TEHNIČKA MEHANIKA I

8. PREDAVANJE

REŠETKASTI NOSAČI

Str 223-242 knjiga   Poglavlje 10.3 – Rešetke u ravni

ŠTA ĆEMO NAUČITI U OVOM POGLAVLJU?

- **Pored punih nosača, postoje i rešetkasti**
- **Ako svi štapovi rešetke leže u jednoj ravni, onda je rešetka ravna, u protivnom je prostorna**
- **Određivanje sila u štapovima rešetke primenom metode čvorova i metode preseka**

Str 223-242 knjiga Poglavlje 10.3 – Rešetke u ravni

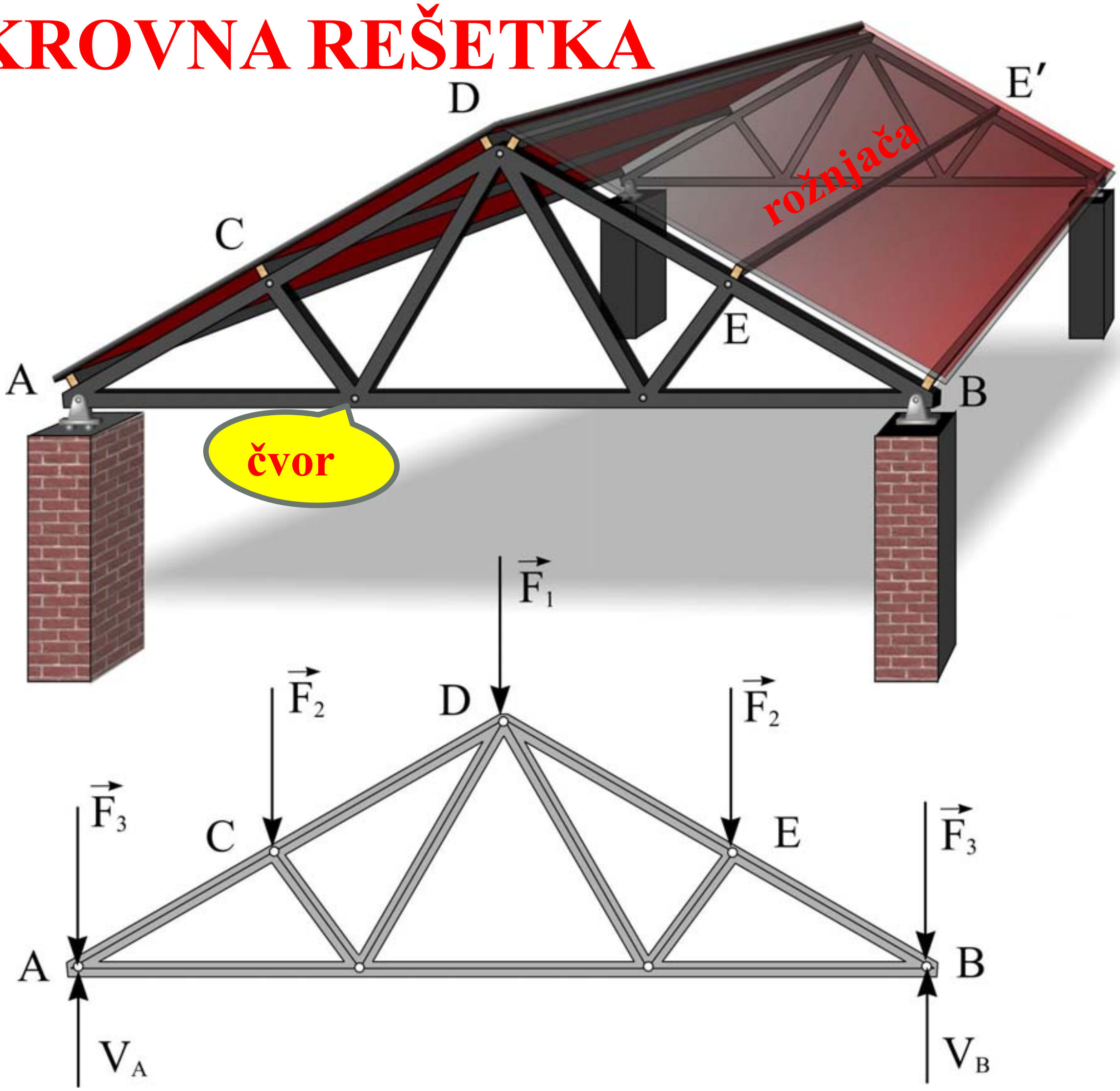
REŠETKE U RAVNI

Rešetkastim nosačem – rešetkom se naziva kruta konstrukcija sastavljena od pravih štapova, koji su krajevima međusobno zglobno spojeni.

Ako svi štapovi rešetke leže u jednoj ravni, onda je rešetka ravna, u protivnom slučaju je prostorna.

Ravne rešetke se često koriste kod krovova i mostova.

KROVNA REŠETKA



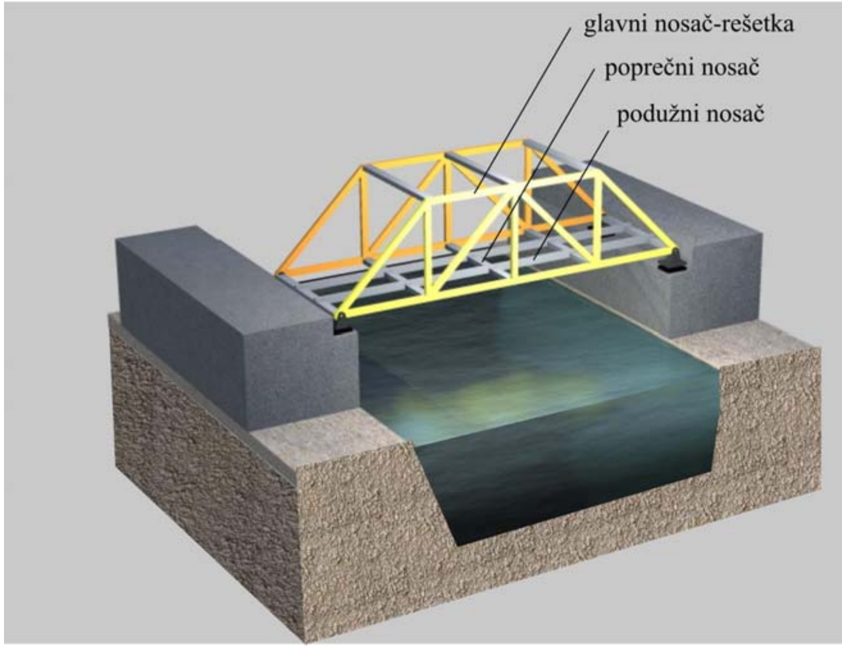
Opterećenje krova se prenosi na rešetku u njenim čvorovima preko rožnjača

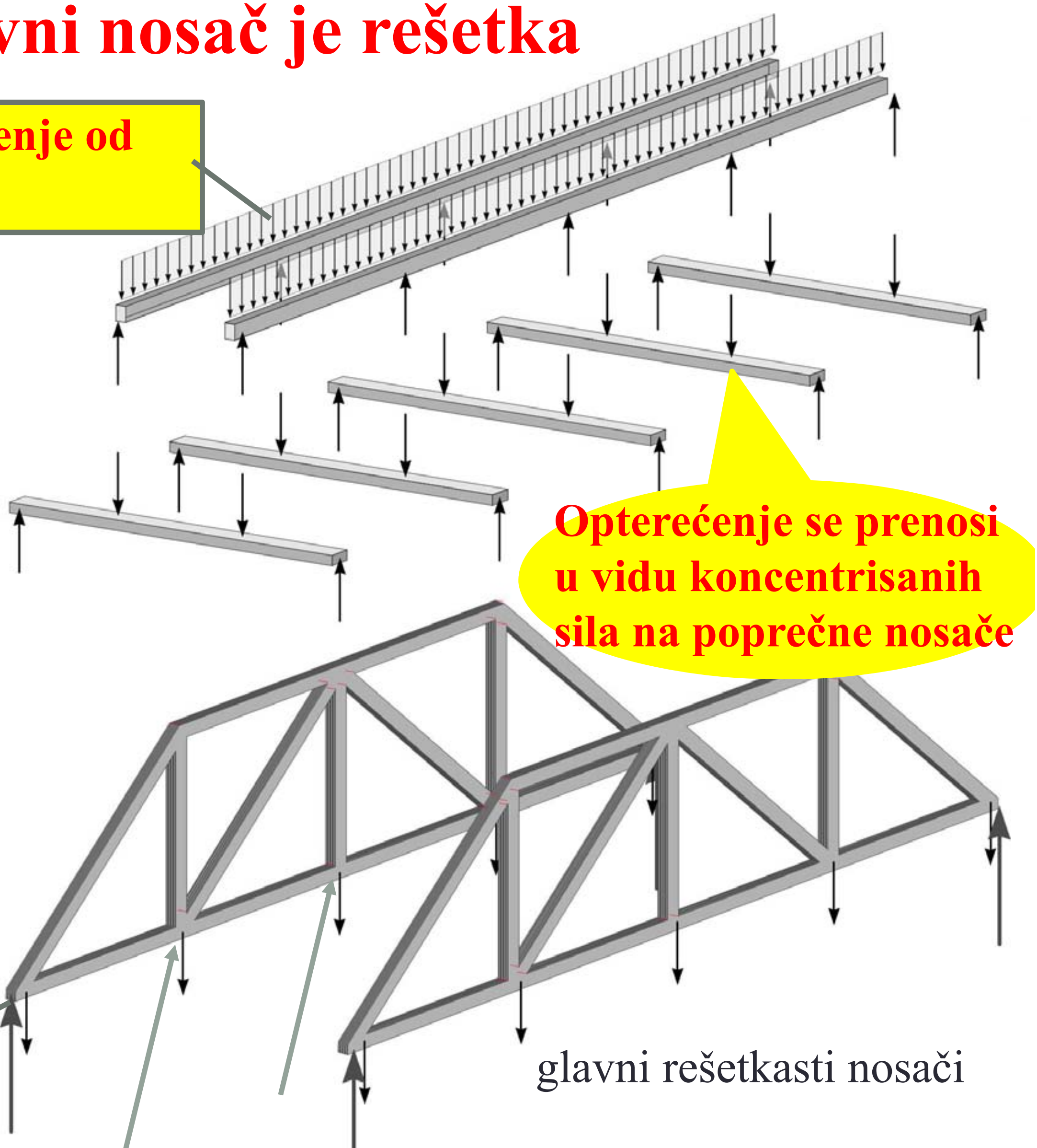
Proračun reakcija veza i sila u štapovima rešetke je problem ravnoteže sistema sila u ravni

Opterećenje je u ravni rešetke.

MOST – glavni nosač je rešetka

Podužni nosači primaju opterećenje od kolovozne konstrukcije





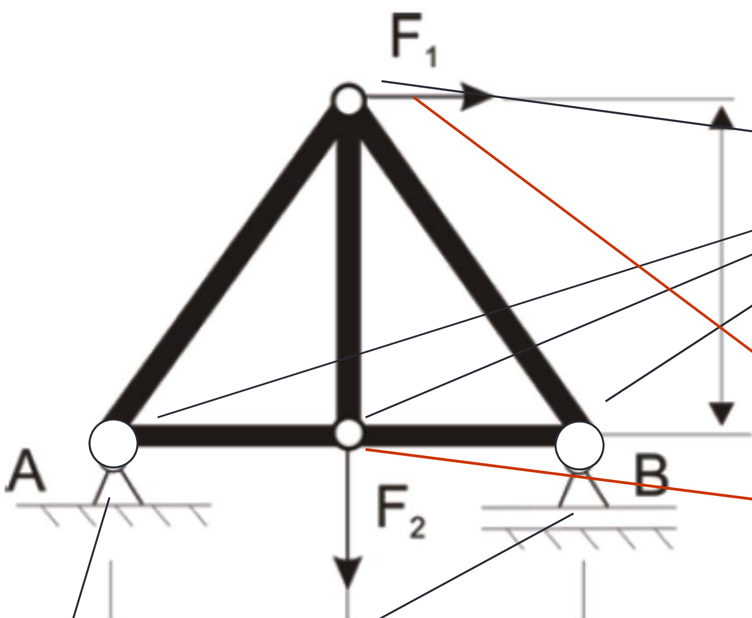
Opterećenje se prenosi u vidu koncentrisanih sila na poprečne nosače

Poprečni nosači su povezani sa glavnim rešetkastim nosačima u čvorovima na koje prenose opterećenje.

Karakteristike rešetki

Uslovi koji moraju da budu ispunjeni:

- **Sva spoljašnja opterećenja deluju samo u čvorovima rešetke.**
- **Težine štapova rešetke se zanemaruju, jer je opterećenje koje oni nose veliko u poređenju sa njihovom težinom. Ako se težina elemenata rešetke uzima u obzir, uglavnom je zadovoljavajuće da se njihova težina nanese kao vertikalna sila, i to polovina težine u jedan čvor, a polovina u drugi.**
- **Štapovi su međusobno povezani idealnim zglobovima (zanemaruje se trenje u zglobovima – čvorovima rešetke).**
- **Oslonci su samo u čvorovima.**
- **Kod rešetke postoje samo pravi štapovi.**

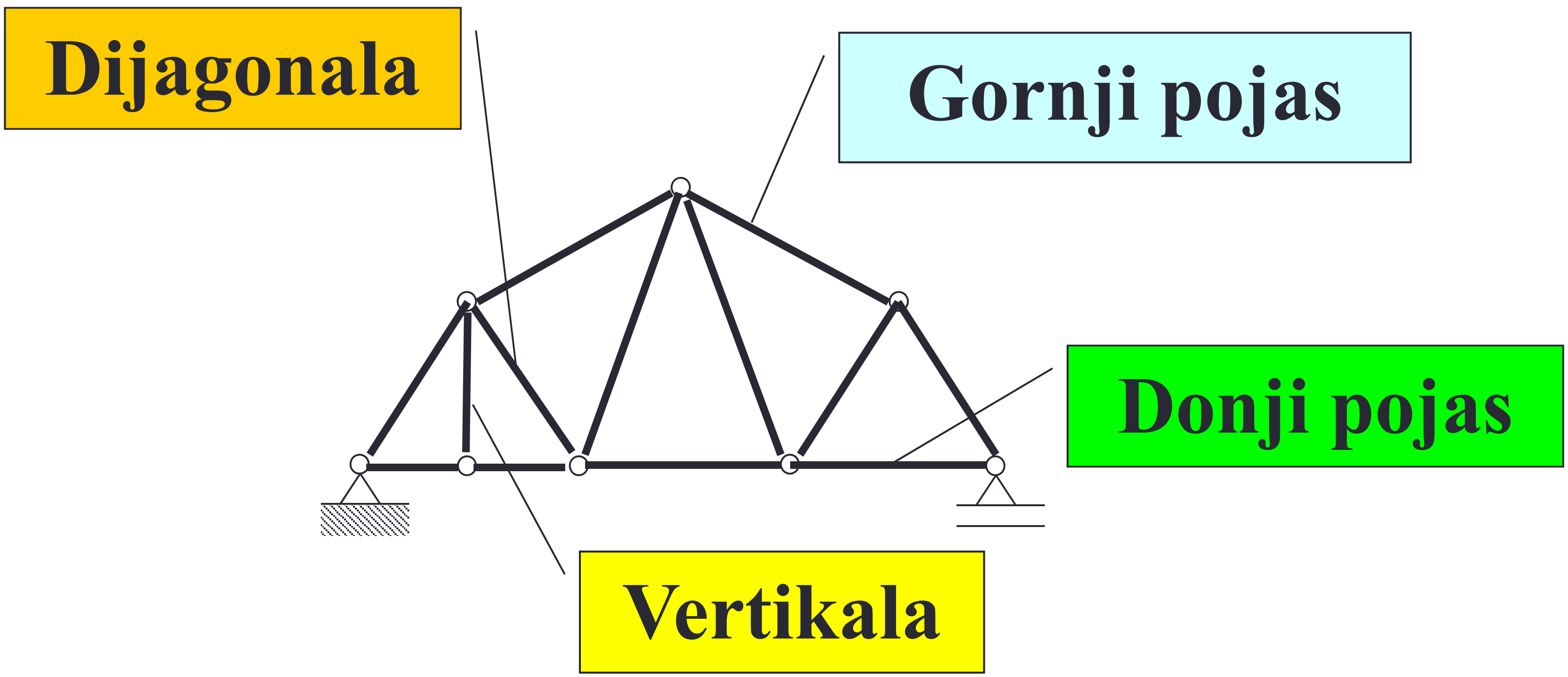


Mesta spajanja štapova se zovu čvorovi rešetke.

Sva spoljašnja opterećenja koja deluju na rešetku nanose se samo u čvorovima rešetke.

