times 2.6 - 9.96 \times 2.5 + 5.75 \times 3.9 - 17 + 19.76 \times 5.2$$

$$- 9.5 \times 7.8 + R_B^V \times 7.1 - R_B^H \times 2.6 = 0$$

$$57.85 + (10.29 - 1.083 R_B^H) \times 7.1 - R_B^H \times 2.6 = 0$$

$$57.85 + 73.06 - 7.69 R_B^H - R_B^H \times 2.6 = 0$$

$$R_B^H = \frac{130.91}{10.29} = 12.72 \text{ kN}$$

$$R_B^V = 10.29 - 1.083 \times 12.72$$

$$R_B^V = -3.49 \text{ kN}$$

$$\sum F_X = 0$$

$$-F_1^x - Q_1 - Q_2 + F_2 + R_B^H + R_A^H = 0$$

$$-5.75 - 18.72 + 19.76 + 9.5 + 12.72 + R_A^H = 0$$

$$R_A^H = 22.01 \text{ kN}$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$F_1^Y - R_B^V + R_A^V = 0$$

$$9.96 - 3.49 + R_A^V = 0$$

$$R_A^V = -6,47$$

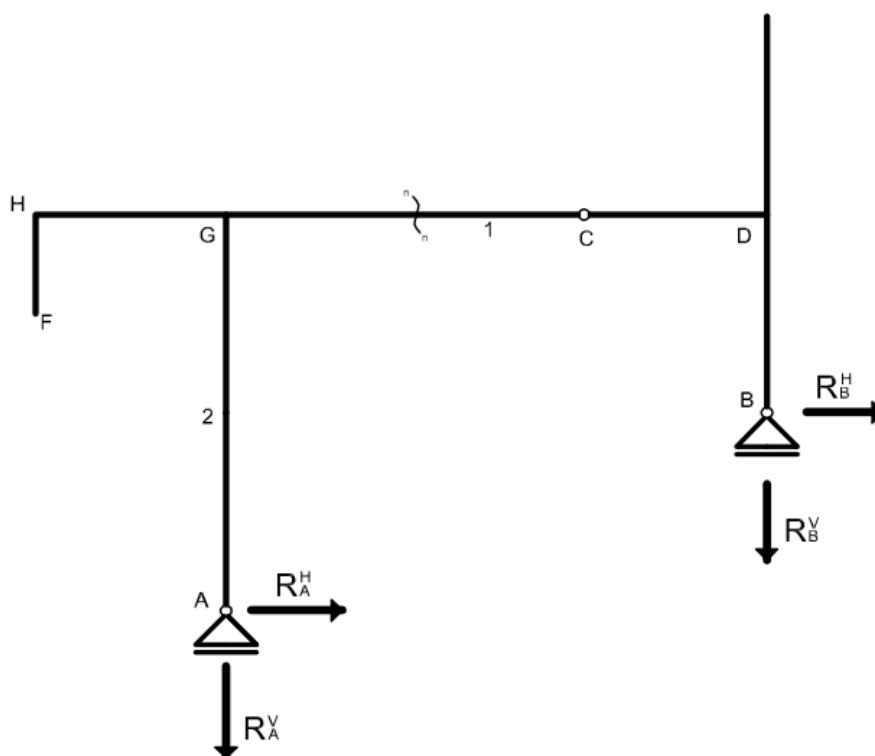
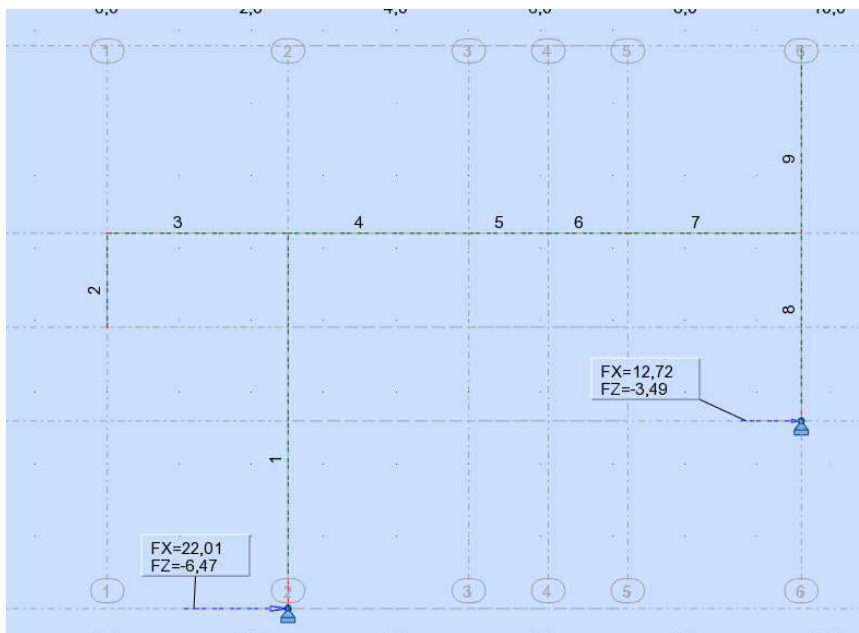
KONTRALA

$$\sum M_C^L = 0$$

$$R_A^V \times 4.7 + R_A^H \times 5.2 - M - Q_1 \times 2.6 - F_1^Y \times 7.2 - F_1^x \times 1.3 = 0$$

$$6,47 \times 4.7 + 22.01 \times 5.2 - 17 - 18.72 \times 2.6 - 9.96 \times 7.2 - 5.75 \times 1.3 = 0$$

$$0 = 0$$

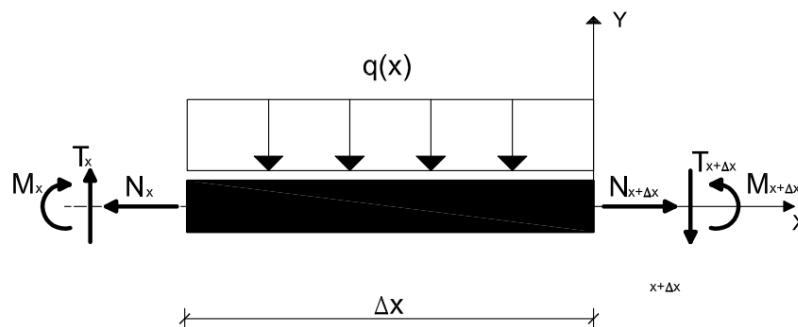


Diferencijalne i integralne veze kontinuiranog opterećenja, poprečne sile i momenta savijanja u nekom presjeku

Diferencijalnim i integralnim vezama kontinuiranog opterećenja, poprečne sile i momenta savijanja u nekom presjeku, definiran je nagib tangente na krivulju $T-x$ u ovisnosti o vrijednosti $q(x)$, te nagib tangente $M-x$ u ovisnosti vrijednosti T_x .

Dakle, u svakom presjeku na temelju vrijednosti $q(x)$, moguće je odrediti vrijednosti T_x i M_x i obrnuto.

Neka je jedan diferencijalno mali dio grede opterećen kontinuiranim opterećenjem i uravnotežen silama presjeka kao na crtežu.



Sada će jednadžbe ravnoteže za taj dio glasiti:

$$\sum T_{\Delta x} = 0 \rightarrow T_x - q \times \Delta x - T_{x+\Delta x} = 0$$

$$\sum M_{\Delta x} = 0 \rightarrow -M_x - T_x \times \Delta x + q \times \Delta x \times \frac{\Delta x}{2} + M_{x+\Delta x} = 0$$

Iz toga će vrijediti Sljedeće:

$$\frac{T_{x+\Delta x} - T_x}{\Delta x} = -q$$

$$\frac{M_{x+\Delta x} - M_x}{\Delta x} = T_x - q \times \frac{\Delta x}{2}$$

Neka diferencijalno mali dio Δx teži prema nuli, tada će rubne vrijednosti biti:

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{T_{x+\Delta x} - T_x}{\Delta x} = \frac{dT_x}{dx} \rightarrow \lim_{\Delta x \rightarrow 0} q = q_x$$

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{M_{x+\Delta x} - M_x}{\Delta x} = \frac{dM_x}{dx} \rightarrow \lim_{\Delta x \rightarrow 0} q \times \frac{\Delta x}{2} = 0$$

Dakle iz svega proizlazi da će za rubni slučaj vrijediti:

$$\frac{dT_x}{dx} = -q_x \rightarrow \frac{dM_x}{dx} = T_x \rightarrow \frac{d^2 M_x}{dx^2} = -q_x$$

Sada vrijede i integralne veze za opterećeni dio grede od nekog mjesta x_1 do mjesta x_2 :

$$\int_{x=x_1}^{x=x_2} dT_x = T_{x_2} - T_{x_1} = \int_{x=x_1}^{x=x_2} q_x dx$$
$$\int_{x=x_1}^{x=x_2} dM_x = M_{x_2} - M_{x_1} = \int_{x=x_1}^{x=x_2} T_x dx$$

Zaključak:

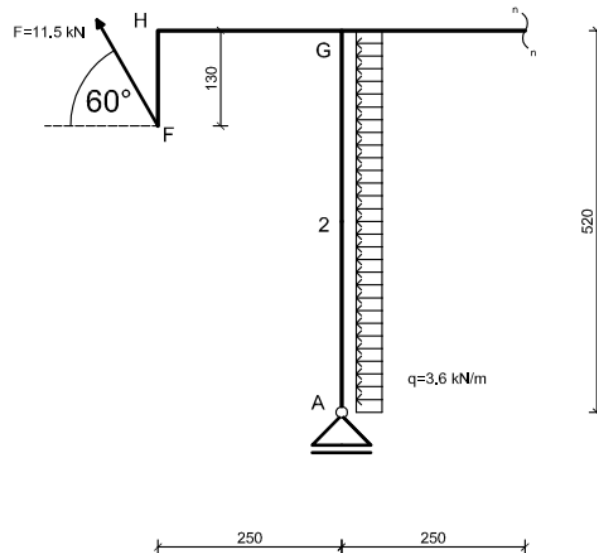
1. Nagib tangente krivulje poprečne sile u nekom presjeku x proporcionalan je s veličinom kontinuiranog opterećenja $q(x)$. Dakle, što je veći nagib krivulje $T-x$, a gdje je $q(x)$ jednak nule, vrijednost poprečne sile T_x , ima konstantnu vrijednost.

2. Nagib tangente krivulje poprečne sile u nekom presjeku x proporcionalan je s veličinom poprečne sile u tom presjeku. Dakle, što je veća poprečna sila T_x , to je veći nagib krivulje $M-x$. Gdje je poprečna sila jednaka nuli ili mijenja predznak, nagib krivulje $m-x$ nema, a vrijednost momenta savijanja M_x ima najveću vrijednost ili ekstrem. Najveća vrijednost momenta predstavlja najveću pozitivnu vrijednost ili najmanju negativnu vrijednost momenta u nekom poprečnom presjeku x . Dakle, kako se pozitivni predznak momenta označava s donje strane, najveća vrijednost momenta ili ekstrem biti će tamo gdje opterećenje $q(x)$ djeluje prema dolje, a najmanja vrijednosti ili minimum, gdje opterećenje $q(x)$ djeluje prema gore.