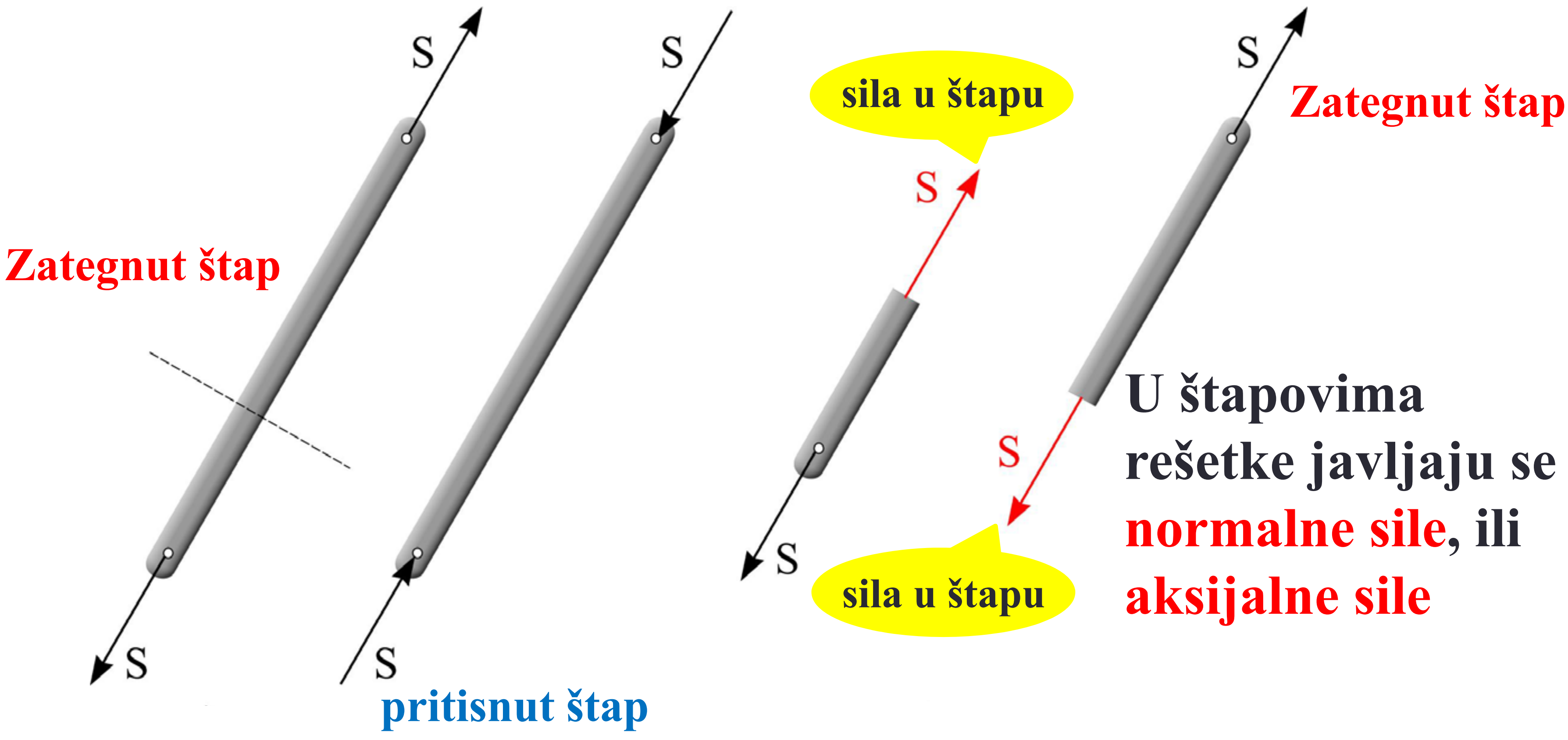
Rešetkasti nosač može biti vezan za podlogu pokretnim osloncem i nepokretnim osloncem, oslonci su u čvorovima.

Elementi rešetke:



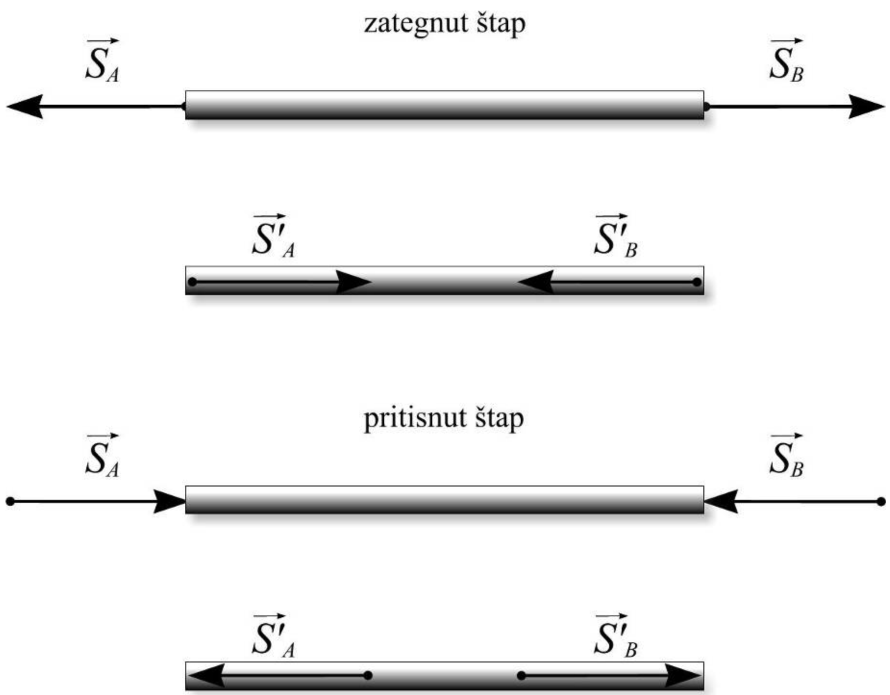
Na osnovu ovih pretpostavki, na svaki štap rešetke deluju samo dve sile na krajevima štapa i pri ravnoteži, na osnovu A 2, te sile moraju da budu istog intenziteta i pravca (u ovom slučaju pravac ose štapa) i suprotnog smera. Prema tome, štapovi rešetke mogu biti opterećeni silama koje zatežu ili pritiskaju štap.

svaki štap rešetke ponaša kao prost štap



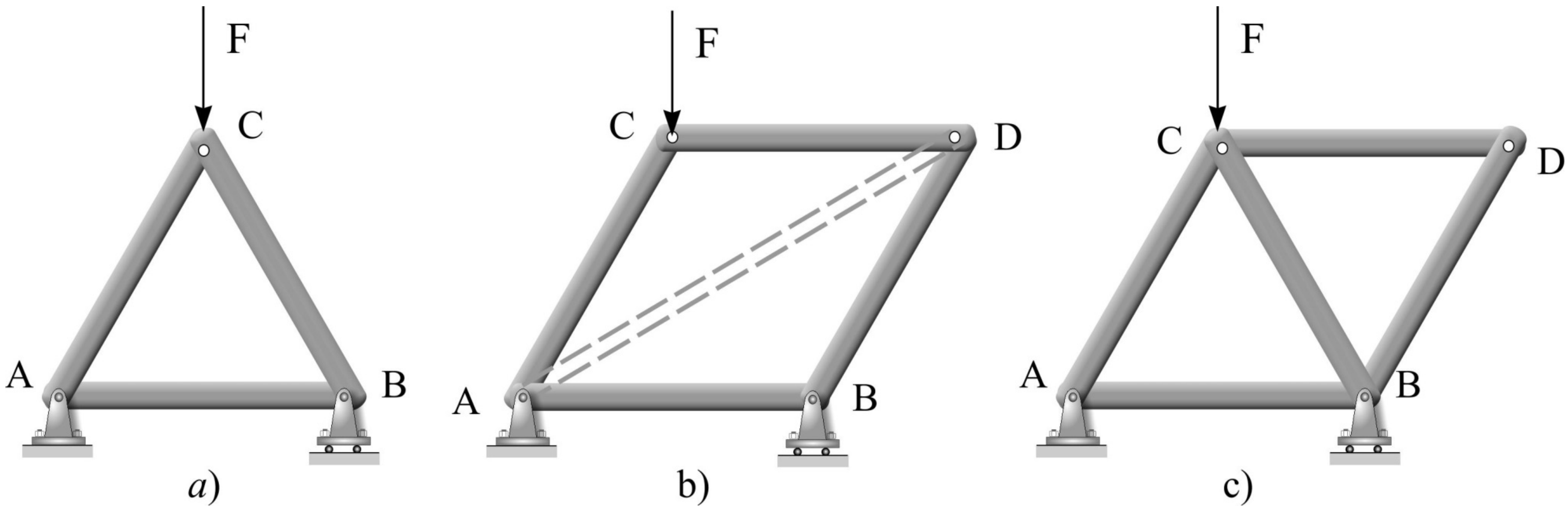
U štapovima rešetke javljaju se normalne sile, ili aksijalne sile

Sila u štapu - aksijalna ili normalna sila je istog intenziteta i pravca, suprotnog smera od sile u čvoru



Za sile u štapovima uzima se znak *plus* ako je štap zategnut, a znak *minus* ako je pritisnut

Rešetka je kruta, ako se rastojanja između njenih čvorova ne mogu menjati.



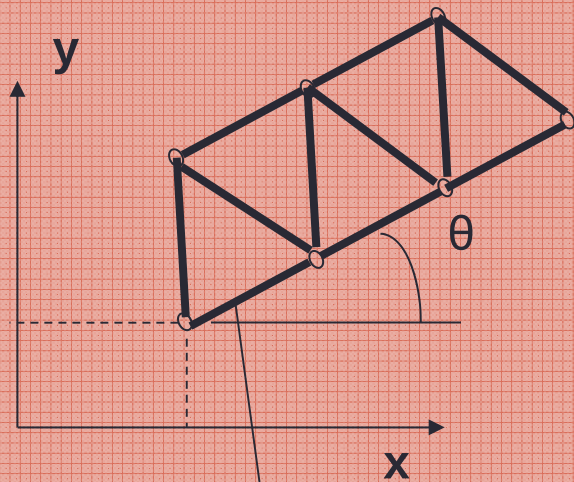
Najjednostavniji primer nepromenljive figure je trougao (tri štapa međusobno povezana zglobovima)

Četvorougao ima promenljivu formu

Formiranje rešetke dodavanjem po dva štapa koji čine novi trougao

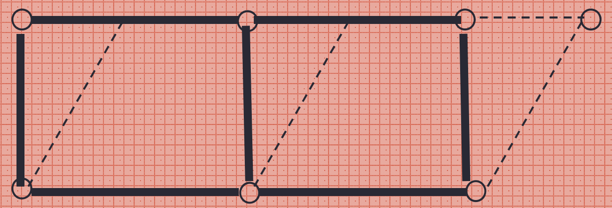
Rastojanja između bilo koja dva čvora rešetke moraju da budu konstantna

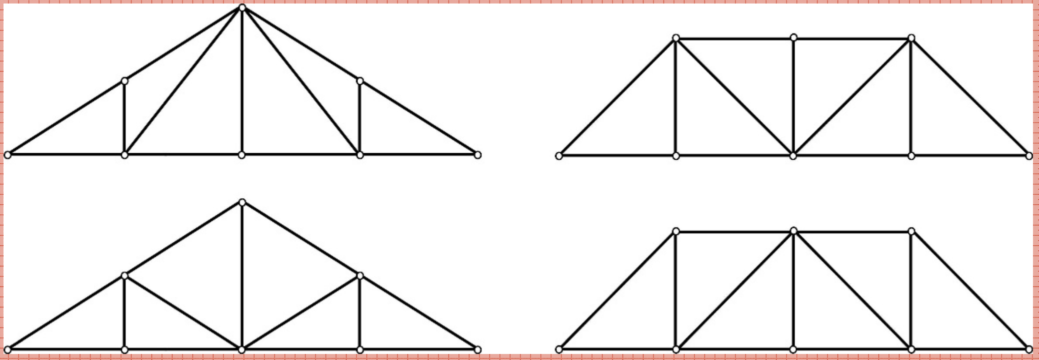
Rešetka u ravni je kruta ako je sastavljena iz trouglova.



Kruta rešetka

Labilna rešetka



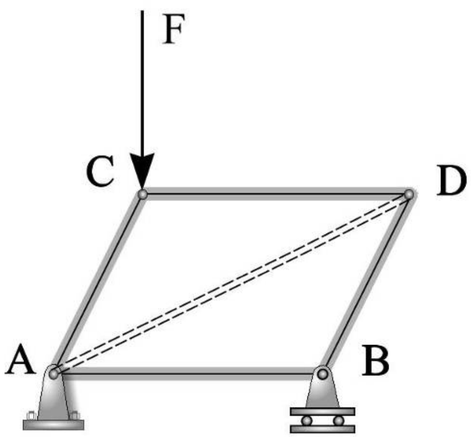


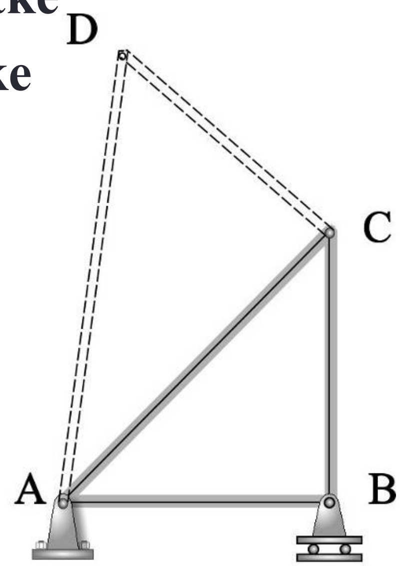
Zavisnost između broja štapova s i broja čvorova n

Oznake:

n- broj čvorova rešetke

s-broj štapova rešetke



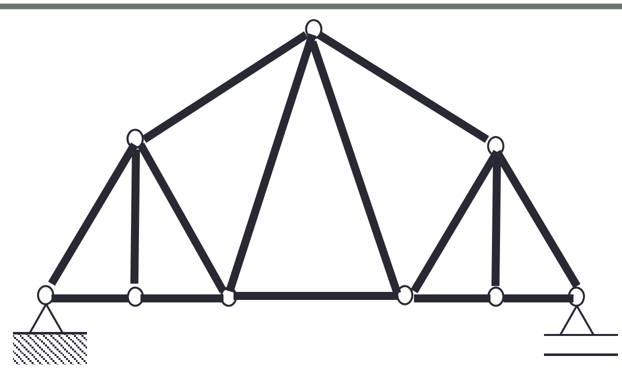


Polazi se od jednog trougla, kao osnovnog nosača, koji čine tri štapa i tri čvora.
Da bi se formirao svaki sledeći čvor, potrebna su još po dva štapa.

$$s = 3 + 2(n - 3) = 2n - 3$$

$s < 2n - 3$ → **Rešetka nije kruta**

$s > 2n - 3$ → **Rešetka sa suvišnim štapovima – statički neodređena**



n=9, s=15

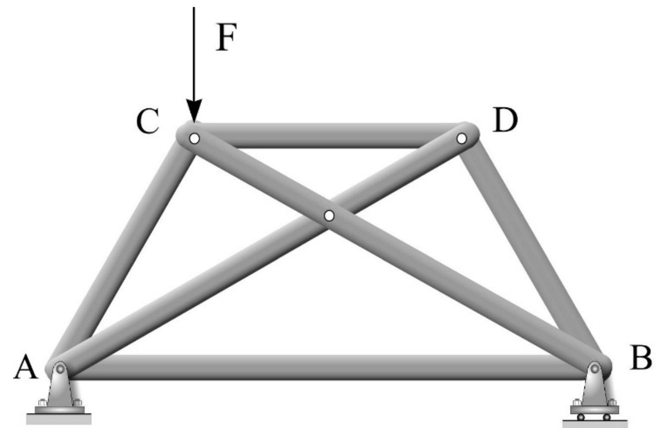
2n-3=18-3=15=s

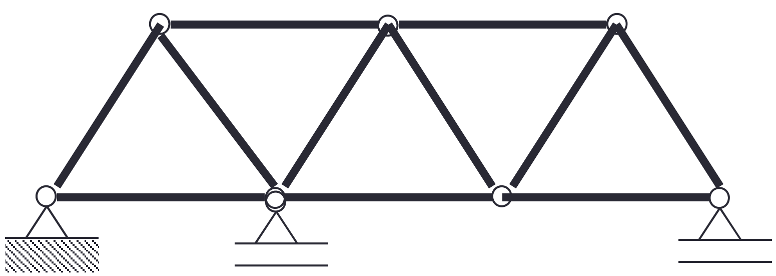
$$s = 3 + 2(n-3) = 2n - 3$$

Rešetkasti nosač je statički određen

$$s > 2n - 3$$

Rešetkasti nosač je statički neodređen – ima suvišne štapove



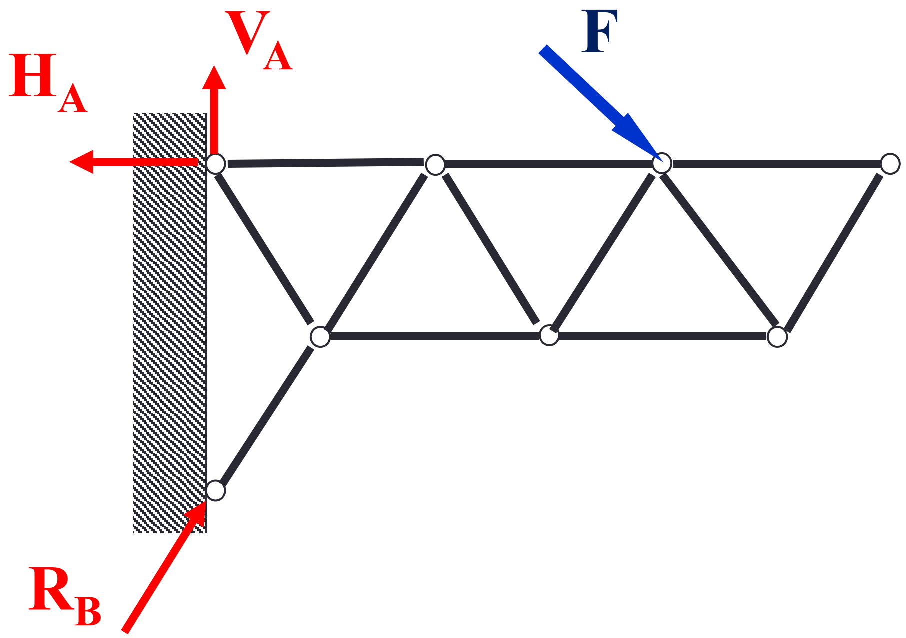


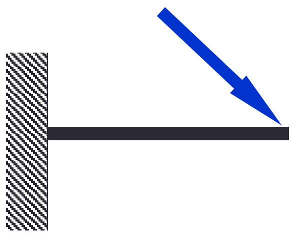
Rešetkasti nosač je statički neodređen – ima suvišne (prekobrojne) veze

Proračun rešetke se svodi na određivanje reakcija oslonaca i sila u štapovima rešetke.

Prvo se odrede reakcije oslonaca, posmatrajući rešetku kao kruto telo, a zatim se određuju sile u štapovima rešetke.

Određivanje reakcija veza kod rešetkastih nosača





Reakcije se određuju kao i kod punih nosača.

ODREĐIVANJE SILA U ŠTAPOVIMA KOD REŠETKASTIH NOSAČA

Postoje dve metode za određivanje sila u štapovima: metoda čvorova i metoda preseka, pri čemu one mogu biti analitičke i grafičke:

1. METODA ČVOROVA:

- **Analitički, odnosno grafički postupak, koji se zasniva na korišćenju uslova ravnoteže sistema sučeljnih sila koje dejstvuju u jednom čvoru;**
- **Kremonina grafička metoda.**

2. METODA PRESEKA:

- **Riterova analitička metoda;**
- **Kulmanova grafička metoda.**

ODREĐIVANJE SILA U ŠTAPOVIMA REŠETKE PRIMENOM METODE ČVOROVA

METODA RAVNOTEŽE ČVOROVA – ANALITIČKI POSTUPAK

Postupak se zasniva na metodi isecanja čvorova, postupno odvajajući od rešetke svaki čvor i posmatrajući ravnotežu štapova koji su vezani u tom čvoru. Polazi se od čvora u kome su vezana samo dva štapa, jer se radi o sistemu sučeljnih sila, a uslove ravnoteže čine dve jednačine:

$$\sum X = 0, \quad \sum Y = 0$$

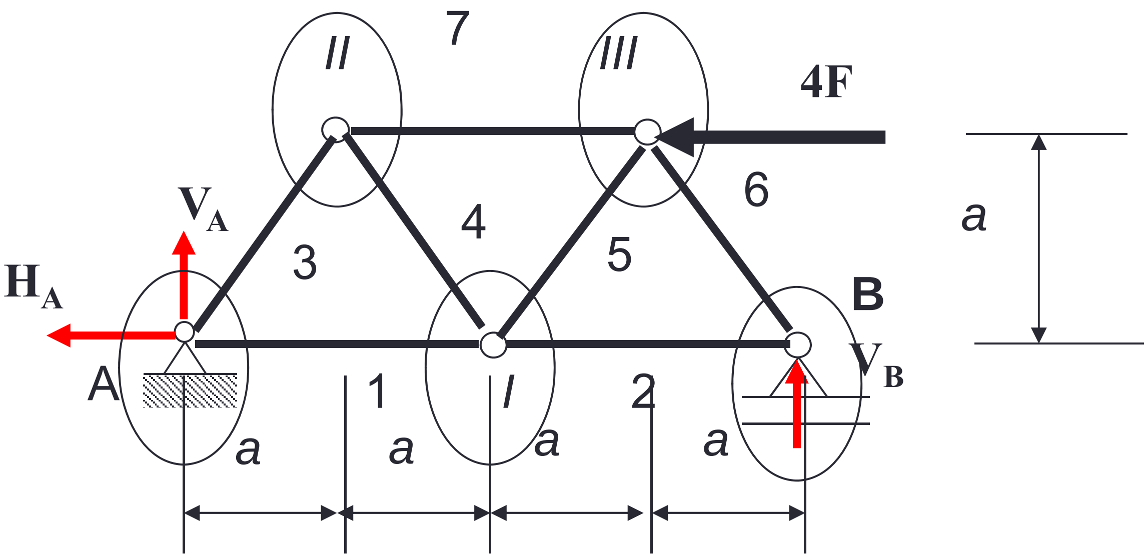
METODA RAVNOTEŽE ČVOROVA – GRAFIČKI POSTUPAK

Kako na svaki čvor rešetke deluje sistem sučeljnih sila, dovoljan uslov da bi pojedinačni čvor rešetke bio u ravnoteži je da **poligon sila bude zatvoren.**

Polazi se od čvora u kome su vezana samo dva štapa.

Crta se onoliko poligona sila koliko ima čvorova i pri tome se sila u svakom štapu pojavljuje po dva puta. To je ujedno i glavni nedostatak ove metode.

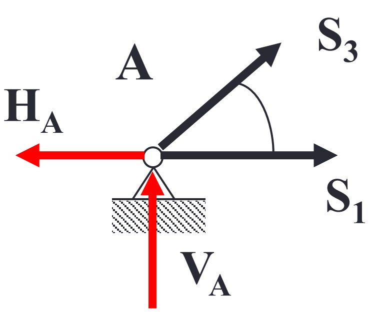
METODA RAVNOTEŽE ČVOROVA – ANALITIČKI POSTUPAK



$\sin 45^0 = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707$

Dirketno postavljanje uslova ravnoteže čvorova-
-analitički način (isecanje čvorova):

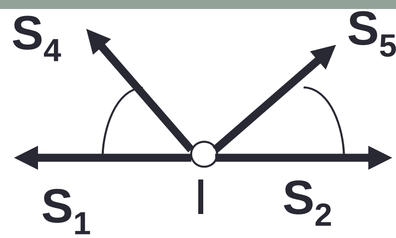
Čvor A:



(1) $\Sigma X=0$: $-H_A+S_1+0.707S_3=0$

(2)$\Sigma Y=0$: $V_A+0.707S_3=0$

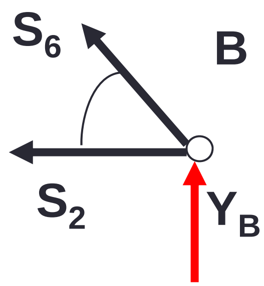
Čvor I:



$(3) \Sigma X=0: -S_1+S_2+0.707(S_5-S_4)=0$

$(4) \Sigma Y=0: 0.707S_4+0.707S_5=0$

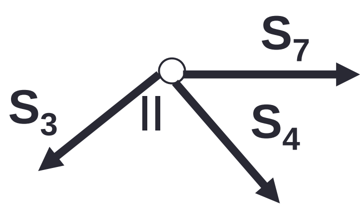
Čvor B:



$(5) \Sigma X=0: -0.707S_6-S_2=0$

$(6) \Sigma Y=0: 0.707S_6+V_B=0$

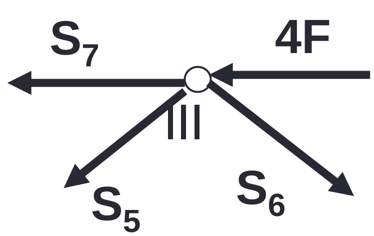
Čvor II:



$(7) \Sigma X=0: 0.707(S_4-S_3)+S_7=0$

$(8) \Sigma Y=0: -0.707(S_3+S4)=0$

Čvor III:

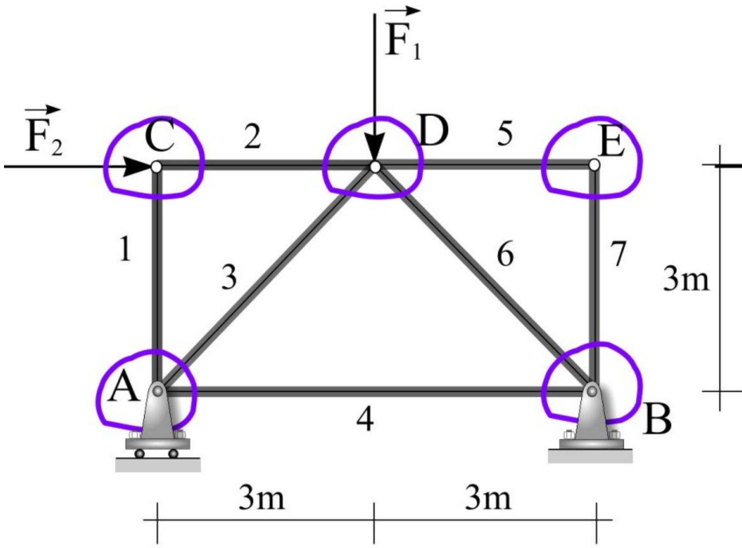


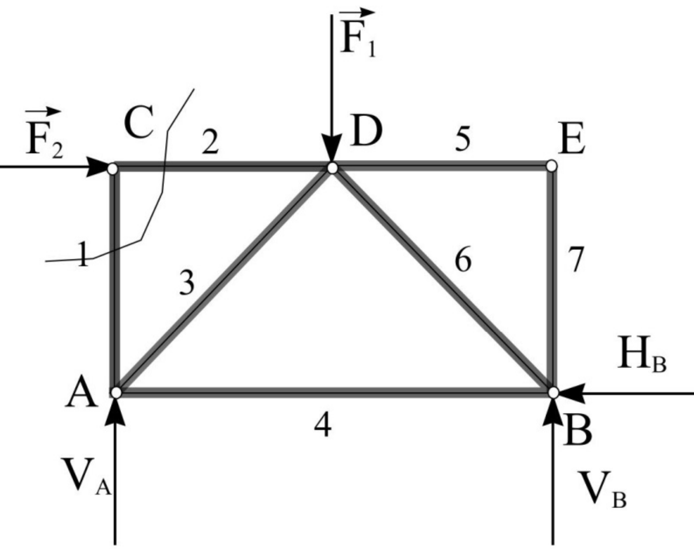
$(9) \Sigma X=0: 0.707(S_6-S_5)-S_7-4F=0$

$(10) \Sigma Y=0: -0.707(S_5+S_6)=0$

10 jed; 10 nepoznatih: S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, H_A, V_A, V_B

Za rešetkasti nosač opterećen silama F_1=5 kN i F_2=4 kN, odrediti sile u svim štapovima primenom metode ravnoteže čvorova analitičkim i grafičkim putem.





s=7

n=5

s = 2n-3

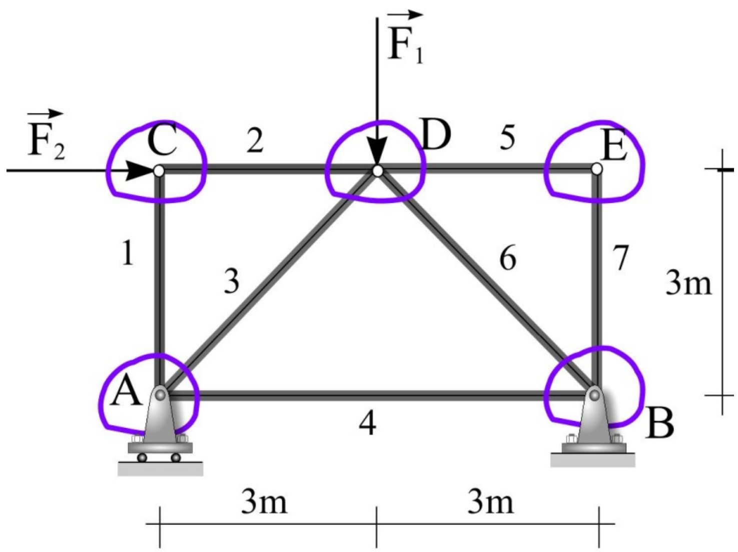
7=2·5-3

Rešetka je statički određena

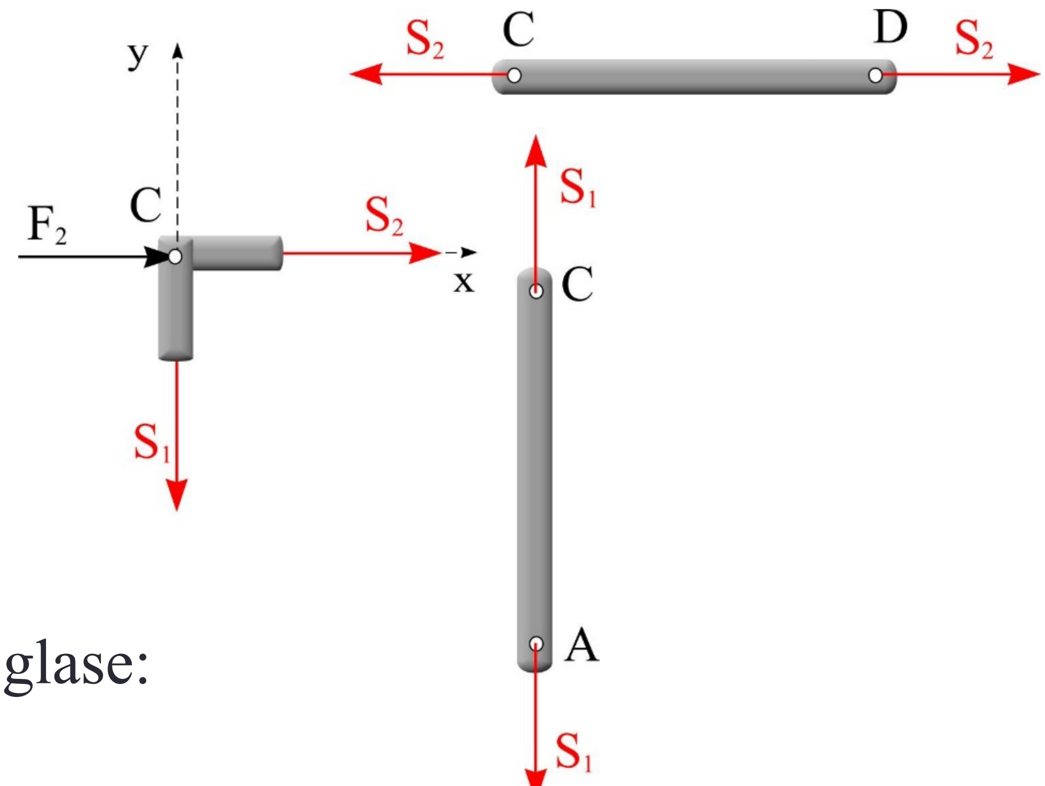
Jednačine ravnoteže glase:

$$\left.\begin{aligned} &\sum X = 0 \;\rightarrow\; F_2 - H_B = 0, \\ &\sum Y = 0 \;\rightarrow\; V_A + V_B - F_1 = 0, \\ &\sum M_B = 0 \;\rightarrow\; -6V_A + 3F_1 - 3F_2 = 0, \end{aligned}\right\} \quad H_B = F_2 = 4\,\text{kN}, \quad V_A = 0{,}5\,\text{kN}, \quad V_B = 4{,}5\,\text{kN}$$

Polazi se od čvora u kome su vezana samo dva štapa, štapovi se preseku blizu čvora i postave se unutrašnje sile u štapovima. Aksijalne sile su u pravcu štapa, a njihov smer je proizvoljan. **Najbolje je uvek pretpostaviti da je štap zategnut.**