ODREĐIVANJE UNUTARNJIH SILA U PRESJEKU n-n

KLASIČNIM POSTUPKOM IZ UVIJETA RAVNOTEŽE

S LIJEVA



$$\sum N_{n-n} = 0$$

$$N_{n-n} - F_1^X - Q_1 + R_A^H = 0$$

$$N_{n-n} - 5.75 - 18.72 + 22.01 = 0$$

$$N_{n-n} = 2.46 \text{ kN}$$

$$\sum V_{n-n} = 0$$

$$V_{n-n} - F_1^Y + R_A^V = 0$$

$$V_{n-n} - 9.96 + 6.47 = 0$$

$$V_{n-n} = 3.49 \text{ kN}$$

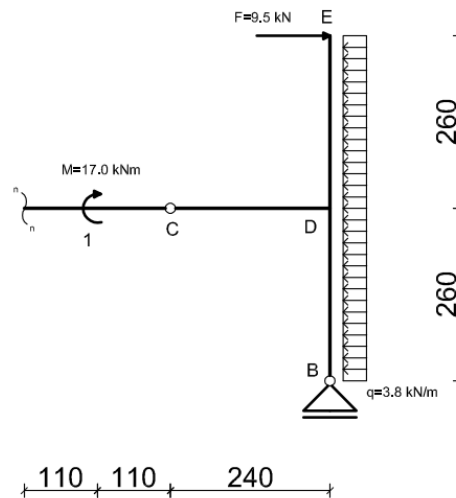
$$\sum M_{n-n} = 0$$

$$M_{n-n} - F_1^X \times 1.3 - F_1^Y \times 5 - Q_1 \times 2.6 + R_A^H \times 5.2 + R_A^V \times 2.5 = 0$$

$$M_{n-n} - 5.75 \times 1.3 - 9.96 \times 5 - 18.72 \times 2.6 + 22.01 \times 5.2 + 6.47 \times 2.5 = 0$$

$$M_{n-n} = -24.68 \text{ kNm}$$

S DESNA



$$\sum N_{n-n} = 0$$

$$N_{n-n} - R_B^H + Q_2 - F_2 = 0$$

$$N_{n-n} - 12.72 + 19.76 - 9.5 = 0$$

$$N_{n-n} = 2.46 \text{ kN}$$

$$\sum V_{n-n} = 0$$

$$V_{n-n} - R_B^V = 0$$

$$V_{n-n} - 3.49 = 0$$

$$V_{n-n} = 3.49 \text{ kN}$$

$$\sum M_{n-n} = 0$$

$$M_{n-n} + R_B^V \times 4.6 - R_B^H \times 2.6 + q \times 2.6 \times \frac{2.6}{2} - q \times 2.6 \times \frac{2.6}{2} + F_2 \times 2.6 + M = 0$$

$$M_{n-n} + 3.49 \times 4.6 - 12.72 \times 2.6 + 3.8 \times 2.6 \times \frac{2.6}{2} - 3.8 \times 2.6 \times \frac{2.6}{2}$$

$$+ 9.5 \times 2.6 + 17 = 0$$

$$M_{n-n} = -24.68 \text{ kNm}$$

Načelo virtualnog rada

Elementarni rad sile i momenata u razmjeru je s elementarnim pomacima δs i $\delta \varphi$. U slučaju ravnoteže nema gibanja pa su pomaci pretpostavljeni, zamišljeni, dakle $x=0$. Zamišljeni (virtualni) pomaci označavaju se varijacijama δx i $\delta \varphi$.

Virtualni radovi sile i momenata nad virtualnim pomacima jednaki su:

$$\delta W_F = F \times \delta s, \quad \delta W_M = M \times \delta \varphi$$

Ako je virtualni pomak neke točke M krutog tijela jednak δs_M , onda su virtualni pomaci bilo koje točke i tog tijela jednaki δs_i , odnosno vrijedi :

$$\delta s_i = \delta s_M + \delta s_{M/i} = \delta s_M + \delta \varphi \times r_{i/m}$$

Virtualni rad sila i momenata nad virtualnim pomakom δs_i koje djeluje na kruto tijelo, može se napisati kao

$$\delta W = \sum_i F_i \times \delta s = \sum_i F_i \times \left(\delta s_M + \delta \varphi \times r_{\frac{i}{m}} \right) \text{ ili}$$

$$\delta W = F \times \delta s_M + M_M \times \delta \varphi$$

Kako su sve sile i momenti koji djeluju na neko kruto tijelo ili statički sustav krutih tijela u ravnoteži, dakle $\sum_i F_i \times \delta s = 0$ i $M_M = 0$, tada su svi radovi nad virtualnim pomacima δs_M i $\delta \varphi$ jednaki nuli, odnosno može se zapisati uvjet ravnoteže konzervativnih sila:

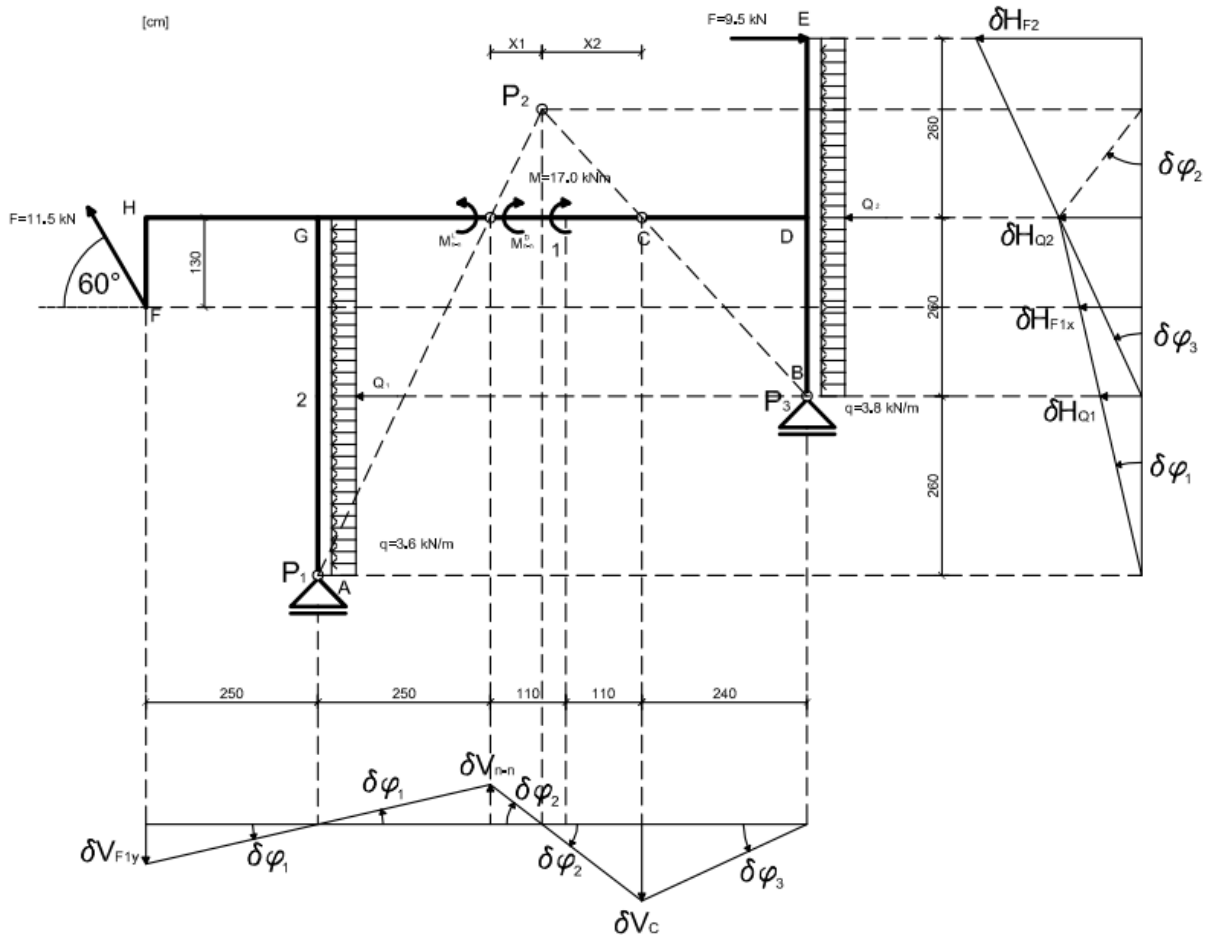
$$\delta W = 0, \delta A = 0$$

Sile i momenti koji djeluju na kruto tijelo su u ravnoteži, ako je zbroj pripadnih virtualnih radova svih tih sila i momenata nad bilo kojim virtualnim pomacima jednak nuli!

$$\delta W = \sum_i F_i \times \delta s + \sum_j M_j \times \delta \varphi = 0$$

METODOM VIRTUALNOG RADA

MOMENT



ODREĐIVANJE x_1 , x_2 I y

$$\tan a_A = \frac{5.2}{2.5} \rightarrow a_A = 64.32$$

$$\tan a_B = \frac{2.6}{2.4} \rightarrow a_B = 47.29$$

$$\tan a_A = \frac{y}{x_1} \rightarrow y = x_1 \times \tan a_A$$

$$\tan a_B = \frac{y}{x_2} \rightarrow y = x_2 \times \tan a_B$$

$$x_1 + x_2 = 2.2$$

$$x_1 = 2.2 - x_2$$

$$y = y$$

$$x_1 \times \tan a_A = x_2 \times \tan a_B$$

$$2.2 - x_2 \times \tan 64.32 = x_2 \times \tan 47.29$$

$$4.58 - 2.08x_2 = 1.08x_2$$

$$3.16x_2 = 4.58 / \div 3.16$$

$$x_2 = 1.45 \text{ m}$$

$$x_1 = 2.2 - x_2$$

$$x_1 = 2.2 - 1.45$$

$$x_1 = 0.75 \text{ m}$$

$$y = x_1 \times \tan a_A$$

$$y = 0.75 \times \tan 64.32$$

$$y = 1.56 \text{ m}$$

$$M_{n-n}^L \times \delta\varphi_1 + M_{n-n}^D \times \delta\varphi_2 + M \times \delta\varphi_2 - F_1^Y \times \delta V_{F1Y} + F_1^X \times \delta H_{F1X} + Q_1 \times \delta H_{Q1} \\ + Q_2 \times \delta H_{Q2} - F_2 \times \delta H_{F2} = 0$$

$$\delta\varphi_1 = \frac{\delta V_{n-n}}{2.5} \rightarrow \delta V_{n-n} = 2.5 \times \delta\varphi_1$$

$$\delta\varphi_2 = \frac{\delta V_{n-n}}{0.75} \rightarrow \delta\varphi V_{n-n} = 0.75 \times \delta\varphi_2$$