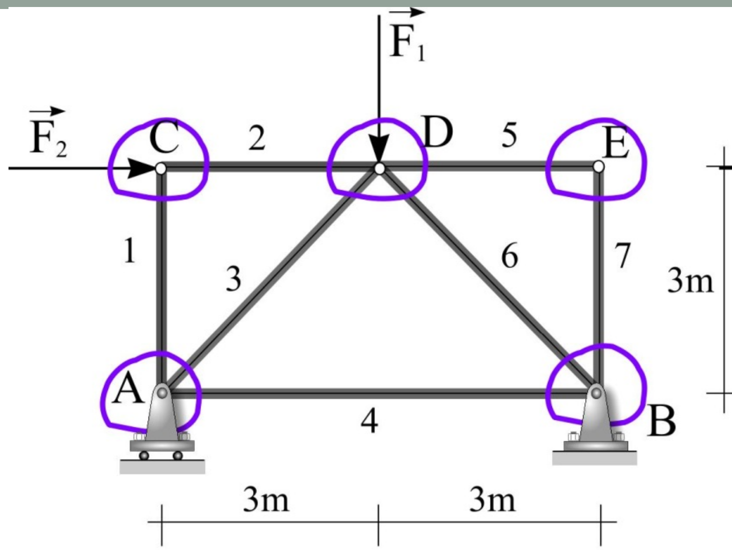
Polazi se od čvora C (ili čvora E) na koji deluje sila F_2=5 kN i sile u štapovima 1 i 2, odnosno S_1 i S_2



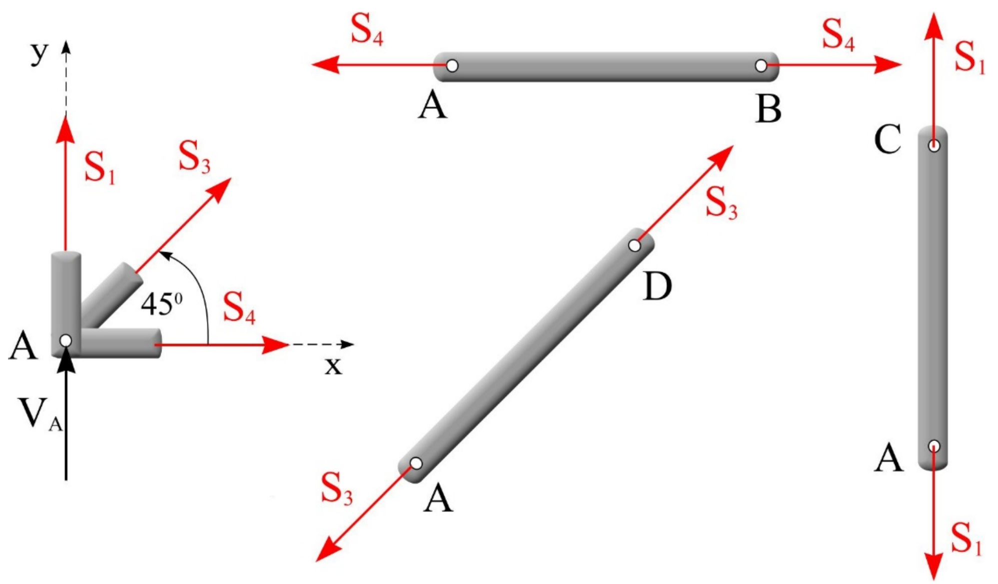
Jednačine ravnoteže za čvor C glase:

$$\left.\begin{aligned}\sum X = 0 \;&\rightarrow\; S_2 + F_2 = 0,\\ \sum Y = 0 \;&\rightarrow\; -S_1 = 0,\end{aligned}\right\}\quad \boxed{S_2 = -F_2 = -4\text{kN},\;\; S_1 = 0}$$

Štap 2 je pritisnut, dok je štap 1 nenapregnut – nulti štap.



Sada se analizira sledeći čvor u kome su nepoznate sile u dva štapa. Kako je sila u štapu 1 određena iz ravnoteže čvora C, sledeći čvor je A (u čvoru D pored štapa 1 vezana su još tri štapa 3, 5 i 6). Presecaju se štapovi 1, 3 i 4 i postavljaju se sile S_1, S_3 i S_4 u tim štapovima, pri čemu treba voditi računa da je sila u štapu 1 sada suprotnog smera.

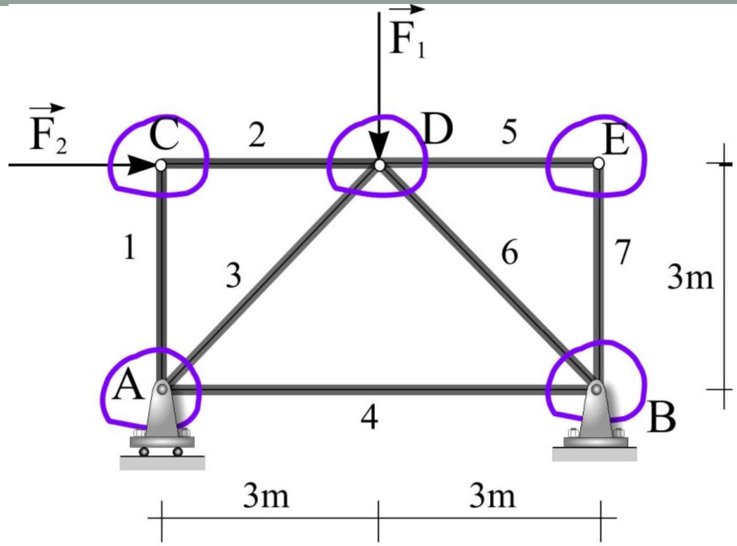


$$\sum X = 0 \quad \rightarrow \quad S_4 + S_3 \cos 45^0 = 0,$$

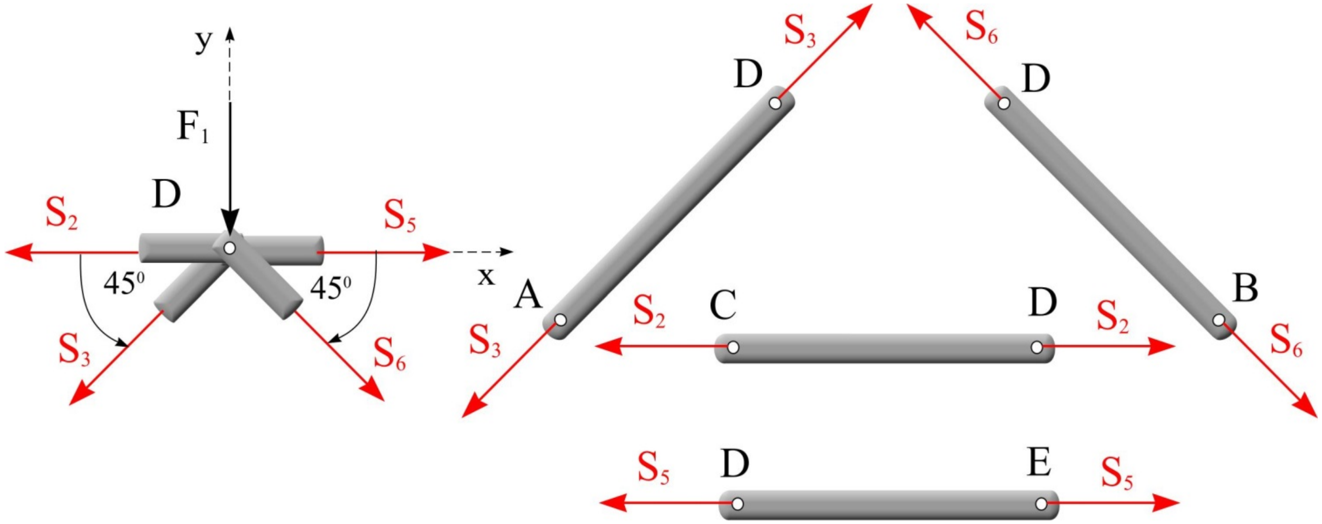
$$\sum Y = 0 \quad \rightarrow \quad S_1 + S_3 \sin\alpha + V_A = 0,$$

$$S_3 = -0,5\sqrt{2}\,\text{kN}, \;\; S_4 = 0,5\,\text{kN},$$

Štap 3 je pritisnut, a štap 4 zategnut.



Sledeći čvor je D, na koji deluje vertikalna sila F_1. Sile u štapovima 2 i 3 su određene iz ravnoteže čvorova C i A, pa treba odrediti samo dve nepoznate sile u štapovima 5 i 6.

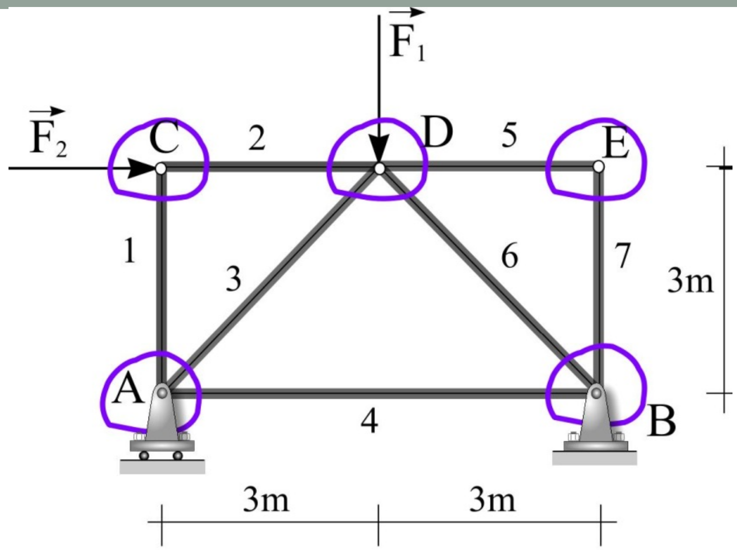


$$\sum X = 0 \quad \rightarrow \quad S_5 + S_6 \cos 45^0 - S_2 - S_3 \cos 45^0 = 0,$$

$$\sum Y = 0 \quad \rightarrow \quad -S_3 \sin 45^0 - S_6 \sin 45^0 - F_1 = 0.$$

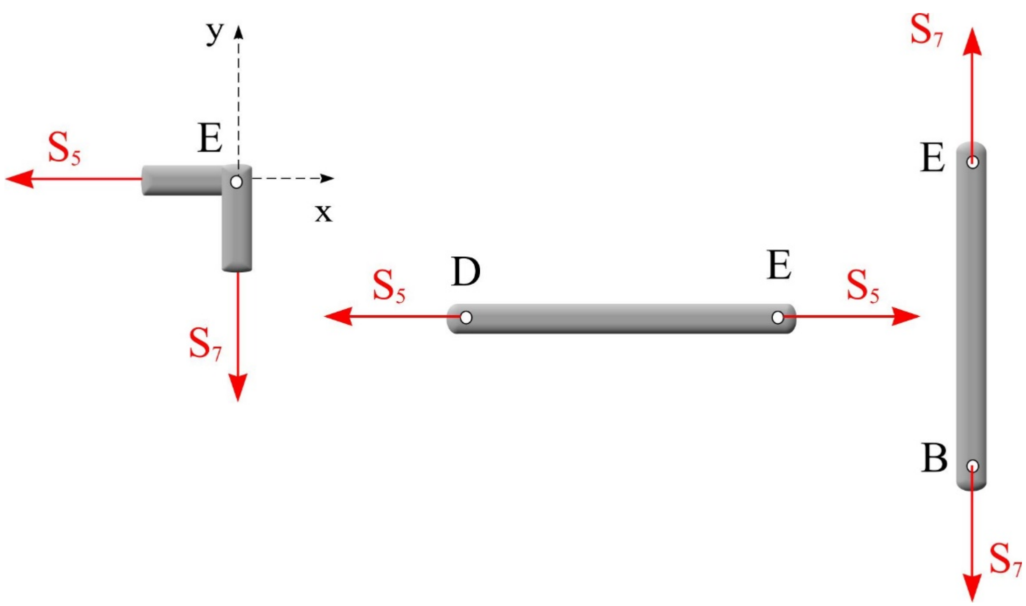
$$S_6 = -4,5\sqrt{2}\,\text{kN}, \;\; S_5 = 0.$$

Štap 6 je pritisnut, a sila u štapu 5 je jednaka nuli.



Ostalo je da se odredi samo sila u štapu 7, što je moguće iz ravnoteže čvora B ili čvora E. Ovde je odabran čvor E, jer su u njemu vezana samo dva štapa. Kako se radi o jednoj nepoznatoj, dovoljna je jedna jednačina ravnoteže:

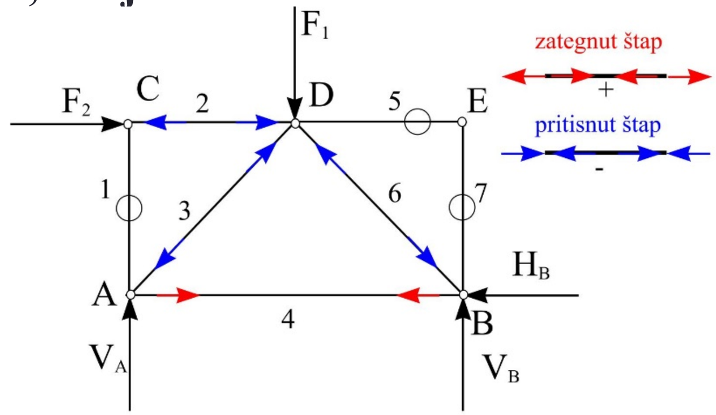
$$\sum Y = 0 \;\rightarrow\; -S_7 = 0$$



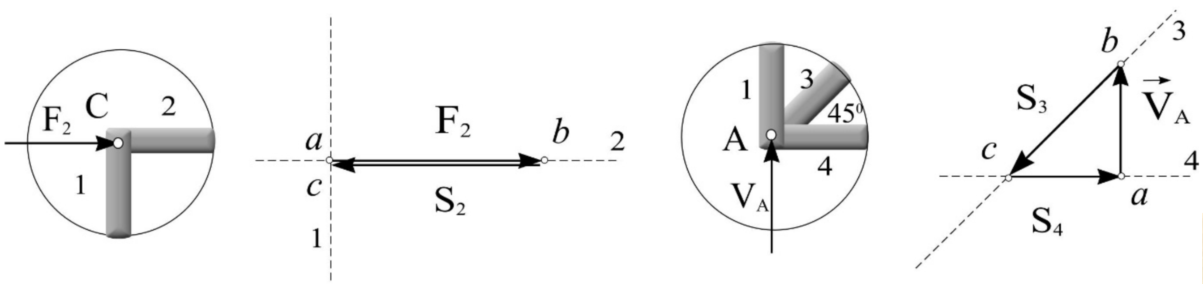
Štap 7 je nenapregnut - nulti štap.

Ako su u čvoru vezana dva štapa, a ne deluje nikakva spoljašnja sila, kao što je to, na primer, čvor E, oba štapa su nulta.

Grafičkim putem metodom čvorova zadatak se rešava tako što se u usvojenoj razmeri za sile, polazeći od čvora sa najviše dve nepoznate, formiraju zatvoreni poligoni sila, što je uslov da čvor bude u ravnoteži.

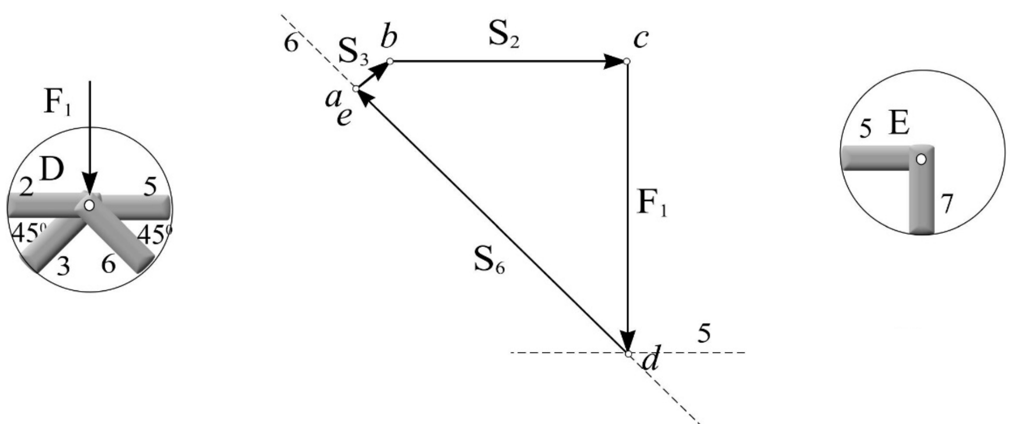


Usvoji se razmera za $\mathbf{u_L}$ za dužine i nacrta rešetka, a zatim se u usvojenoj razmeri za sile $\mathbf{u_F}$ formira trougao sila za prvi analizirani čvor, u ovom slučaju čvor C, na koji deluje sila F_2 i sile S_1 i S_2.



$$S_1 = u_F \overline{ac} = 0, \quad S_2 = u_F \overline{bc} = -4\,\text{kN}$$

$$S_3 = u_F \overline{bc} = -0{,}7, \quad S_4 = u_F \overline{ca} = 0{,}5\,\text{kN}$$



$$S_5 = u_F \cdot 0 = 0, \quad S_6 = u_F \overline{de} = -6{,}4\,\text{kN}$$

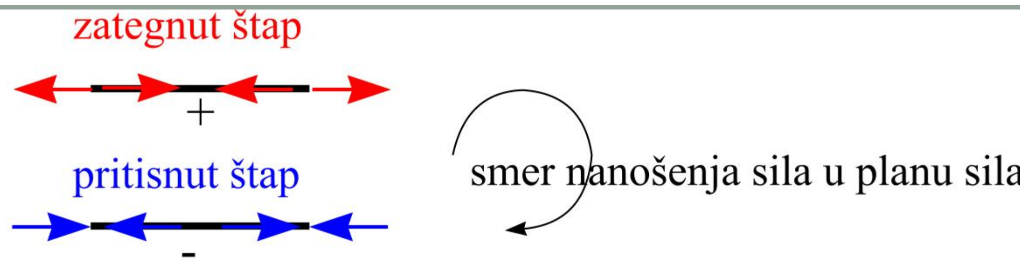
Maksvel Kremonin plan sila

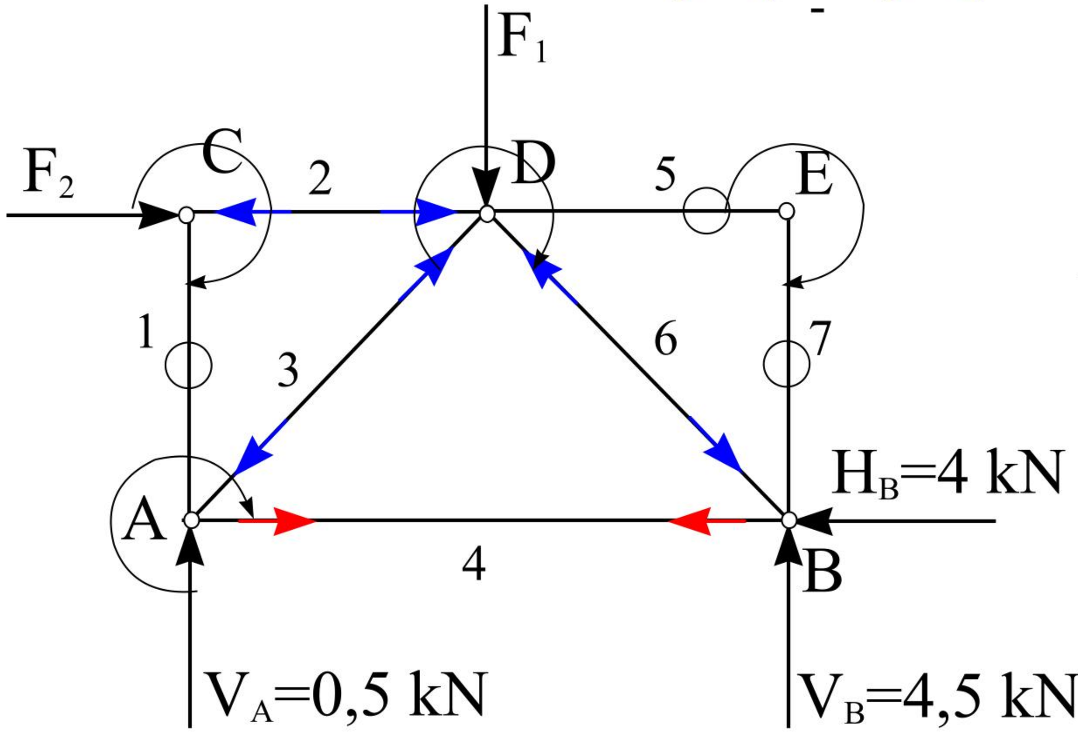
Prikazana metoda ravnoteže čvorova za određivanje sila u štapovima rešetke, bilo analitičkim, bilo grafičkim putem, je jednostavna, ali ona postaje veoma složena ako rešetka ima veliki broj štapova, jer se svaka od sila u štapovima pojavljuje dva puta u jednačinama ravnoteže, tj. u poligonima sila. Sem toga, poligona sila ima onoliko koliko ima čvorova u rešetki.

Određivanje sila u štapovima rešetke grafičkim putem može se sprovesti daleko preglednije i brže konstrukcijom *Kremoninog plana sila*.

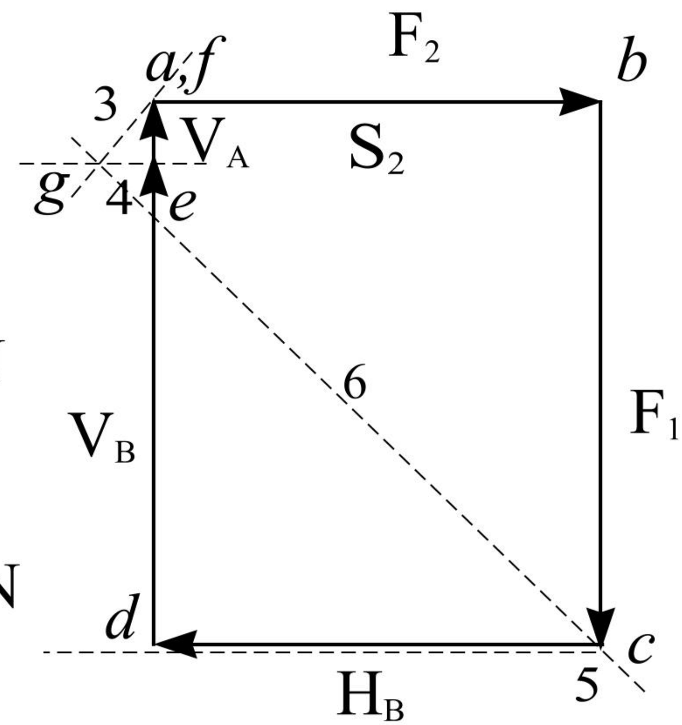
Postupak pri crtanju Kremoninog plana sila:

1) odrediti reakcije oslonaca rešetke;
2) konstruisati u izabranoj razmeri od svih spoljašnjih sila koje deluju na rešetku (aktivnih sila i reakcija veza) zatvoreni poligon sila. Pri tome sile se moraju nanositi onim redom u kome se one nalaze na rešetki obilazeći oko rešetke u smeru obrtanja kazaljke na časovniku;
3) na poligonu spoljašnjih sila nacrtati poligone sila za sve čvorove rešetke, počinjući od čvora u kome su vezana samo dva štapa. Konstrukciju poligona svakog čvora treba započeti poznatim silama i zatim nanositi sve ostale onim redom kojim se na njih nailazi kada se oko čvora obilazi u smeru obrtanja kazaljke na časovniku;
4) dobijene smerove sila u štapovima ucrtati u planu rešetke, a ne u Kremoninom dijagramu;
5) formirati tablicu u kojoj se unose očitane vrednosti sila u štapovima sa odgovarajućim znakom (zategnuti +, pritisnuti -).





a)



b)

štap	1	2	3	4	5	6	7
sila u kN +	0			0,5	0		0
sila u kN –	0	4	0,7		0	6,4	0

c)

ODREĐIVANJE SILA U ŠTAPOVIMA REŠETKE PRIMENOM METODE PRESEKA

Sile u štapovima rešetke se mogu odrediti presekom rešetke na određenom mestu, čime se ona podeli na dva zasebna dela, tako da se preseku najviše tri štapa.

Uticaj uklonjenog dela rešetke treba nadoknaditi silama u štapovima.

Odsečeni deo rešetke treba da bude u ravnoteži usled dejstva spoljašnjih sila koje deluju na taj deo rešetke – reakcija oslonaca i sila u presečenim štapovima.

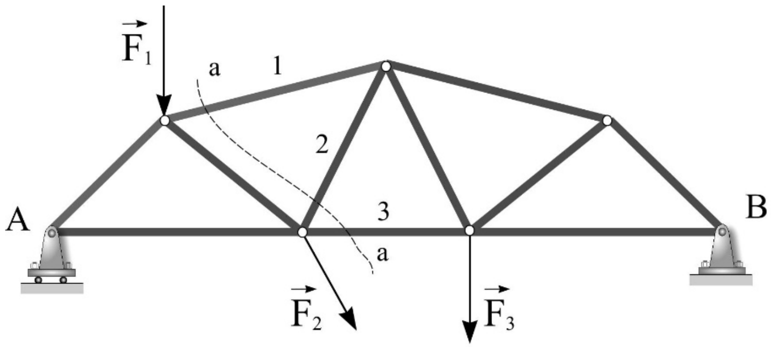
METODA RITERA

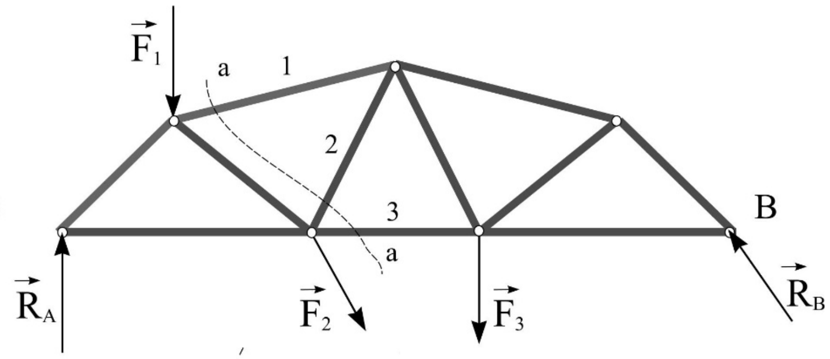
Metoda Ritera je analitička metoda.

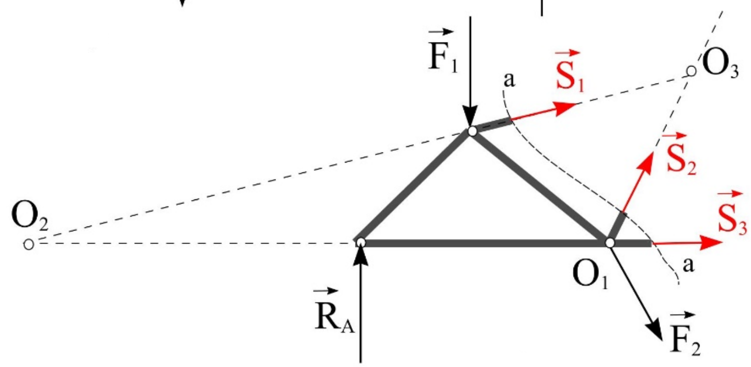
Na odsečeni deo rešetke (presek kroz tri štapa) treba primeniti treći oblik uslova ravnoteže – da je zbir momenata svih spoljašnjih sila koje deluju na odsečeni deo rešetke, reakcija oslonaca i sila u presečenim štapovima u odnosu na tri tačke, koje ne leže na istoj, pravoj jednak nuli.

Za momentne tačke biraju se tačke u kojima se seku pravci presečenih štapova. Na ovaj način se eliminišu po dve nepoznate sile u štapovima i dobijaju tri jednačine, od kojih je svaka samo sa po jednom nepoznatom. U slučaju da su dva štapa paralelna (seku se u beskonačnosti), primenjuje se drugi oblik uslova ravnoteže.

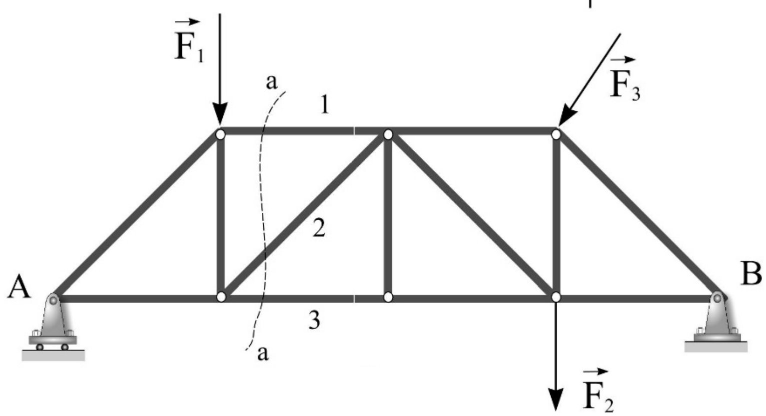
Metoda Ritera

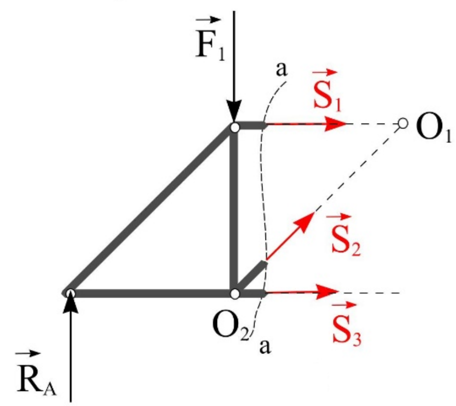






$$\sum M_{O_1} = 0, \quad \sum M_{O_2} = 0, \quad \sum M_{O_3} = 0,$$

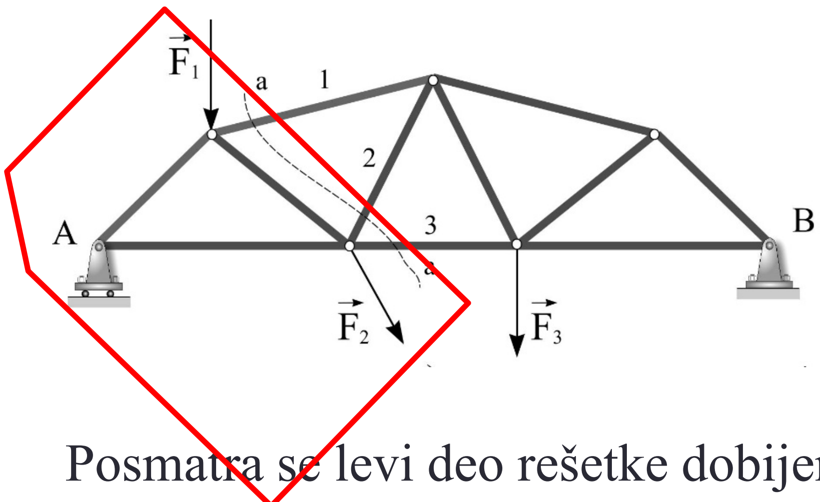




$$\sum M_{O_1} = 0, \quad \sum M_{O_2} = 0, \quad \sum Y = 0.$$

METODA KULMANA

Metoda Kulmana je grafička metoda.

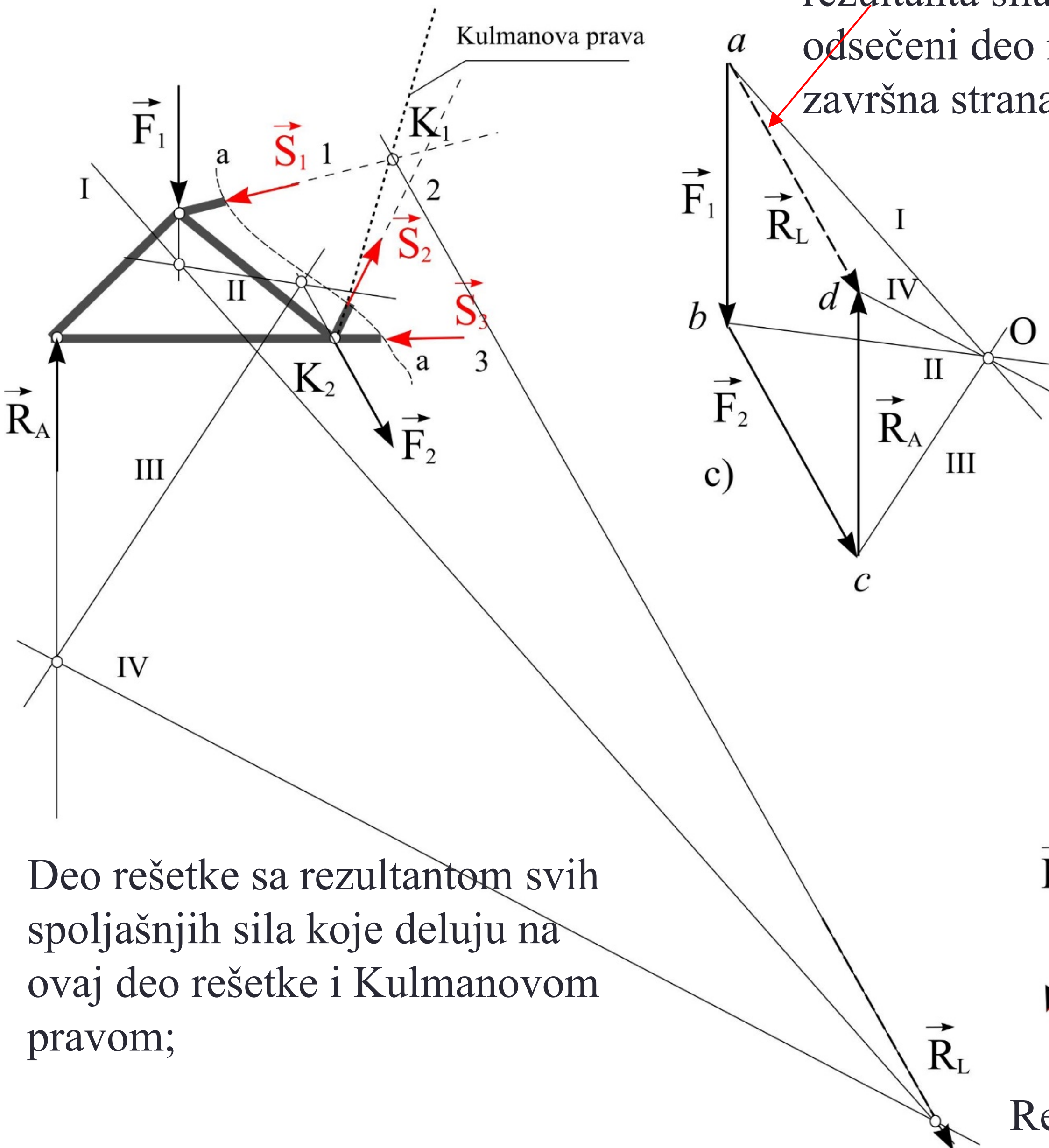


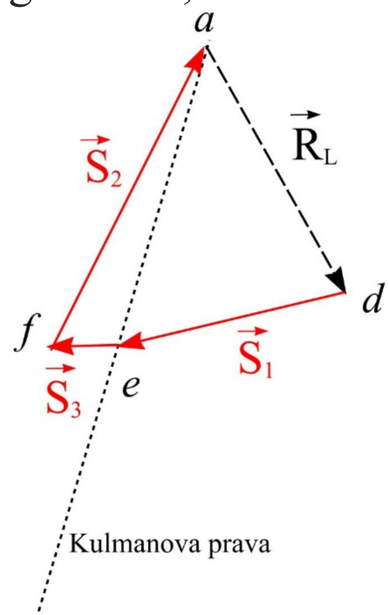
Metoda Kulmana za određivanje sila u štapovima rešetke zasniva se na principu preseka rešetke i primeni geometrijskih uslova ravnoteže sistema sila u ravni, pri čemu se problem svodi na razlaganje sile u tri nekolinarna pravca. Presek rešetke se i u ovom slučaju vrši tako da se preseku najviše tri štapa.