$$2.5 \times \delta\varphi_1 = 0.75 \delta\varphi_2 / \div 2.5$$

$$\delta\varphi_1 = 0.3 \delta\varphi_2$$

$$\delta\varphi_2 = \frac{\delta V_c}{1.45} \rightarrow \delta V_c = 1.45 \times \delta\varphi_2$$

$$\delta\varphi_3 = \frac{\delta V_c}{2.4} \rightarrow \delta V_c = 2.4 \times \delta\varphi_3$$

$$1.45 \times \delta\varphi_2 = 2.4 \delta\varphi_3 / \div 2.4$$

$$\delta\varphi_3 = 0.604 \delta\varphi_2$$

$$\delta\varphi_1 = \frac{\delta V_{F1Y}}{2.5} \rightarrow \delta V_{F1Y} = 2.5 \times \delta\varphi_1$$

$$\delta\varphi_1 = \frac{\delta H_{F1X}}{3.9} \rightarrow \delta H_{F1X} = 3.9 \times \delta\varphi_1$$

$$\delta\varphi_1 = \frac{\delta H_{Q1}}{2.6} \rightarrow \delta H_{Q1} = 2.6 \times \delta\varphi_1$$

$$\delta\varphi_3 = \frac{\delta H_{Q2}}{2.6} \rightarrow \delta H_{Q2} = 2.6 \times \delta\varphi_1$$

$$\delta\varphi_3 = \frac{\delta H_{F2}}{5.2} \rightarrow \delta H_{F2} = 5.2 \times \delta\varphi_1$$

$$M_{n-n}^L = M_{n-n}^D = M_{n-n}$$

$$\begin{aligned} M_{n-n} \times \delta\varphi_1 + M_{n-n} \times \delta\varphi_2 + 17 \times \delta\varphi_2 - 9.96 \times 2.5 \times \delta\varphi_1 \\ + 5.57 \times 3.9 \times \delta\varphi_1 + 18.72 \times 2.6 \times \delta\varphi_1 + 19.76 \times 2.6 \times \delta\varphi_3 \\ - 9.5 \times 5.2 \times \delta\varphi_3 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{n-n} \times 0.3 \times \delta\varphi_2 + M_{n-n} \times \delta\varphi_2 + 17 \times \delta\varphi_2 - 9.96 \times 2.5 \times 0.3 \times \delta\varphi_2 \\ + 5.57 \times 3.9 \times 0.3 \times \delta\varphi_2 + 18.72 \times 2.6 \times 0.3 \times \delta\varphi_2 + 19.76 \times 2.6 \times 0.604 \times \delta\varphi_2 \\ - 9.5 \times 5.2 \times 0.604 \times \delta\varphi_2 = 0 / \div \delta\varphi_2 \end{aligned}$$

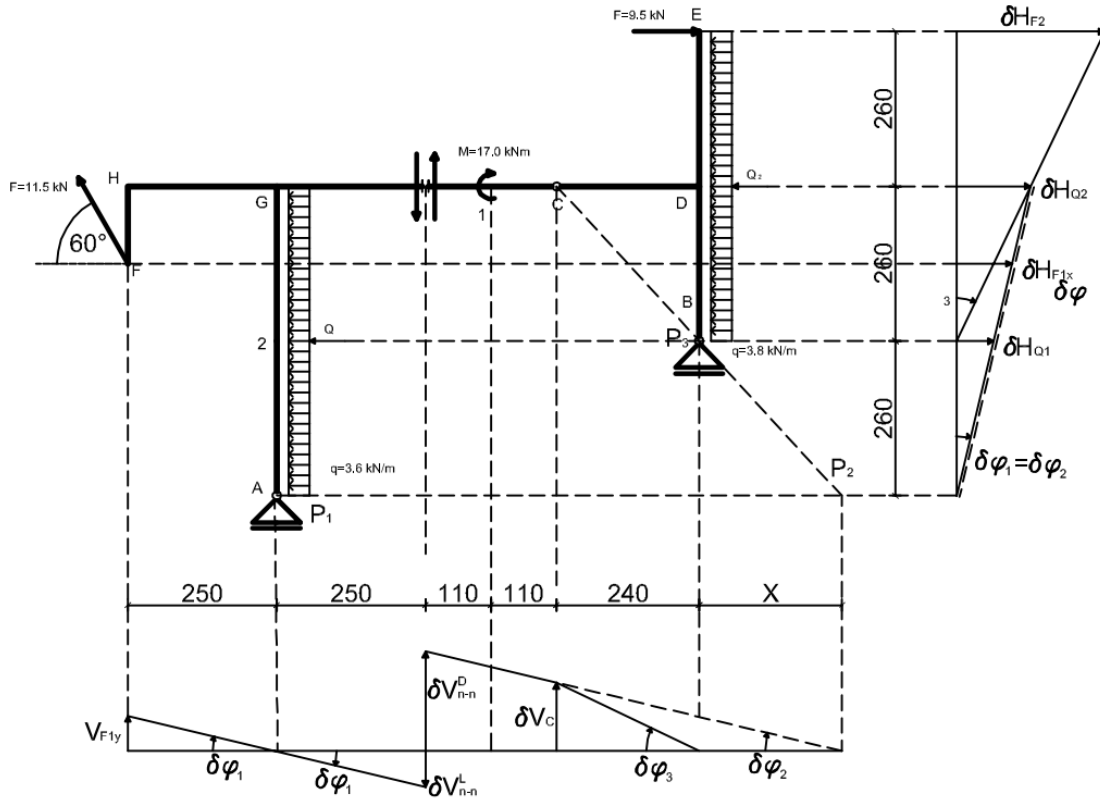
$$0.3M_{n-n} + M_{n-n} + 17 - 7.47 + 6.73 + 14.6 + 31.03 - 29.84 = 0$$

$$1.3M_{n-n} + 32.05 = 0$$

$$M_{n-n} = -\frac{32.05}{1.3} = -24.65 \text{ kNm}$$

METODOM VIRTUALNOG RADA

POPREČNA SILA



ODREĐIVANJE X-a

$$\tan a_B = \frac{2.6}{2.4} \rightarrow a_B = 47.29$$

$$\tan a_B = \frac{y}{x} \rightarrow x = \frac{y}{\tan a_B}$$

$$x = \frac{2.6}{\tan (47.29)}$$

$$x = 2.4 \text{ m}$$

$$V_{n-n}^L \times \delta V_{n-n}^L + V_{n-n}^D \times \delta V_{n-n}^D + F_1^Y \times \delta V_{F1Y} - F_1^X \times \delta H_{F1X} - Q_1 \times \delta H_{Q1} + M \times \delta \varphi_2 - Q_2 \times \delta H_{Q2} + F_2 \times \delta H_{Q2} = 0$$

$$\delta \varphi_1 = \delta \varphi_2$$

$$\delta \varphi_2 = \frac{\delta V_C}{4.8} \rightarrow \delta V_C = 4.8 \times \delta \varphi_2$$

$$\delta \varphi_3 = \frac{\delta V_C}{2.4} \rightarrow \delta V_C = 2.4 \times \delta \varphi_3$$

$$4.8 \times \delta \varphi_2 = 2.4 \times \delta \varphi_3 / \div 2.4$$

$$\delta \varphi_3 = 2 \delta \varphi_2$$

$$\delta \varphi_1 = \frac{\delta V_{F1Y}}{2.5} \rightarrow \delta V_{F1Y} = 2.5 \times \delta \varphi_1$$

$$\delta \varphi_1 = \frac{\delta H_{F1X}}{3.9} \rightarrow \delta H_{F1X} = 3.9 \times \delta \varphi_1$$

$$\delta \varphi_1 = \frac{\delta H_{Q1}}{2.6} \rightarrow \delta H_{Q1} = 2.6 \times \delta \varphi_1$$

$$\delta \varphi_1 = \frac{\delta V_{n-n}^L}{2.5} \rightarrow \delta V_{n-n}^L = 2.5 \times \delta \varphi_1$$

$$\delta \varphi_2 = \frac{\delta V_{n-n}^D}{7} \rightarrow \delta V_{n-n}^D = 7 \times \delta \varphi_2$$

$$\delta \varphi_3 = \frac{\delta H_{Q2}}{2.6} \rightarrow \delta H_{Q2} = 2.6 \times \delta \varphi_3$$

$$\delta \varphi_3 = \frac{\delta H_{F2}}{5.2} \rightarrow \delta H_{F2} = 5.2 \times \delta \varphi_3$$

$$V_{n-n}^L = V_{n-n}^D = V_{n-n}$$

$$V_{n-n} \times 2.5 \times \delta\varphi_2 + V_{n-n} \times 7 \times \delta\varphi_2 + F_1^Y \times 2.5 \times \delta\varphi_1 - F_1^X \times 3.9 \times \delta\varphi_1 \\ - Q_1 \times 2.6 \times \delta\varphi_1 + M \times \delta\varphi_2 - Q_2 \times 2.6 \times \delta\varphi_3 + F_2 \times 5.2 \times \delta\varphi_3 = 0$$

$$V_{n-n} \times 2.5 \times \delta\varphi_2 + V_{n-n} \times 7 \times \delta\varphi_2 + 9.96 \times 2.5 \times \delta\varphi_2 - 5.75 \times 3.9 \times \delta\varphi_2 \\ - 18.72 \times 2.6 \times \delta\varphi_2 + 17 \times \delta\varphi_2 - 19.76 \times 2.6 \times 2 \times \delta\varphi_2 \\ + 9.5 \times 5.2 \times 2 \times \delta\varphi_2 = 0 / \div \varphi_2$$

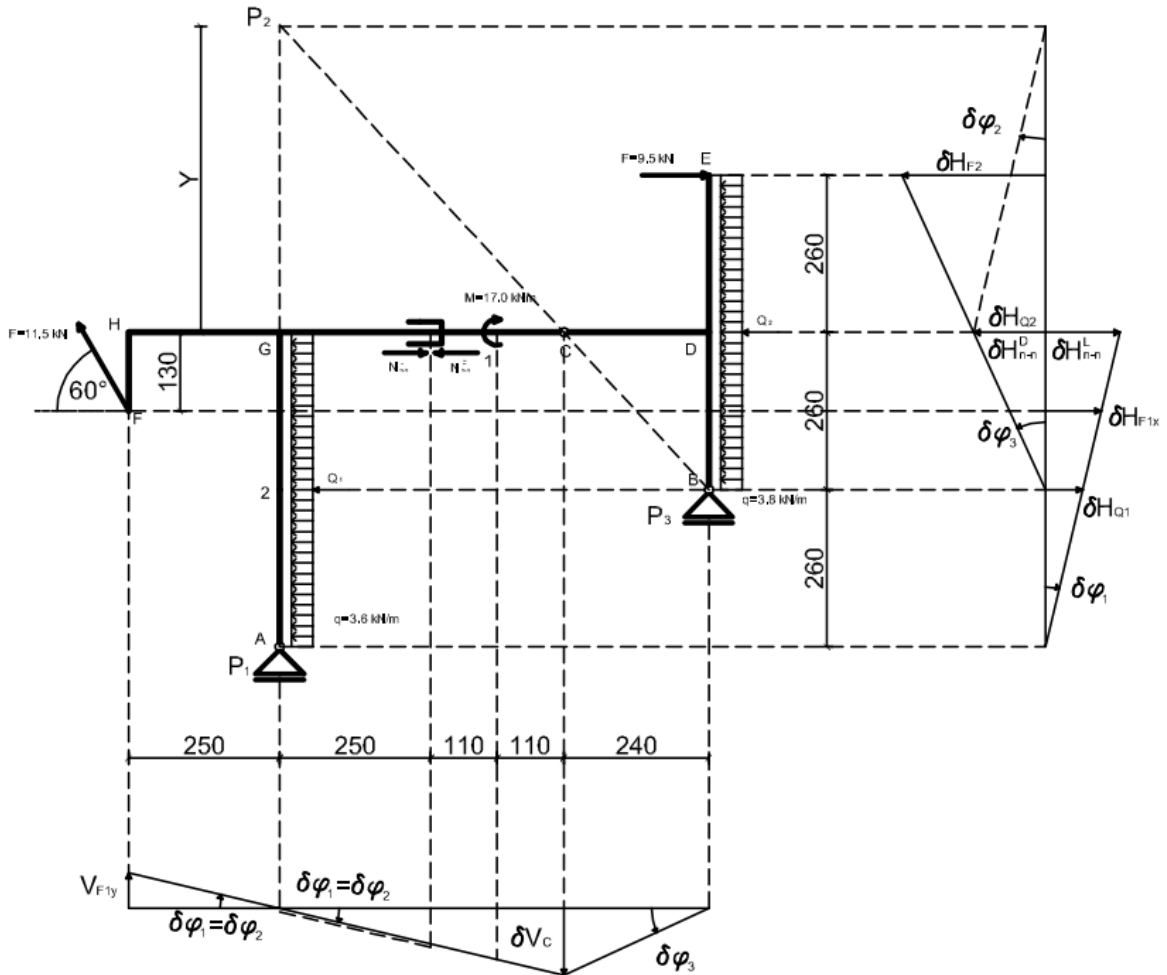
$$2.5V_{n-n} + 7V_{n-n} + 24.9 - 22.43 - 48.67 + 17 - 102.75 + 98.8 = 0$$

$$9.5V_{n-n} = 33.15$$

$$V_{n-n} = \frac{33.15}{9.5} = 3.49 \text{ kN}$$

METODOM VIRTUALNOG RADA

UZDUŽNA SILA



ODREĐIVANJE Y-a

$$\tan a_B = \frac{2.6}{2.4} \rightarrow a_B = 47.29$$

$$\tan a_B = \frac{y}{x} \rightarrow y = \tan a_B \times x$$

$$x = \tan (47.29) \times 4.7$$

$$x = 5.09 \text{ m}$$

$$N_{n-n}^L \times \delta H_{n-n}^L + N_{n-n}^D \times \delta H_{n-n}^D + F_1^Y \times \delta V_{F1Y} - F_1^X \times \delta H_{F1X} - Q_1 \times \delta H_{Q1} \\ + M \times \delta \varphi_2 + Q_2 \times \delta H_{Q2} - F_2 \times \delta H_{Q2} = 0$$

$$\delta \varphi_1 = \delta \varphi_2$$

$$\delta \varphi_2 = \frac{\delta V_C}{4.7} \rightarrow \delta V_C = 4.7 \times \delta \varphi_2$$

$$\delta \varphi_3 = \frac{\delta V_C}{2.4} \rightarrow \delta V_C = 2.4 \times \delta \varphi_3$$

$$4.7 \times \delta \varphi_2 = 2.4 \times \delta \varphi_3 / \div 2.4$$

$$\delta \varphi_3 = 1.958 \delta \varphi_2$$

$$\delta \varphi_1 = \frac{\delta H_{n-n}^L}{5.2} \rightarrow \delta H_{n-n}^L = 5.2 \times \delta \varphi_1$$

$$\delta \varphi_2 = \frac{\delta H_{n-n}^D}{5.09} \rightarrow \delta H_{n-n}^D = 5.09 \times \delta \varphi_2$$

$$\delta \varphi_1 = \frac{\delta V_{F1Y}}{2.5} \rightarrow \delta V_{F1Y} = 2.5 \times \delta \varphi_1$$

$$\delta \varphi_1 = \frac{\delta H_{F1X}}{3.9} \rightarrow \delta H_{F1X} = 3.9 \times \delta \varphi_1$$

$$\delta \varphi_1 = \frac{\delta H_{Q1}}{2.6} \rightarrow \delta H_{Q1} = 2.6 \times \delta \varphi_1$$

$$\delta \varphi_3 = \frac{\delta H_{Q2}}{2.6} \rightarrow \delta H_{Q2} = 2.6 \times \delta \varphi_3$$

$$\delta \varphi_3 = \frac{\delta H_{F2}}{5.2} \rightarrow \delta H_{F2} = 5.2 \times \delta \varphi_3$$

$$N_{n-n}^L = N_{n-n}^D = N_{n-n}$$

$$N_{n-n} \times 5.2 \times \delta\varphi_1 + N_{n-n} \times 5.09 \times \delta\varphi_2 + F_1^Y \times 2.5 \times \delta\varphi_1 - F_1^X \times 3.9 \times \delta\varphi_1 \\ - Q_1 \times 2.6 \times \delta\varphi_1 + M \times \delta\varphi_2 + Q_2 \times 2.6 \times \delta\varphi_3 - F_2 \times 5.2 \times \delta\varphi_3 = 0$$

$$N_{n-n} \times 5.2 \times \delta\varphi_2 + N_{n-n} \times 5.09 \times \delta\varphi_2 + 9.96 \times 2.5 \times \delta\varphi_2 - 5.75 \times 3.9 \times \delta\varphi_2 \\ - 18.72 \times 2.6 \times \delta\varphi_2 + 17 \times \delta\varphi_2 + 19.76 \times 2.6 \times 1.958 \times \delta\varphi_2 \\ - F_2 \times 5.2 \times 1.958 \times \delta\varphi_2 = 0 / \div \varphi_2$$

$$5.2N_{n-n} + 5.09N_{n-n} + 24.9 - 22.43 - 48.67 + 17 + 100.59 - 96.73 = 0$$

$$10.29N_{n-n} = 25.34$$

$$N_{n-n} = \frac{25.34}{10.29} = 2.46 \text{ kN}$$

ODREĐIVANJE DIAGRAMA UNUTRAŠNJIH SILA

Dijagrami unutrašnjih sila

Dijagrami unutrašnjih sila rabe se pri dimenzioniranju nosača, kako bi se u svakom presjeku mogle znati vrijednosti pojedinih unutrašnjih sila .

Kod crtanja dijagrama unutrašnjih sila potrebno je unutrašnje sile izračunati u karakterističnim presjecima, a to su:

1. Mjesta djelovanja koncentriranih opterećenja
2. Mjesta početka i završetka raspodijeljenih opterećenja
3. Mjesta promjene položaja glavne osi nosača

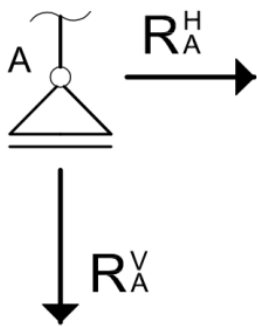
Na mjestima djelovanja koncentriranih opterećenja potrebno je izračunati unutrašnju silu s lijeve i desne strane presjeka i to za onu vrstu unutrašnje sile koja je i koncentrirano opterećenje! To znači sljedeće:

Ako na nekom mjestu djeluje koncentrirana poprečna sila, u tom presjeku potrebno je odrediti unutrašnje poprečne sile s obje strane tog presjeka.

Ako na nekom mjestu djeluje koncentrirana uzdužna sila, u tom presjeku potrebno je odrediti unutrašnje uzdužne sile s obje strane tog presjeka.

Ako na nekom mjestu djeluje koncentrirani moment savijanja, u tom presjeku potrebno je odrediti unutrašnje momente s obje strane tog presjeka.

Iz diferencijalnih i integralnih veza mogu se izvesti određeni zaključci koji će biti od pomoći pri konstruiranju dijagrama unutrašnjih sila.