Posmatra se levi deo rešetke dobijen zamišljenim presekom a-a štapova 1, 2 i 3.
Sve sile koje deluju na posmatrani deo rešetke moraju biti u ravnoteži:
•spoljašnje sile $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ i $\vec{R}_A$
•unutrašnje sile – sile u presčenim štapovima $\vec{S}_1, \vec{S}_2$ i $\vec{S}_3$

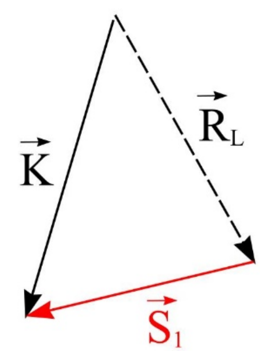
Odsečeni deo rešetke treba nacrtati u odabranoj razmeri u_L za dužine i nacrtati sve sile koje deluju na taj deo rešetke, kao i reakcije oslonaca.
Sada treba u odabranoj razmeri u_F za sile konstruisati poligon spoljašnjih sila i reakcija veza koje deluju na levi deo i odrediti njihovu rezultantu $\vec{R}_L$, kao i položaj te rezultante konstrukcijom verižnog poligona.

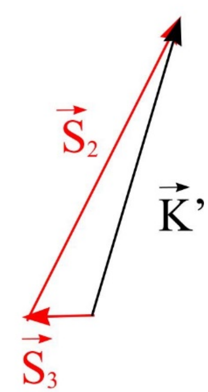
rezultanta sila koje deluju na odsečeni deo rešetke – završna strana poligona sila;





zatvoreni poligon sila u štapovima i rezultante spoljašnjeg opterećenja;





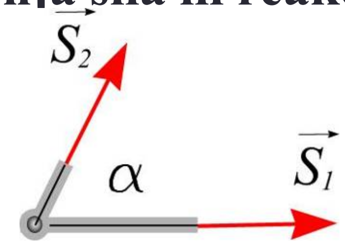
Deo rešetke sa rezultantom svih spoljašnjih sila koje deluju na ovaj deo rešetke i Kulmanovom pravom;

Rezultanta $\vec{K}$ sila $\vec{R}_L$ i $\vec{S}_1$

Rezultanta $\vec{K}'$ sila $\vec{S}_2$ i $\vec{S}_3$

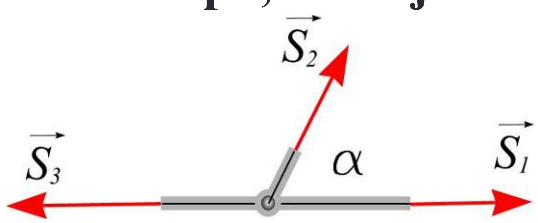
NEKI SPECIJALNI SLUČAJEVI RAVNOTEŽE ČVORA

Ako čvor rešetke čine samo dva štapa a na čvor ne deluje spoljašnja sila ili reakcija veze štapovi su nulti.



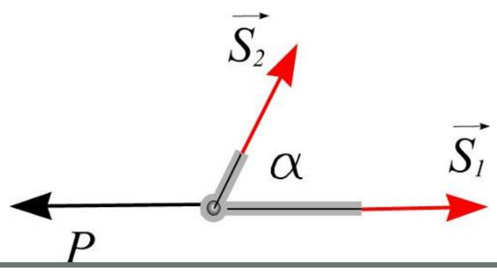
$$\left.\begin{array}{l}\sum X = 0,\\ \sum Y = 0.\end{array}\right\} \Rightarrow S_1 = 0, \quad S_2 = 0.$$

Ako čvor rešetke, koji nije opterećen spoljašnjom silom ili reakcijom veze, čine tri štapa, od kojih su dva istog pravca, onda je treći štap nulti.

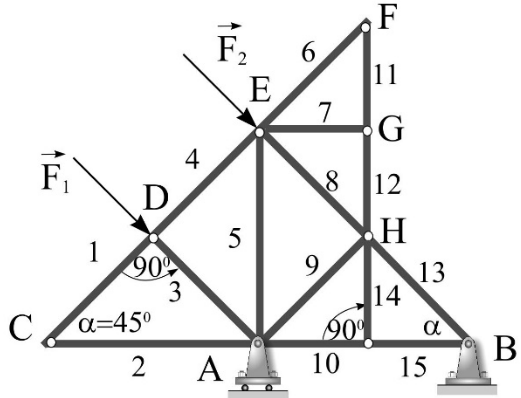


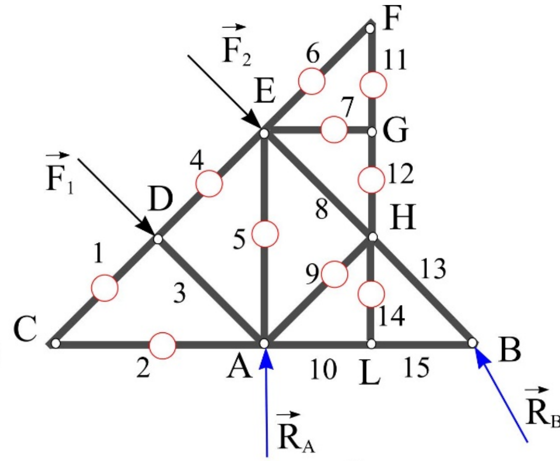
$$\left.\begin{array}{l}\sum X = 0,\\ \sum Y = 0.\end{array}\right\} \Rightarrow S_1 = S_3, \quad S_2 = 0.$$

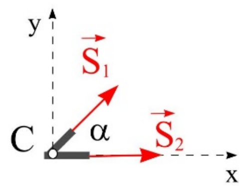
Ako čvor rešetke čine dva štapa i na njega deluje spoljašnja sila ili reakcija veze koja je u pravcu jednog od njih, tada je štap koji nije u pravcu sile nulti.

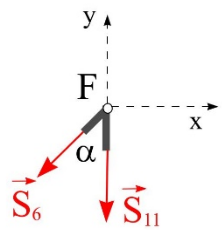


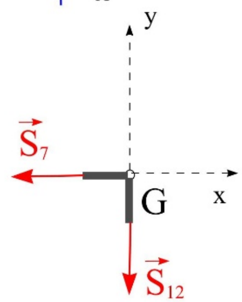
$$\left.\begin{array}{l}\sum X = 0,\\ \sum Y = 0.\end{array}\right\} \Rightarrow S_1 = P, \quad S_2 = 0.$$