$$\sum M_A = 0$$

$$\sum V_A = 0$$

$$V_A + R_A^H = 0$$

$$V_A + 22.01 = 0$$

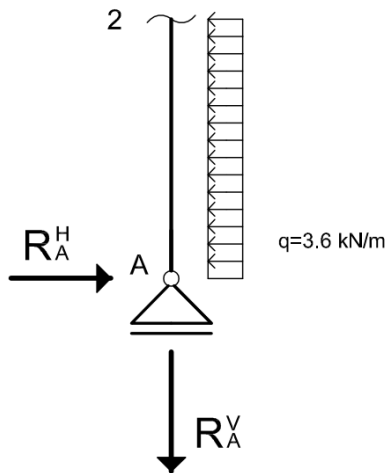
$$V_A = -22.01 \text{ kN}$$

$$\sum N_A = 0$$

$$N_A - R_A^V = 0$$

$$N_A - 6.47 = 0$$

$$N_A = 6.47 \text{ kN}$$



$$\sum M_2 = 0$$

$$M_1 + R_A^H \times 2.6 - q \times 2.6 \times \frac{2.6}{2} = 0$$

$$M_1 + 22.01 \times 2.6 - 3.6 \times 2.6 \times \frac{2.6}{2} = 0$$

$$M_1 = -45.06 \text{ kNm}$$

$$\sum V_2 = 0$$

$$V_2 + R_A^H - q \times 2.6 = 0$$

$$V_2 + 22.01 - 3.6 \times 2.6 = 0$$

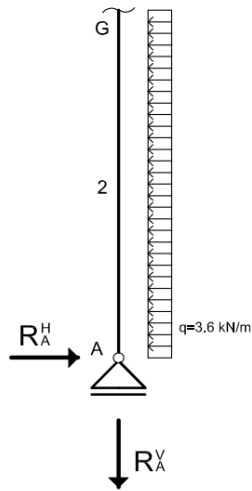
$$V_2 = -12.65 \text{ kN}$$

$$\sum N_2 = 0$$

$$N_2 - R_A^V = 0$$

$$N_2 - 6.47 = 0$$

$$N_2 = 6.47 \text{ kN}$$



$$\sum M_G^{DOLJE} = 0$$

$$M_G^{DOLJE} + R_A^H \times 5.2 - Q_1 \times 2.6 = 0$$

$$M_G^{DOLJE} + 22.01 \times 5.2 - 18.72 \times 2.6 = 0$$

$$M_G^{DOLJE} = -65.78 \text{ kNm}$$

$$\sum V_G^{DOLJE} = 0$$

$$V_G^{DOLJE} + R_A^H - Q_1 = 0$$

$$V_G^{DOLJE} + 22.01 - 18.75 = 0$$

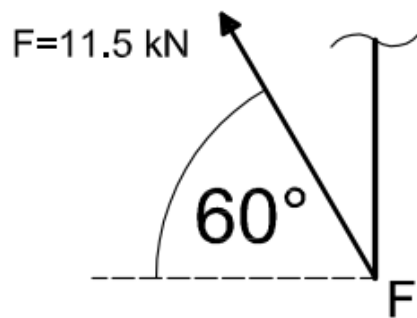
$$V_G^{DOLJE} = -3.29 \text{ kN}$$

$$\sum N_G^{DOLJE} = 0$$

$$N_G^{DOLJE} - R_A^V = 0$$

$$N_G^{DOLJE} - 6.47 = 0$$

$$N_G^{DOLJE} = 6.47 \text{ kN V}$$



$$\sum M_F = 0$$

$$\sum V_F = 0$$

$$V_F - F_1^X = 0$$

$$V_F - 5.75 = 0$$

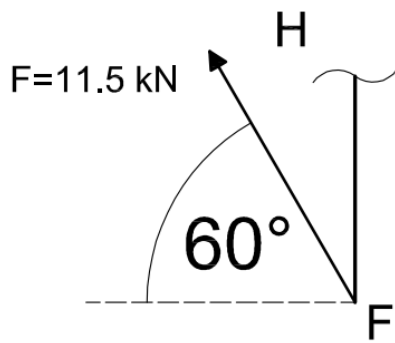
$$V_F = 5.75 \text{ kN}$$

$$\sum N_F = 0$$

$$N_F + F_1^Y = 0$$

$$N_F + 9.96 = 0$$

$$N_F = -9.96 \text{ kN}$$



$$\sum M_H^{DOLJE} = 0$$

$$M_H^{DOLJE} - F_1^x \times 1.3 = 0$$

$$M_H^{DOLJE} - 5.75 \times 1.3 = 0$$

$$M_H^{DOLJE} = 7.48 \text{ kNm}$$

$$\sum V_H^{DOLJE} = 0$$

$$V_H^{DOLJE} - F_1^y = 0$$

$$V_H^{DOLJE} - 5.75 = 0$$

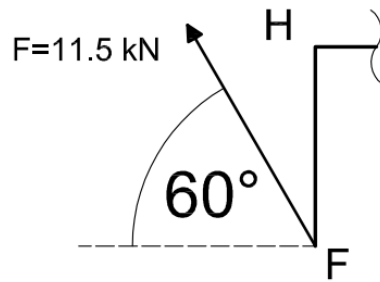
$$V_H^{DOLJE} = 5.75 \text{ kN}$$

$$\sum N_H^{DOLJE} = 0$$

$$N_H^{DOLJE} + F_1^x = 0$$

$$N_H^{DOLJE} + 9.96 = 0$$

$$N_H^{DOLJE} = -9.96 \text{ kN}$$



$$\sum M_H^{DESNO} = 0$$

$$M_H^{DESNO} - F_1^x \times 1.3 = 0$$

$$M_H^{DESNO} - 5.75 \times 1.3 = 0$$

$$M_H^{DESNO} = 7.48 \text{ kNm}$$

$$\sum V_H^{DESNO} = 0$$

$$V_H^{DESNO} + F_1^y = 0$$

$$V_H^{DESNO} + 9.96 = 0$$

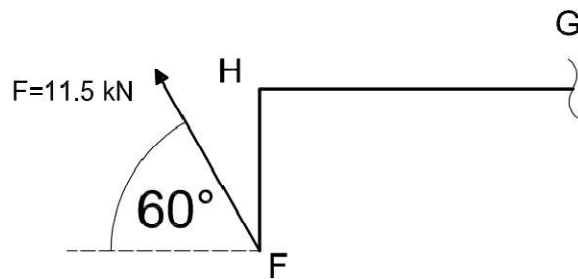
$$V_H^{DESNO} = -9.96 \text{ kN}$$

$$\sum N_H^{DESNO} = 0$$

$$N_H^{DESNO} - F_1^x = 0$$

$$N_H^{DESNO} - 5.75 = 0$$

$$N_H^{DESNO} = 5.75 \text{ kN}$$



$$\sum M_G^{LIJEVO} = 0$$

$$M_G^{LIJEVO} - F_1^x \times 1.3 - F_1^y \times 2.5 = 0$$

$$M_G^{LIJEVO} - 5.75 \times 1.3 - 9.96 \times 2.5 = 0$$

$$M_G^{LIJEVO} = 32.38 \text{ kNm}$$

$$\sum V_G^{LIJEVO} = 0$$

$$V_G^{LIJEVO} + F_1^y = 0$$

$$V_G^{LIJEVO} + 9.96 = 0$$

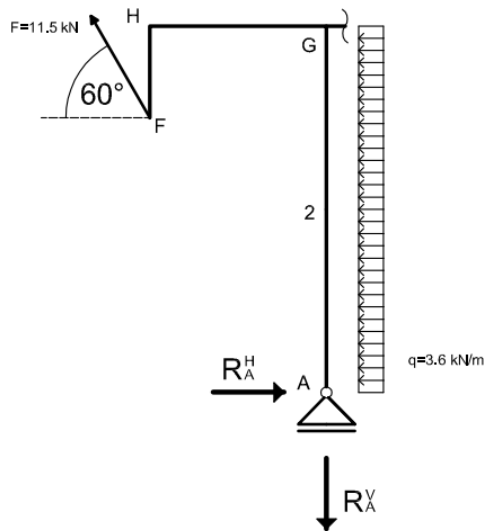
$$V_G^{LIJEVO} = -9.96 \text{ kN}$$

$$\sum N_G^{LIJEVO} = 0$$

$$N_G^{LIJEVO} - F_1^x = 0$$

$$N_G^{LIJEVO} - 5.75 = 0$$

$$N_G^{LIJEVO} = 5.75 \text{ kN}$$



$$\sum M_G^{DESNO} = 0$$

$$M_G^{DESNO} = M_G^{LIJEVO} - M_G^{DOLJE}$$

$$M_G^{DESNO} = 32.38 - 65.78$$

$$M_G^{DESNO} = -33.4 \text{ kNm}$$

$$\sum V_G^{DESNO} = 0$$

$$V_G^{DESNO} - F_1^x + R_A^V = 0$$

$$V_G^{DESNO} - 9.96 + 6.47 = 0$$

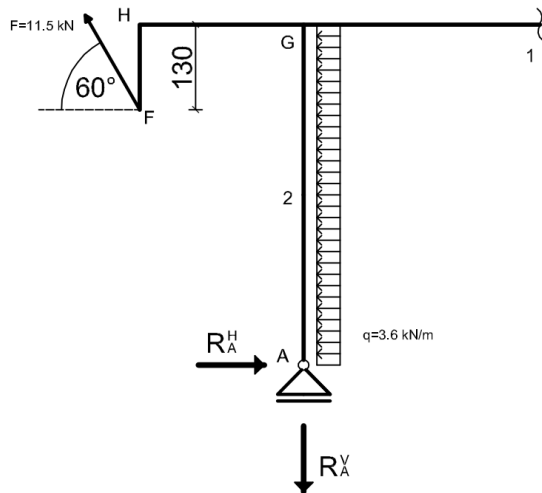
$$V_G^{DESNO} = 3.49 \text{ kN}$$

$$\sum N_G^{DESNO} = 0$$

$$N_G^{DESNO} - F_1^x - q \times 5.2 + R_A^H = 0$$

$$N_G^{DESNO} - 5.75 - 3.6 \times 5.2 + 22.01 = 0$$

$$N_G^{DESNO} = 2.46 \text{ kN}$$



$$\sum M_1^{LIJEVO} = 0$$

$$M_1^{LIJEVO} + R_A^V \times 3.6 + R_A^H \times 5.2 - Q_1 \times 2.6 - F_1^x \times 1.3 - F_1^y \times 6.1 = 0$$

$$M_1^{LIJEVO} + 6.47 \times 3.6 + 22.01 \times 5.2 - 18.72 \times 2.6 - 5.75 \times 1.3 - 9.96 \times 6.1 = 0$$

$$M_1^{LIJEVO} = -20.84 \text{ kNm}$$

$$\sum V_1^{LIJEVO} = 0$$

$$V_1^{LIJEVO} - F_1^x + R_A^V = 0$$

$$V_1^{LIJEVO} - 9.96 + 6.47 = 0$$

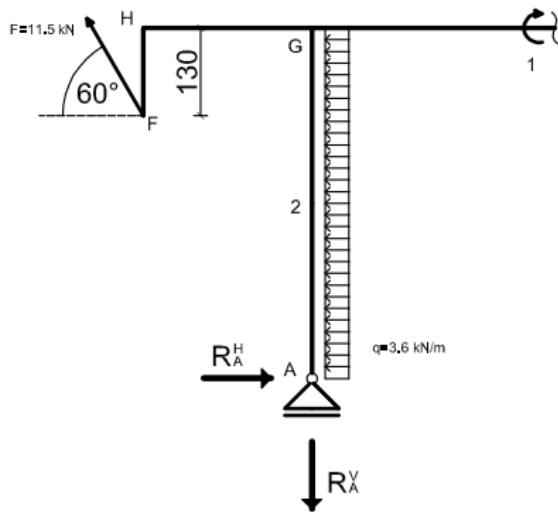
$$V_1^{LIJEVO} = 3.49 \text{ kN}$$

$$\sum N_1^{LIJEVO} = 0$$

$$N_1^{LIJEVO} - F_1^x - q \times 5.2 + R_A^H = 0$$

$$N_1^{LIJEVO} - 5.75 - 3.6 \times 5.2 + 22.01 = 0$$

$$N_1^{LIJEVO} = 2.46 \text{ kN}$$



$$\sum M_1^{DESNO} = 0$$

$$M_1^{LIJEVO} + R_A^V \times 3.6 + R_A^H \times 5.2 - Q_1 \times 2.6 - F_1^X \times 1.3 - F_1^Y \times 6.1 + M = 0$$

$$M_1^{LIJEVO} + 6.47 \times 3.6 + 22.01 \times 5.2 - 18.72 \times 2.6 - 5.75 \times 1.3 - 9.96 \times 6.1 + 17 = 0$$

$$M_1^{LIJEVO} = -3.84 \text{ kNm}$$

$$\sum V_1^{DESNO} = 0$$

$$V_1^{DESNO} - F_1^X + R_A^V = 0$$

$$V_1^{DESNO} - 9.96 + 6.47 = 0$$

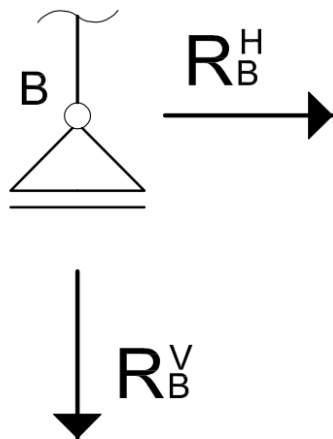
$$V_1^{DESNO} = 3.49 \text{ kN}$$

$$\sum N_1^{DESNO} = 0$$

$$N_1^{DESNO} - F_1^X - q \times 5.2 + R_A^H = 0$$

$$N_1^{DESNO} - 5.75 - 3.6 \times 5.2 + 22.01 = 0$$

$$N_1^{DESNO} = 2.46 \text{ kN}$$



$$\sum M_B = 0$$

$$\sum V_B = 0$$

$$V_B + R_B^H = 0$$

$$V_B + 12.72 = 0$$

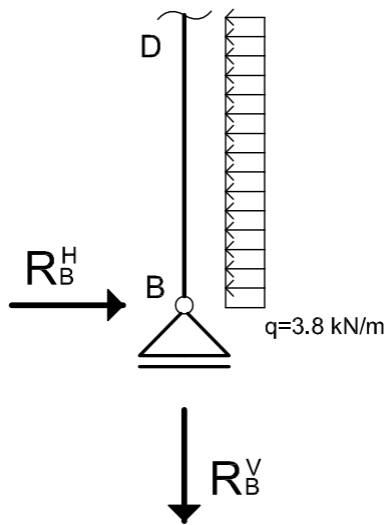
$$V_B = -12.72 \text{ kN}$$

$$\sum N_B = 0$$

$$N_B - R_B^V = 0$$

$$N_B - 3.49 = 0$$

$$N_B = 3.49 \text{ kN} = N_D^{\text{DOLJE}}$$



$$\sum M_D^{DOLJE} = 0$$

$$M_D^{DOLJE} - R_B^H \times 2.6 + q \times 2.6 \times \frac{2.6}{2} = 0$$

$$M_D^{DOLJE} - 12.72 \times 2.6 + 3.8 \times 2.6 \times \frac{2.6}{2} = 0$$

$$M_D^{DOLJE} = 20.23 \text{ kNm}$$

$$\sum V_D^{DOLJE} = 0$$

$$V_D^{DOLJE} + R_B^H - q \times 2.6 = 0$$

$$V_D^{DOLJE} + 12.72 - 3.8 \times 2.6 = 0$$

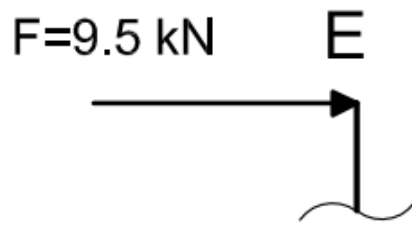
$$V_D^{DOLJE} = -2.84 \text{ kN}$$

$$\sum N_D^{DOLJE} = 0$$

$$N_D^{DOLJE} - R_B^V = 0$$

$$N_D^{DOLJE} - 3.49 = 0$$

$$N_D^{DOLJE} = 3.49 \text{ kN}$$



$$\sum M_E = 0$$

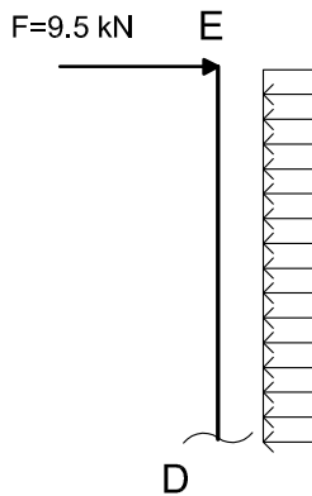
$$\sum V_E = 0$$

$$V_E - F_2 = 0$$

$$V_E - 9.5 = 0$$

$$V_E = 9.5 \text{ kN}$$

$$\sum N_E = 0$$



$$\sum M_D^{GORE} = 0$$

$$M_D^{GORE} + F_2 \times 2.6 - q \times 2.6 \times \frac{2.6}{2} = 0$$

$$M_D^{GORE} + 9.5 \times 2.6 - 3.8 \times 2.6 \times \frac{2.6}{2} = 0$$

$$M_D^{GORE} = -11.86 \text{ kNm}$$

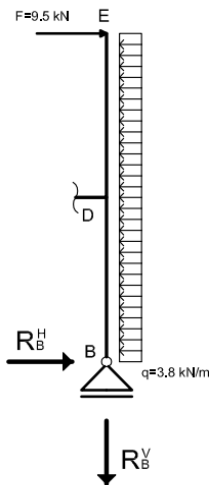
$$\sum V_D^{GORE} = 0$$

$$V_D^{GORE} - F_2 + q \times 2.6 = 0$$

$$V_D^{GORE} - F_2 + 3.8 \times 2.6 = 0$$

$$V_D^{GORE} = 0.38 \text{ kN}$$

$$\sum N_D^{GORE} = 0$$



$$\sum M_D^{LIJEVO} = 0$$

$$M_D^{LIJEVO} = -M_D^{GORE} + M_D^{DOLJE}$$

$$M_D^{LIJEVO} = -11.86 + 20.23$$

$$M_D^{LIJEVO} = 8.37 \text{ kNm}$$

$$\sum V_G^{DESNO} = 0$$

$$V_G^{DESNO} - F_1^X + R_A^V = 0$$

$$V_G^{DESNO} - 9.96 + 6.47 = 0$$

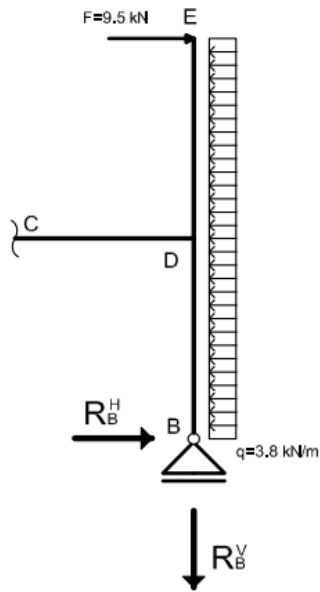
$$V_G^{DESNO} = 3.49 \text{ kN}$$

$$\sum N_D^{LIJEVO} = 0$$

$$N_D^{LIJEVO} - F_1^X - q \times 5.2 + R_A^H = 0$$

$$N_D^{LIJEVO} - 5.75 - 3.6 \times 5.2 + 22.01 = 0$$

$$N_D^{LIJEVO} = 2.46 \text{ kN}$$



$$\sum M_C = 0$$

$$\sum V_C = 0$$

$$V_C - F_1^X + R_A^V = 0$$

$$V_C - 9.96 + 6.47 = 0$$

$$V_C = 3.49 \text{ kN}$$

$$\sum N_C = 0$$

$$N_C - F_1^X - q \times 5.2 + R_A^H = 0$$

$$N_C - 5.75 - 3.6 \times 5.2 + 22.01 = 0$$

$$N_C = 2.46 \text{ kN}$$

MOMENTNI DIAGRAM I KONTROLA RAČUNALNIM PROGRAMOM

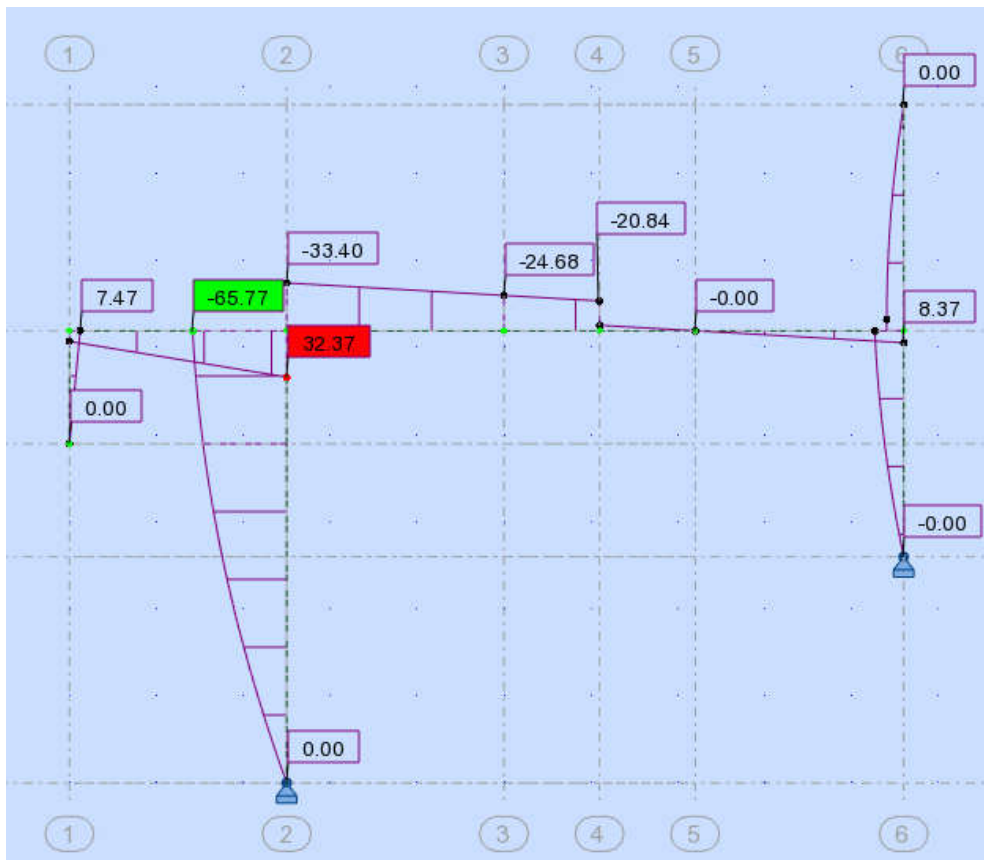
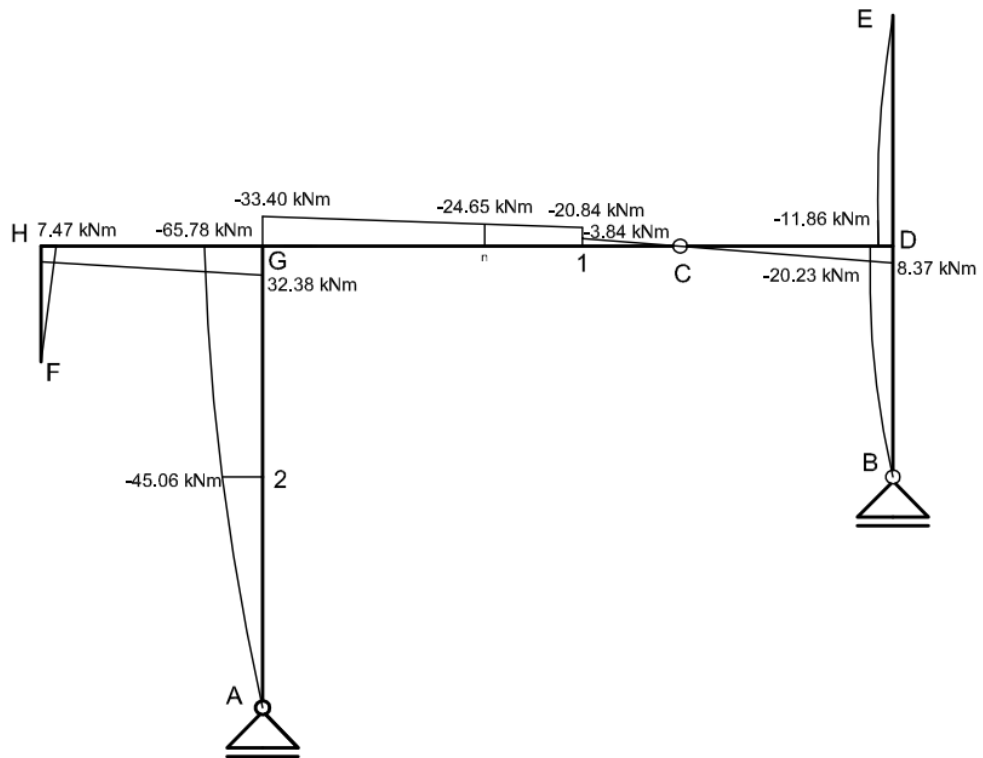