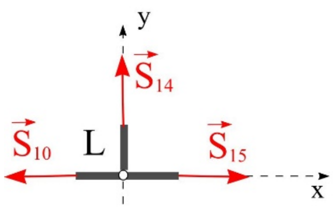

F
F2
6
11
E
7
G
F1
4
8
12
D
5
H
1
90°
9
13
3
14
C
α=45°
90°
α
B
2
A
10
15

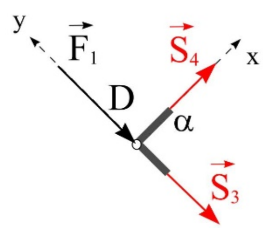

F
F2
6
11
E
7
G
F1
4
12
D
8
H
1
5
13
3
9
14
C
B
2
A
10
L
15
RB
RA

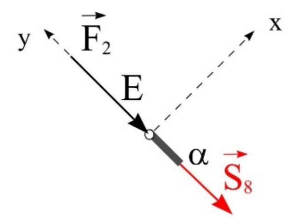

y
S1
C
α
S2
x

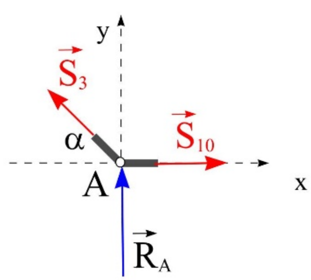

y
F
x
α
S6
S11

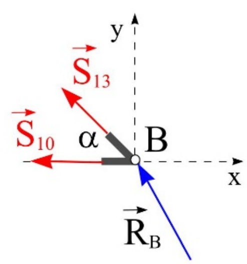

y
S7
G
x
S12

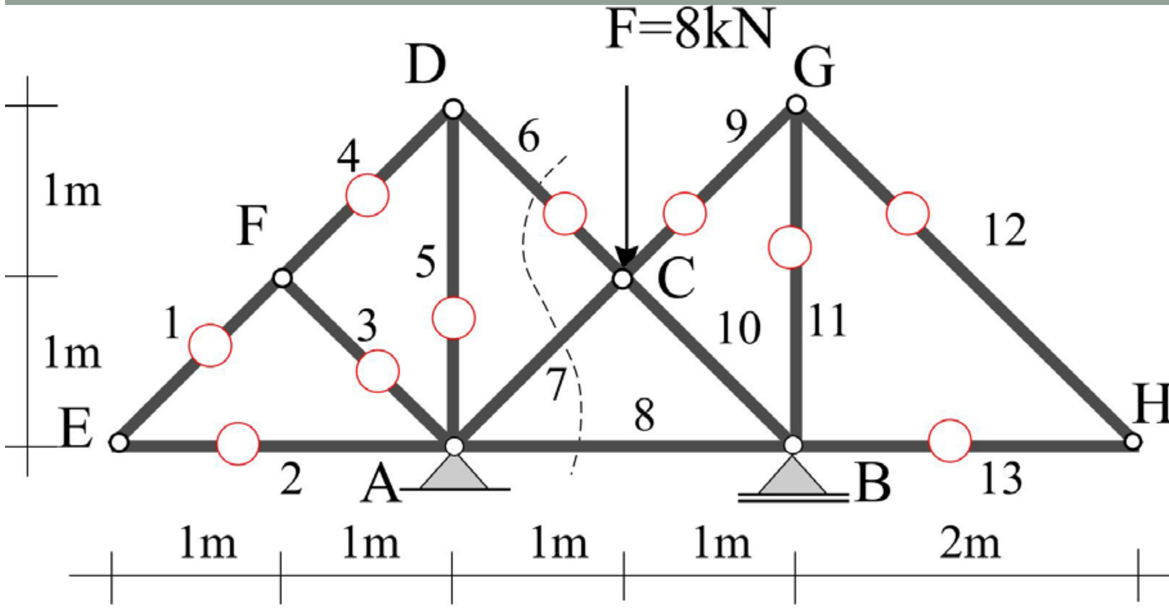

y
S14
S10
L
S15
x

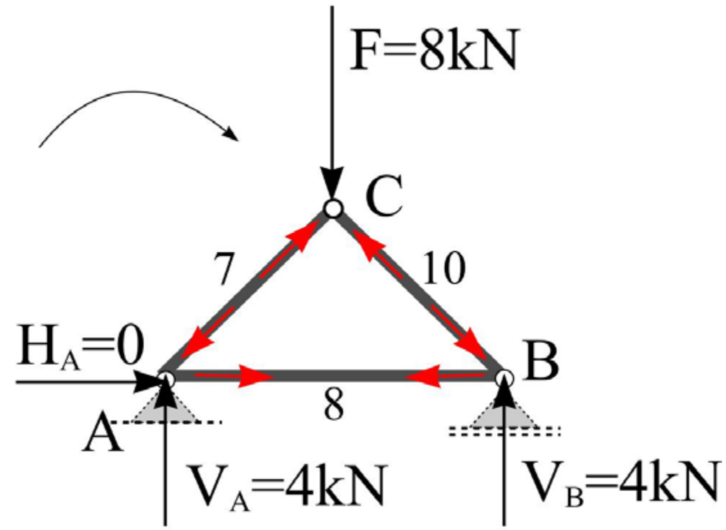

y
F1
S4
x
D
α
S3

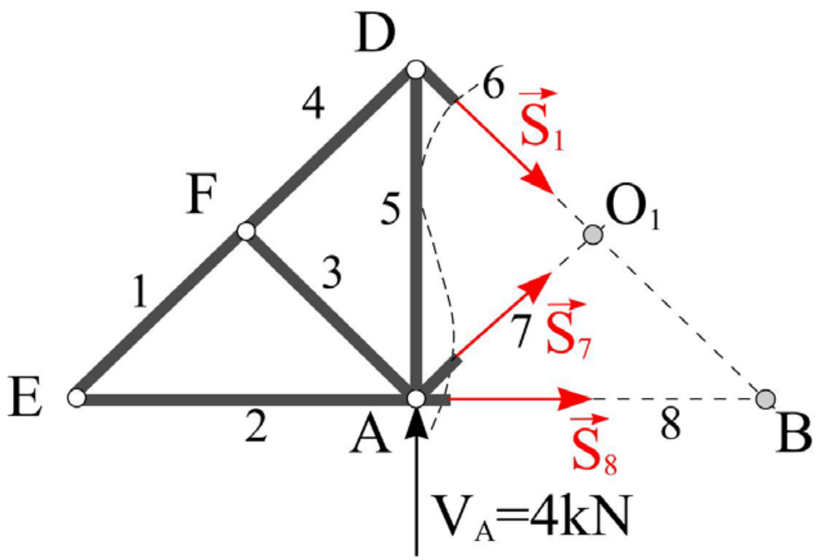

y
F2
x
E
α
S8

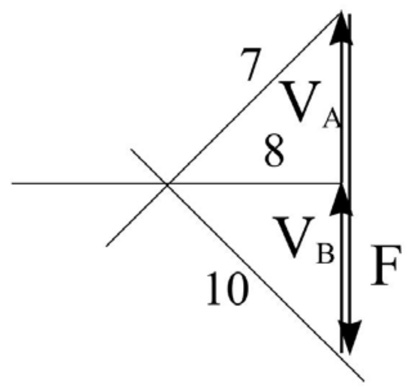

y
S3
S10
α
x
A
RA


y
S13
S10
α
B
x
RB



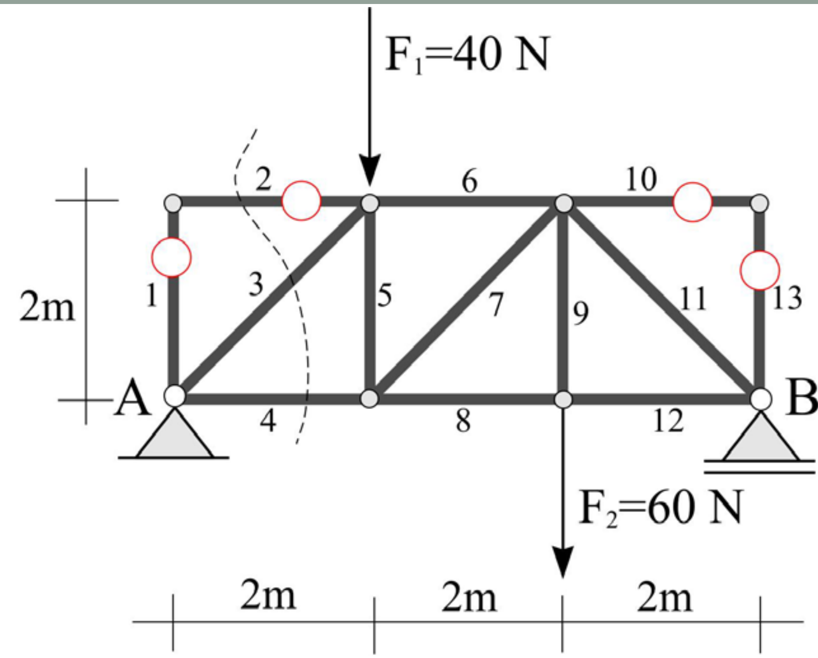




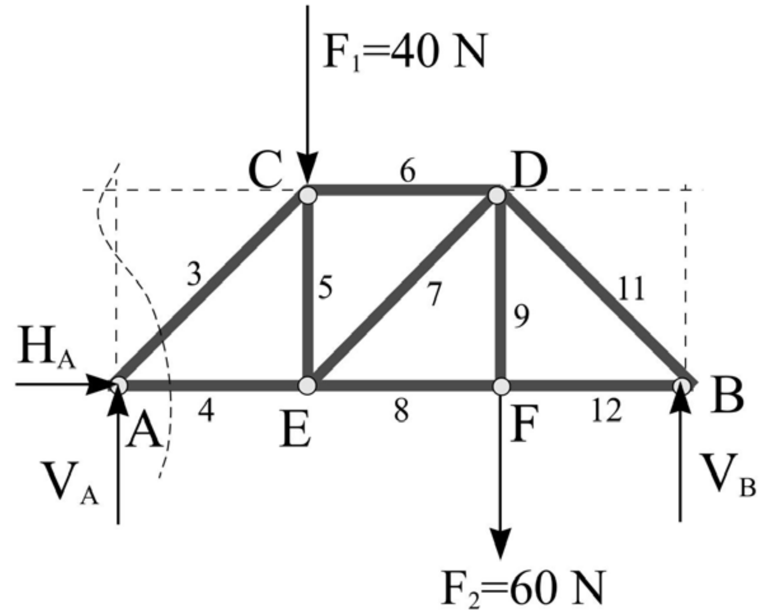


$S_8=4$ kN,

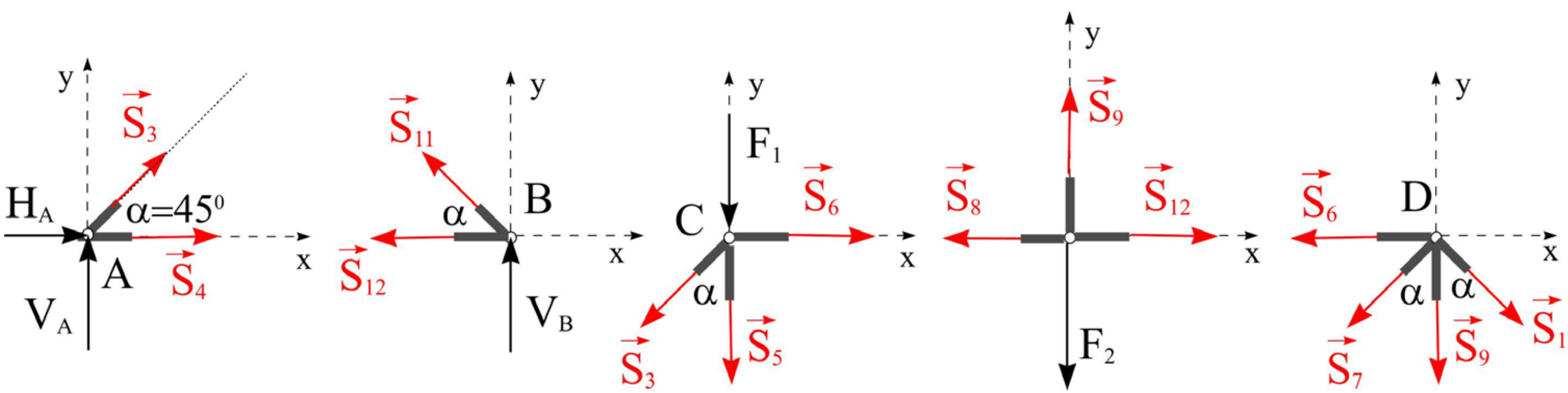
$S_{10}=S_7=-4\sqrt{2}$ kN



F1=40 N
F2=60 N
2m
2m
2m
2m
A
B
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13



F1=40 N
F2=60 N
C
D
A
E
F
B
HA
VA
VB
3
4
5
6
7
8
9
11
12

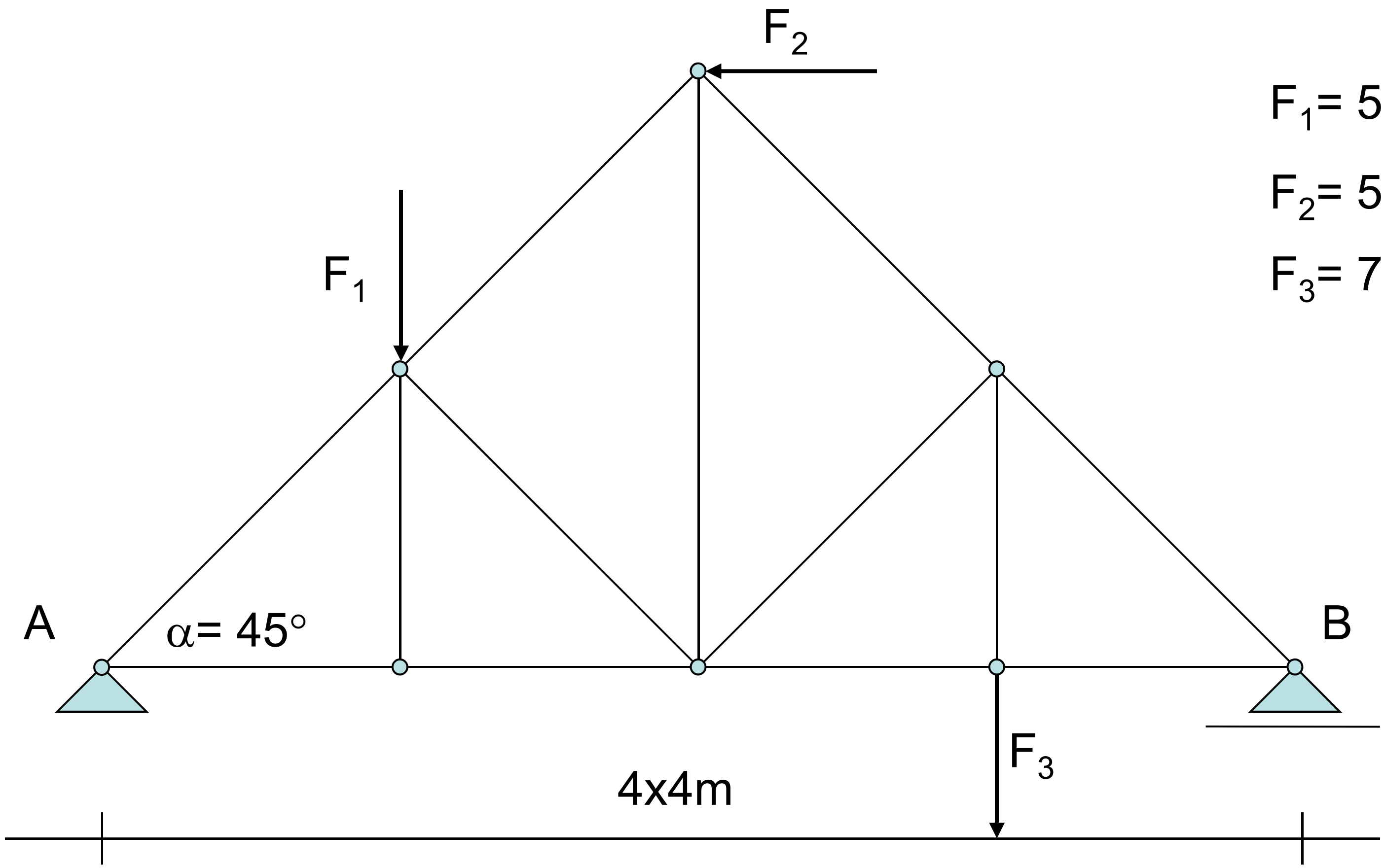


y
x
HA
VA
A
S3
S4
α=45⁰
B
S11
S12
VB
α
C
F1
S6
S3
S5
α
S9
S8
S12
F2
D
S6
S7
S9
S11
α
α

Najvažnije u ovom poglavlju

- Kako se određuju sile u štapovima rešetke primenom metode čvorova
- Kako se određuju sile u štapovima rešetke primenom metode preseka
- Nulti štapovi

Makswell-Kremonin plan sila



$F_1 = 5kN$

$F_2 = 5kN$

$F_3 = 7kN$

a) određivanje reakcija veze

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow B \cdot 16 + F_2 \cdot 8 - F_1 \cdot 4 - F_3 \cdot 12 = 0$$

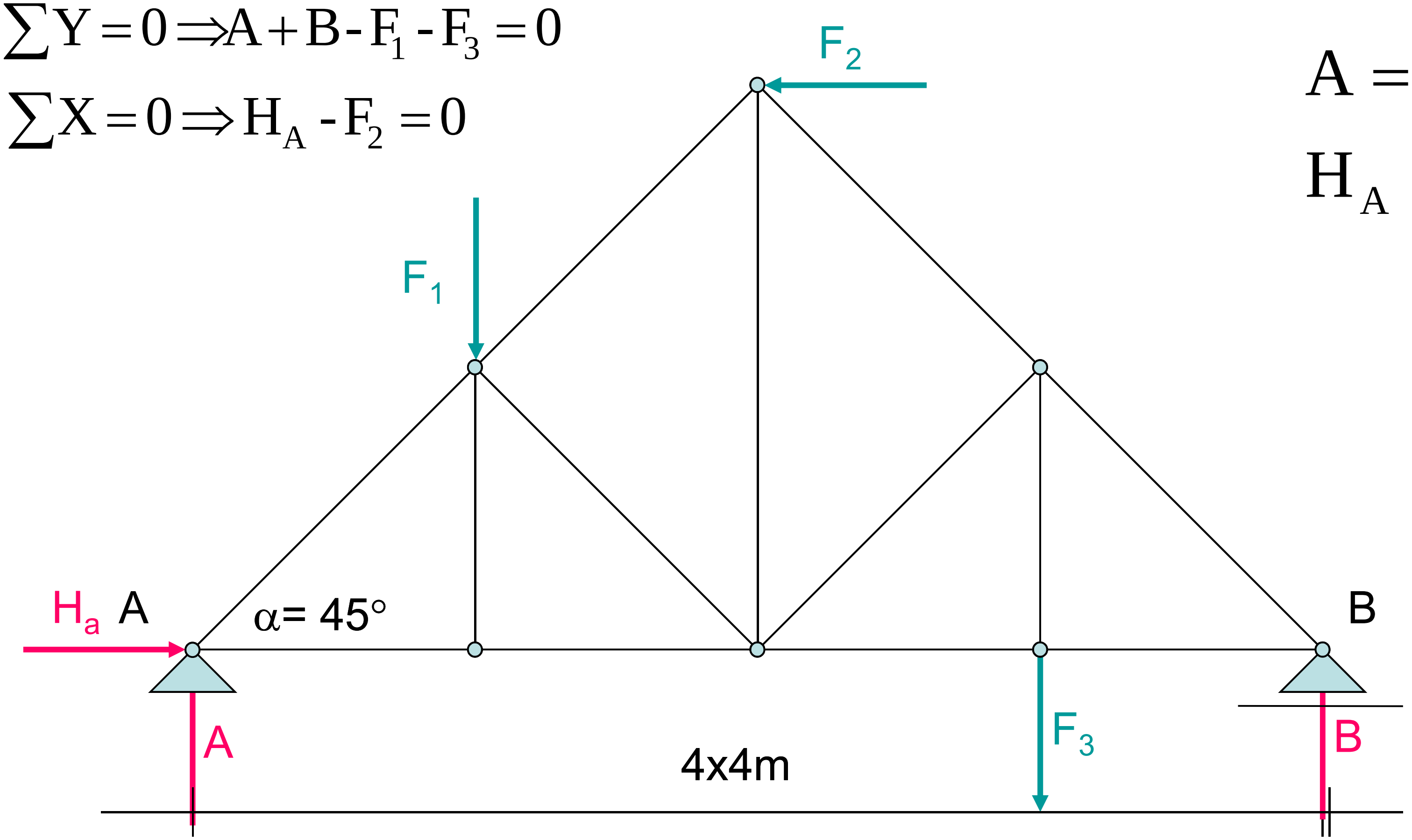
$$\sum Y = 0 \Rightarrow A + B - F_1 - F_3 = 0$$

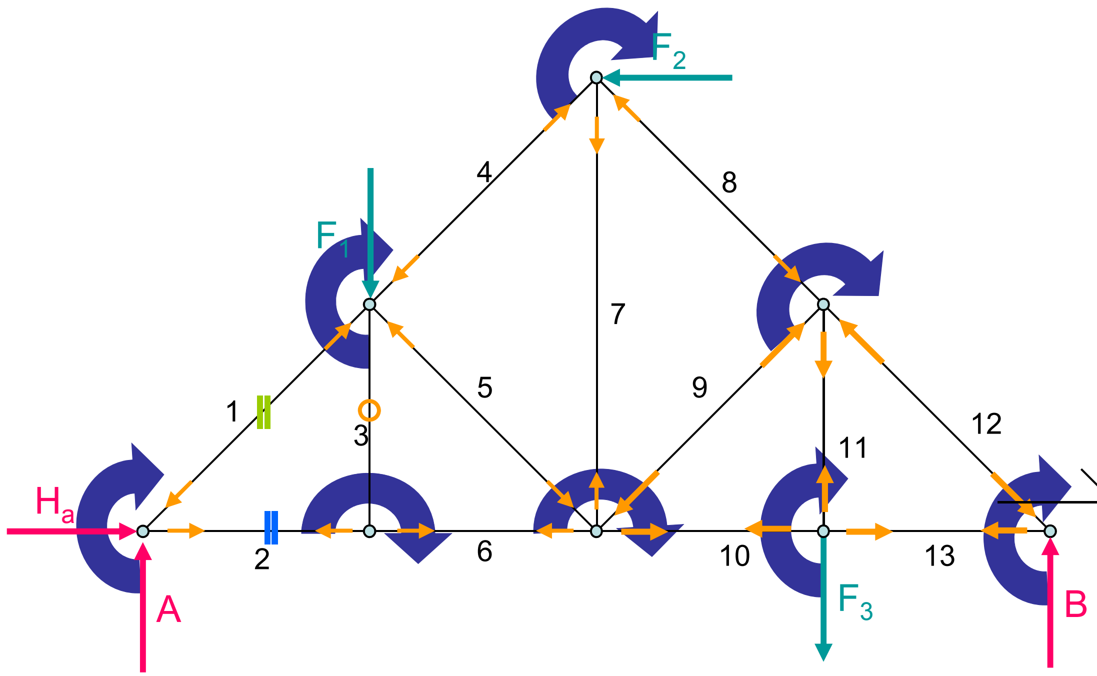
$$\sum X = 0 \Rightarrow H_A - F_2 = 0$$