DIAGRAM POPREČNIH SILA I KONTROLA RAČUNALNIM PROGRAMOM

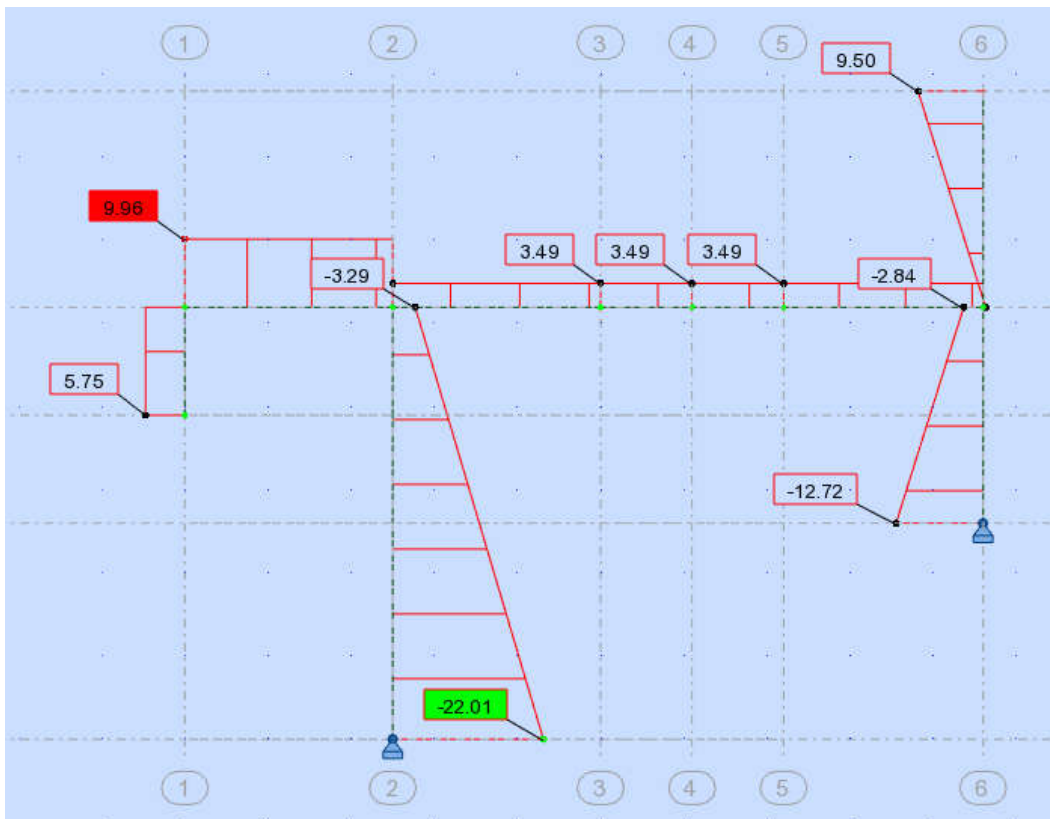
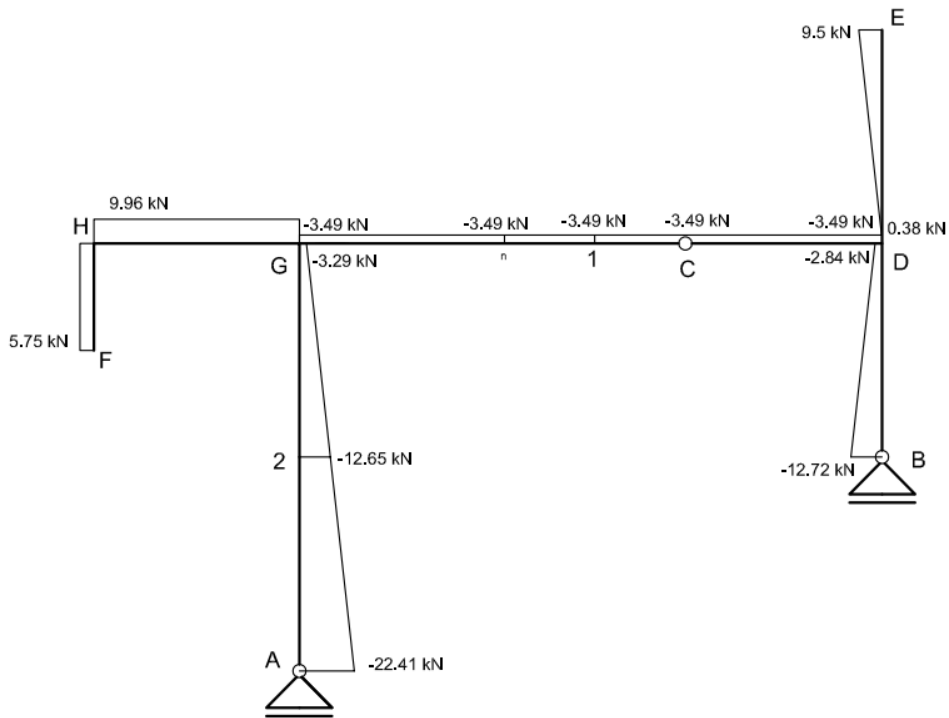
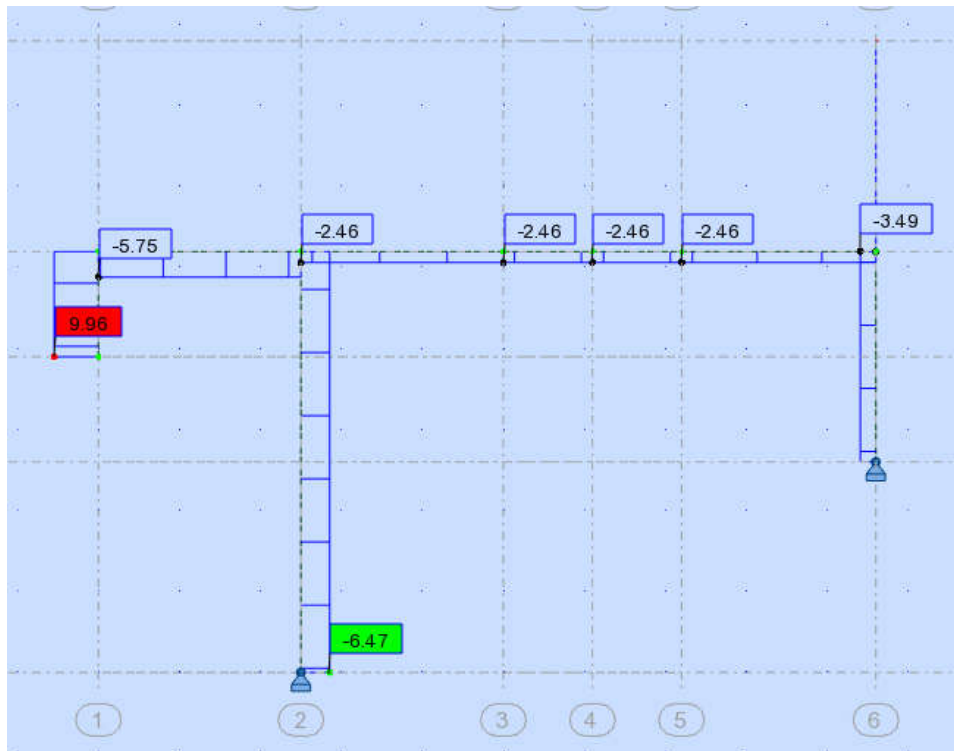
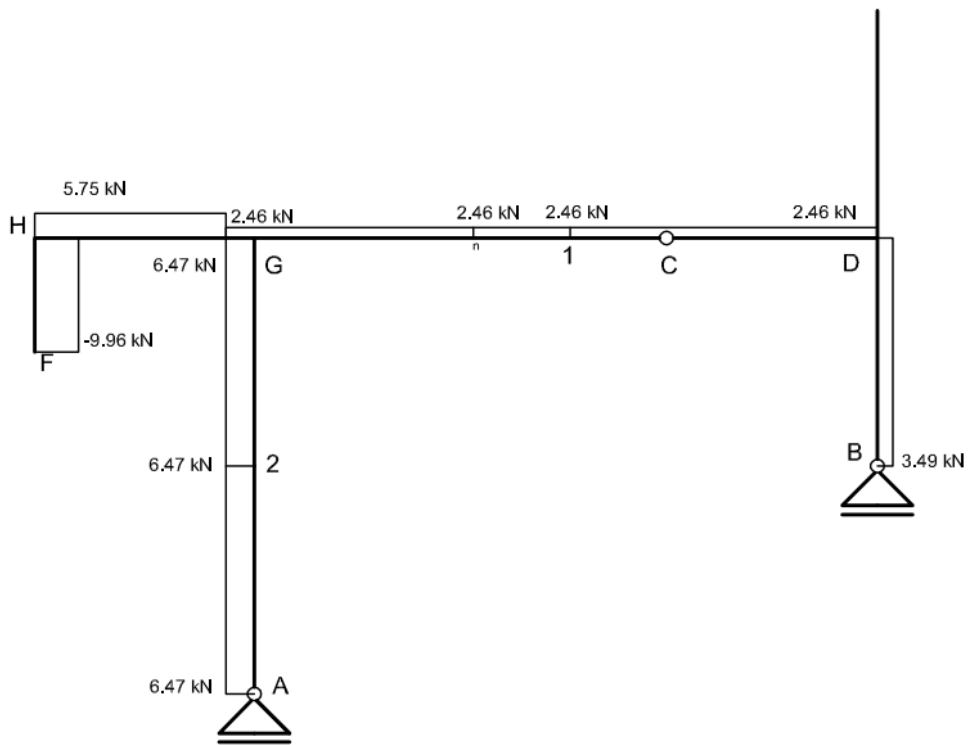


DIAGRAM UZDUŽNIH SILA I KONTROLA RAČUNALNIM PROGRAMOM



2. ZADATAK

Izračun kutnih brzina

Općenito se svako ravninsko gibanje tijela može prikazati kao sastavljeno, tj. zbroj gibanja jedne točke toga tijela i rotacije tijela oko nje.

Zadatke je često jednostavnije riješiti grafički, tako da se brzine i ubrzanja nacrtaju u nekom mjerilu.

Tada se ti crteži nazivaju planom brzina, odnosno ubrzanja. Pri tome je zadatke najbolje riješiti u nekoliko koraka:

1. Odrediti polove brzina svih tijela u mehanizmu
2. Nacrtati plan brzina
3. Izračunati kutne brzine svih tijela
4. Izračunati normalne komponente ubrzanja
5. Odrediti tangencijalne komponente ubrzanja (iz plana ubrzanja)

Kutna brzina

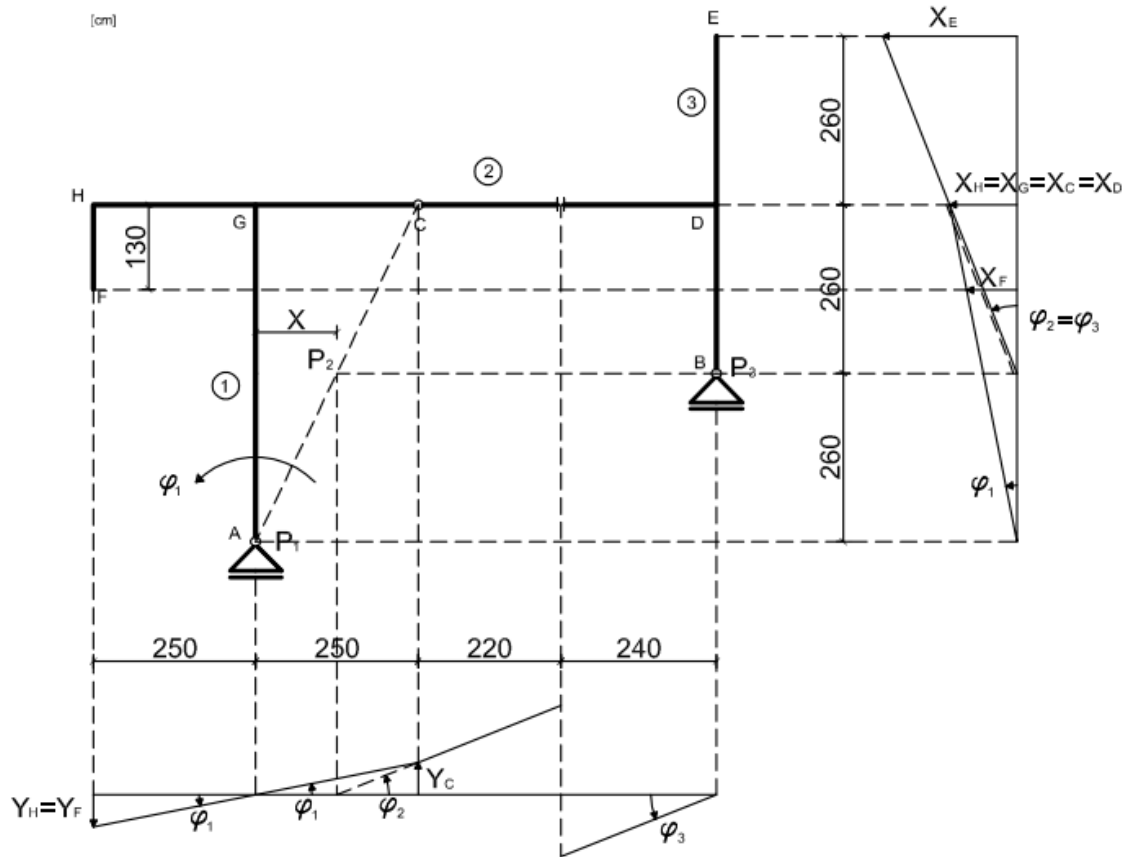
Kutna brzina je brzina kružnog gibanja tijela oko neke fiksne točke, a dana je jednačinom:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

Koja je analogna jednačini brzine kod gibanja tijela u prostoru

Dakle, tijelo rotira kutnom brzinom ω oko neke točke tako da se u vremenu dt otkloni za kut $d\varphi$ oko te iste točke.

Standardan mjerna jedinica za kutnu brzinu je radijan u sekundi (rad/s).



ODREĐIVANJE X-a

$$\tan a_A = \frac{5.2}{2.5} \rightarrow a_A = 64.32$$

$$\tan a_A = \frac{y}{x} \rightarrow x = \frac{y}{\tan a_A}$$

$$x = \frac{2.6}{\tan(64.32)} = 1.25 \text{ m}$$

PLANOVI POMAKA

PLAN VERTIKALNIH POMAKA

$$Y_H = \varphi_1 \times P_1H = 0.18 \times 2.5 = 0.45 \text{ m}$$

$$Y_F = \varphi_1 \times P_1F = 0.18 \times 2.5 = 0.45 \text{ m}$$

$$Y_G = \varphi_1 \times P_1G = 0.18 \times 0 = 0 \text{ m}$$

$$Y_C = \varphi_1 \times P_1C = 0.18 \times 2.5 = 0.45 \text{ m}$$

$$Y_C = \varphi_2 \times P_2C \rightarrow \varphi_2 \frac{Y_C}{P_2C} = \frac{0.45}{1.25} = 0.36 \text{ rad}$$

$$\varphi_2 = \varphi_3$$

$$Y_D = \varphi_3 \times P_3D = 0.36 \times 0 = 0 \text{ m}$$

$$Y_E = \varphi_3 \times P_3E = 0.36 \times 0 = 0 \text{ m}$$

PLAN HORIZONTALNI POMAKA

$$X_H = \varphi_1 \times P_1H = 0.18 \times 5.2 = 0.936 \text{ m}$$

$$X_F = \varphi_1 \times P_1F = 0.18 \times 3.9 = 0.702 \text{ m}$$

$$X_G = \varphi_1 \times P_1G = 0.18 \times 5.2 = 0.936 \text{ m}$$

$$X_C = \varphi_1 \times P_1C = 0.18 \times 5.2 = 0.936 \text{ m}$$

$$X_C = \varphi_2 \times P_2C \rightarrow \varphi_2 \frac{Y_C}{P_2C} = \frac{0.936}{2.6} = 0.36 \text{ rad}$$

$$\varphi_2 = \varphi_3$$

$$X_D = \varphi_3 \times P_3D = 2.6 \times 0 = 0.936 \text{ m}$$

$$X_E = \varphi_3 \times P_3E = 5.2 \times 0 = 1.872 \text{ m}$$

POMACI TOČKA

POMACI TOČAKA

$$S_H = \sqrt{X_H^2 + Y_H^2} = \sqrt{0.936^2 + 0.45^2} = 1.04 \text{ m}$$

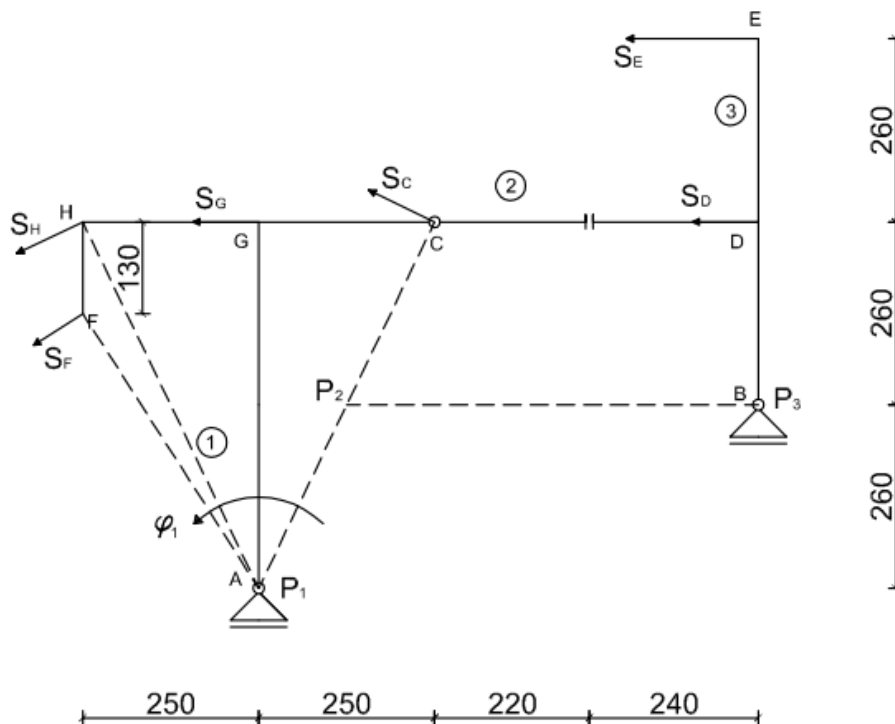
$$S_F = \sqrt{X_F^2 + Y_F^2} = \sqrt{0.702^2 + 0.45^2} = 0.83 \text{ m}$$

$$S_G = \sqrt{X_G^2 + Y_G^2} = \sqrt{0.936^2 + 0^2} = 0.936 \text{ m}$$

$$S_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = \sqrt{0.936^2 + 0.45^2} = 1.04 \text{ m}$$

$$S_D = \sqrt{X_D^2 + Y_D^2} = \sqrt{0.936^2 + 0^2} = 0.936 \text{ m}$$

$$S_E = \sqrt{X_E^2 + Y_E^2} = \sqrt{1.872^2 + 0^2} = 1.872 \text{ m}$$



KONTROLA REZULTATA

KONTROLA REZULTATA RAČUNSKI

$$S_H = \varphi_1 \times P_1 H = 0.18 \times \sqrt{2.5^2 \times 5.2^2} = 1.04 \text{ m}$$

$$S_F = \varphi_1 \times P_1 F = 0.18 \times \sqrt{2.5^2 \times 3.9^2} = 0.83 \text{ m}$$

$$S_G = \varphi_1 \times P_1 G = 0.18 \times \sqrt{0^2 \times 5.2^2} = 0.936 \text{ m}$$

$$S_C = \varphi_1 \times P_1 C = 0.18 \times \sqrt{2.5^2 \times 5.2^2} = 1.04 \text{ m}$$

$$S_C = \varphi_2 \times P_2 C \Rightarrow \varphi_2 = \frac{S_C}{P_2 C} = \frac{1.04}{\sqrt{1.25^2 \times 2.6^2}} = 0.36 \text{ rad}$$

$$\varphi_2 = \varphi_3 = 0.36 \text{ rad}$$

$$S_D = \varphi_3 \times P_3 D = 0.36 \times \sqrt{0^2 \times 2.6^2} = 0.936 \text{ m}$$

$$S_E = \varphi_3 \times P_3 E = 0.36 \times \sqrt{0^2 \times 5.2^2} = 1.872 \text{ m}$$

Literatura

Dr.sc.-A. Jurić- Mehanika I (Statika)

Dr.sc.-A. Jurić- Mehanika I I (Kinematika i dinamika)