$$B = 4kN$$

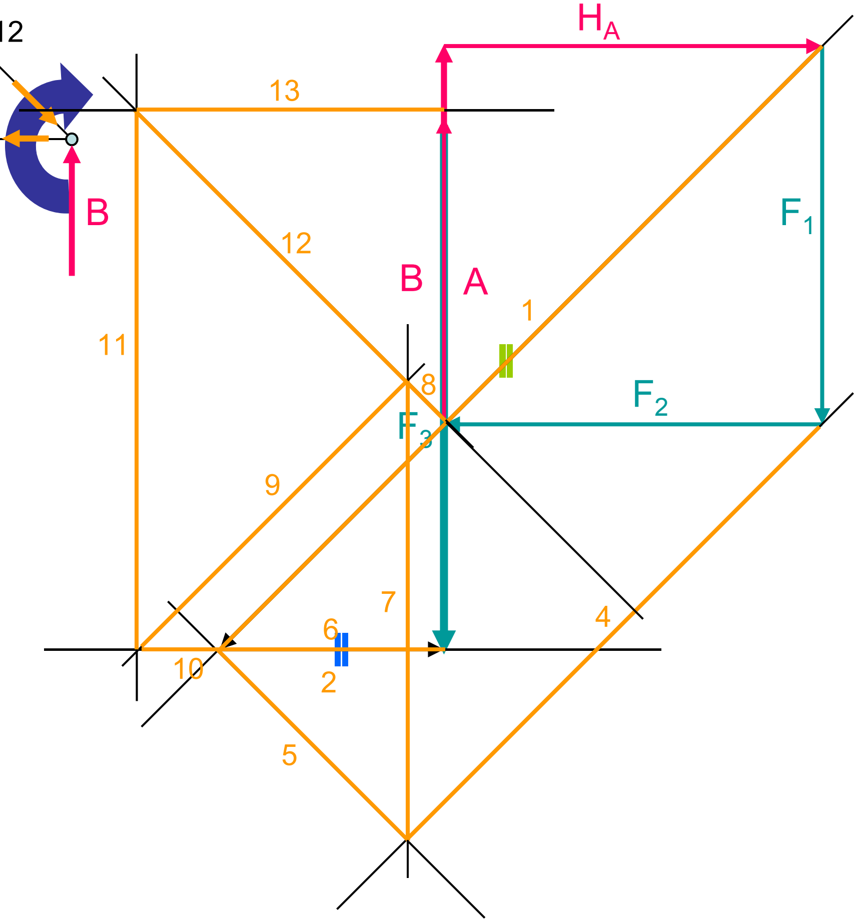
$$A = 8kN$$

$$H_A = 5kN$$





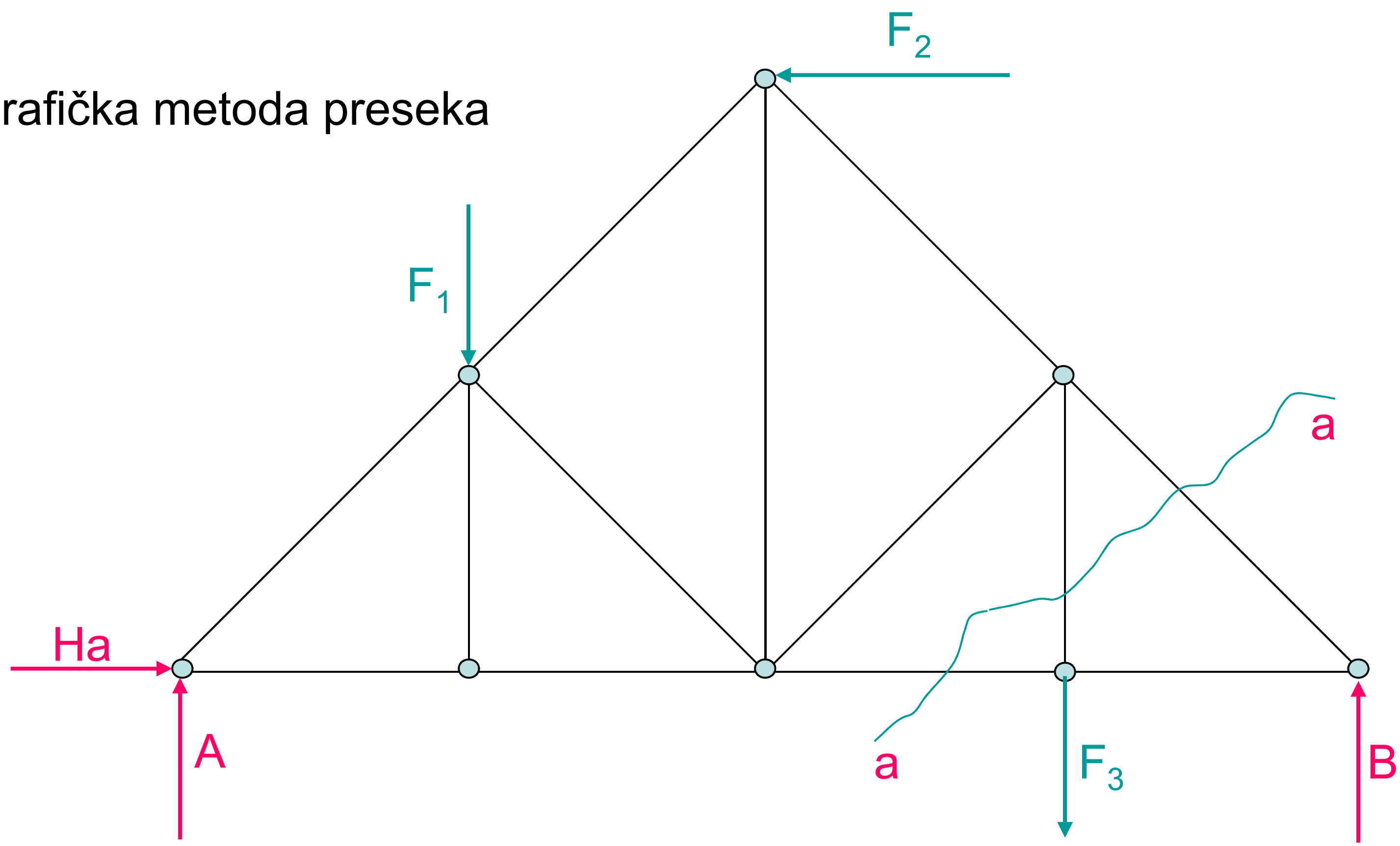
Smer nanosenja sila

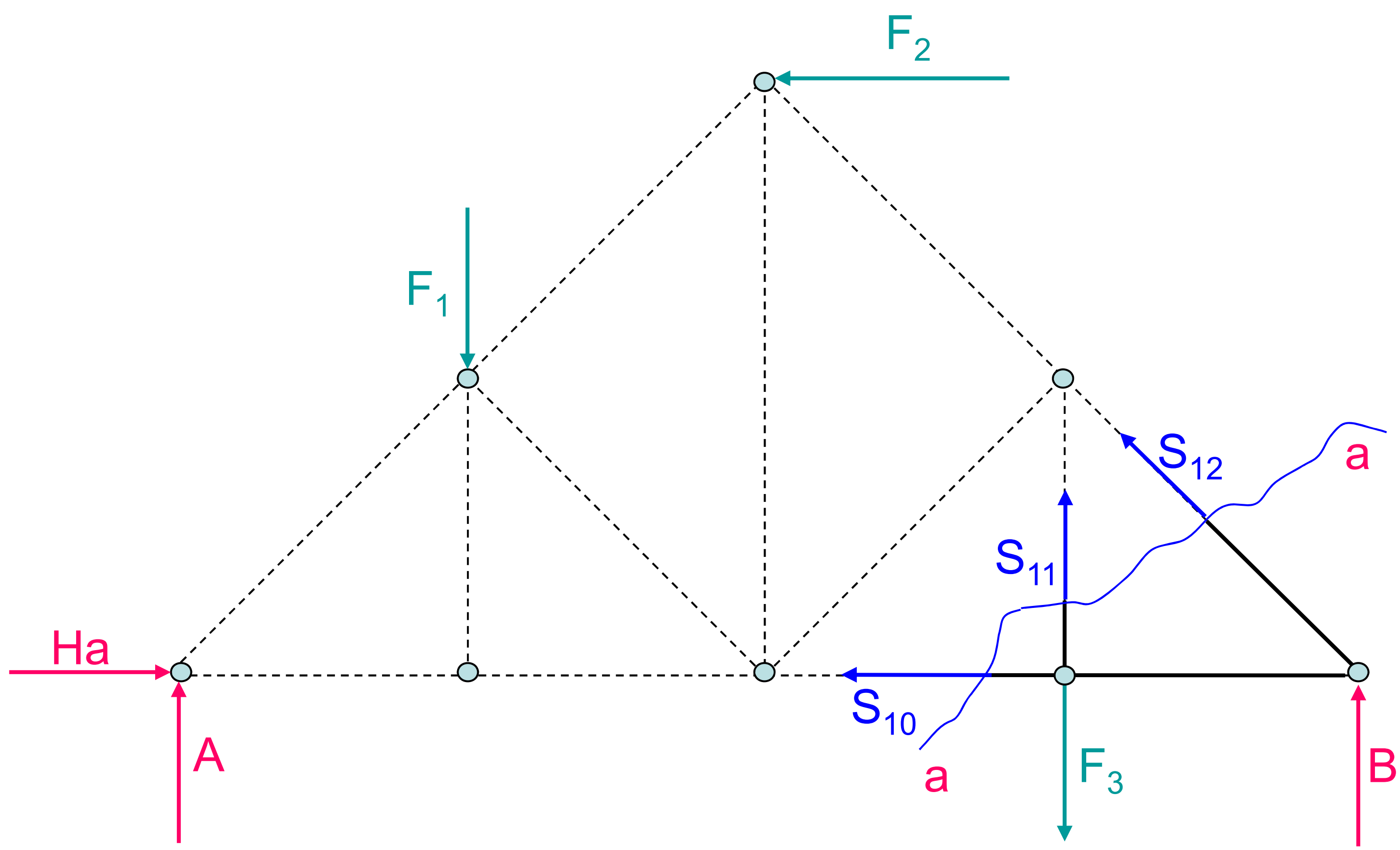


	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}
+ Zat.		3	0			3	6			4	7		4
- Prit.	11.3		0	7.8	3.5			0.7	4.9			5.7	

Kulmanova metoda

– grafička metoda preseka



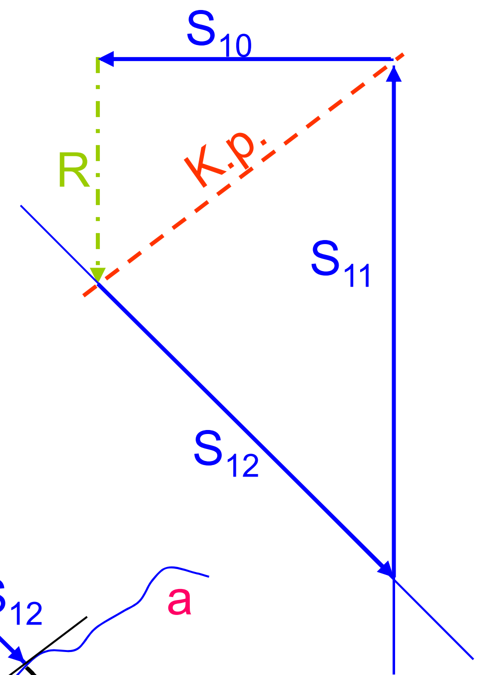


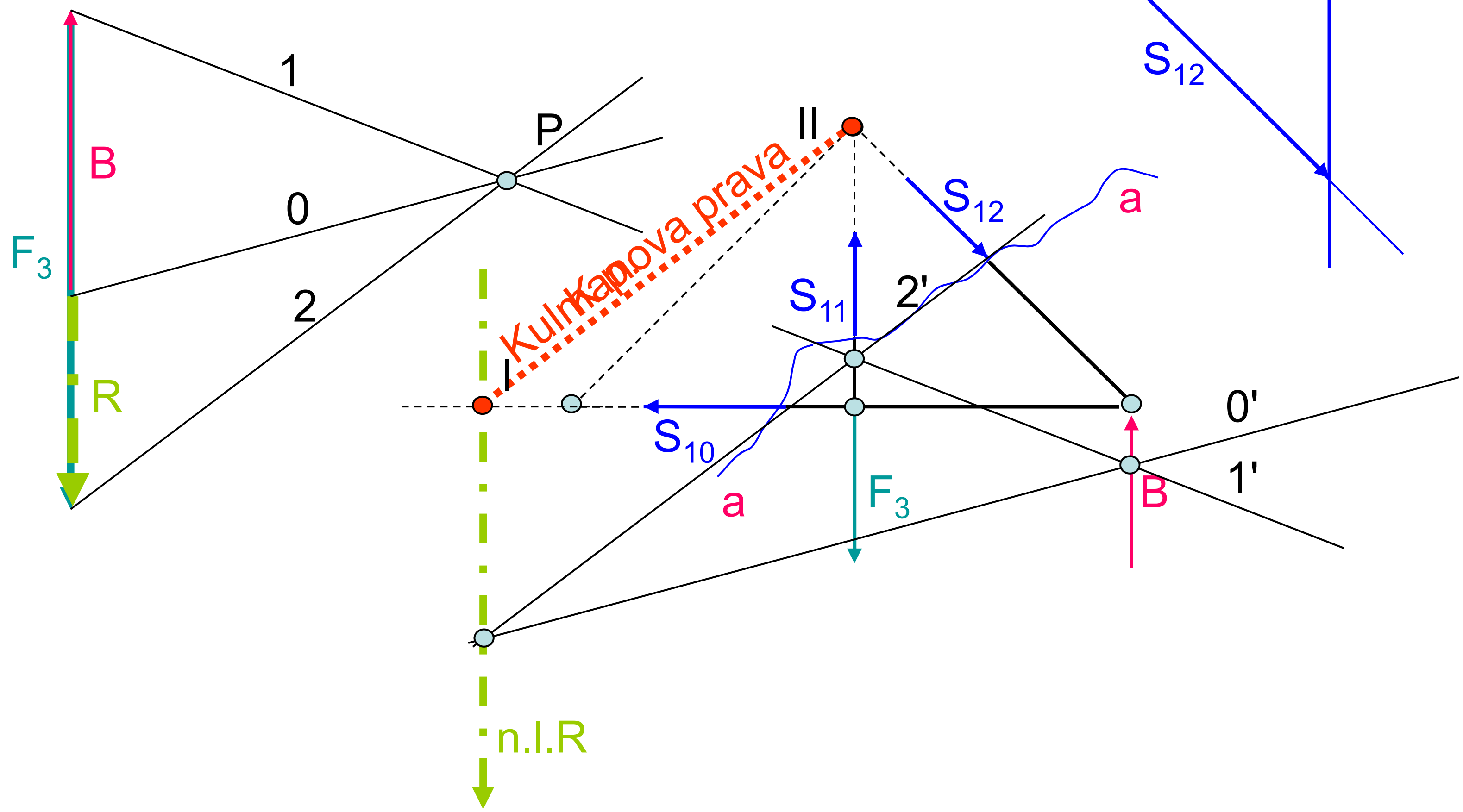
F2
F1
S12
a
S11
Ha
S10
a
F3
A
B

Očitano: S_{10}=3.88cm

S_{11}=6.77cm

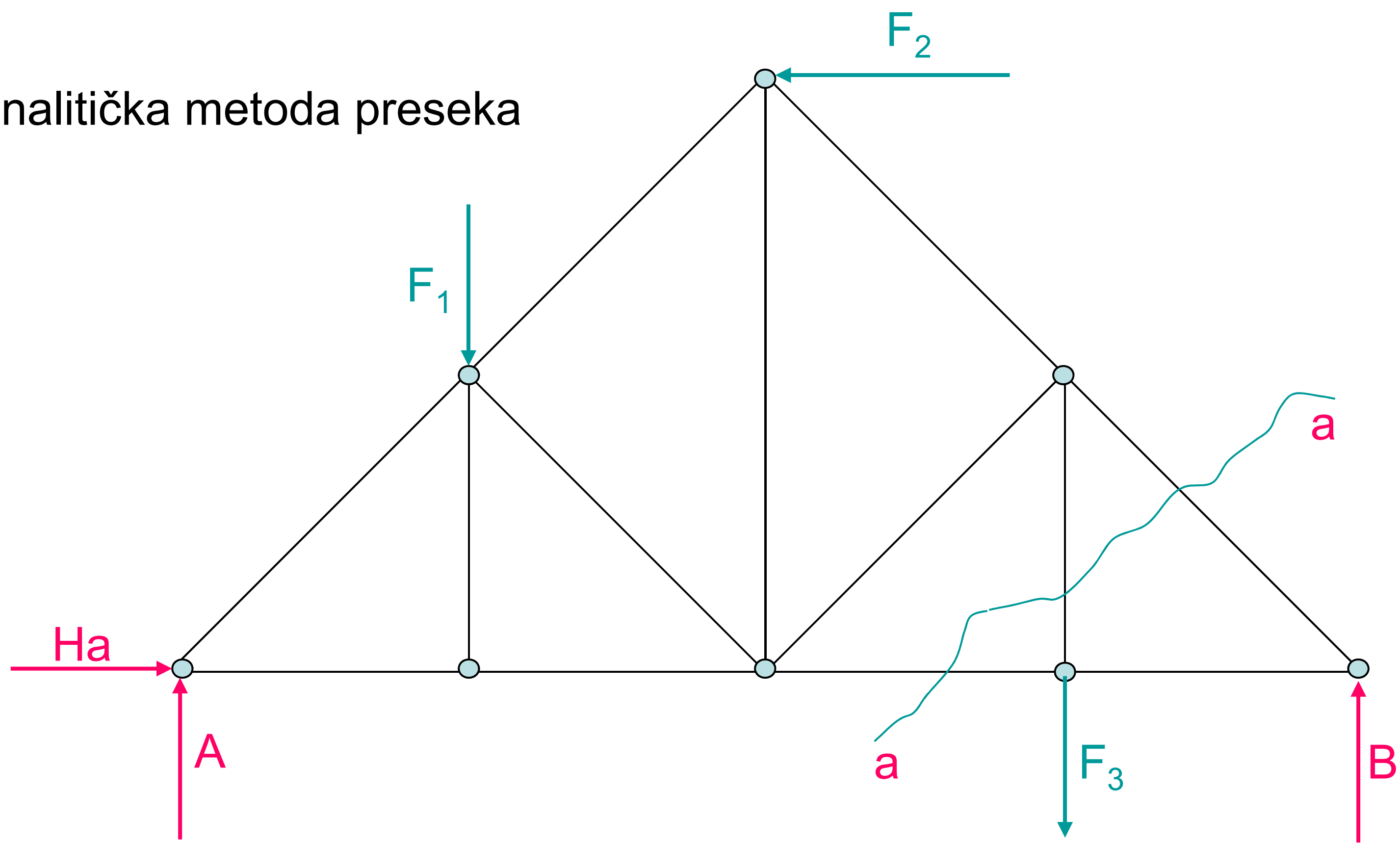
S_{12}=5.50cm

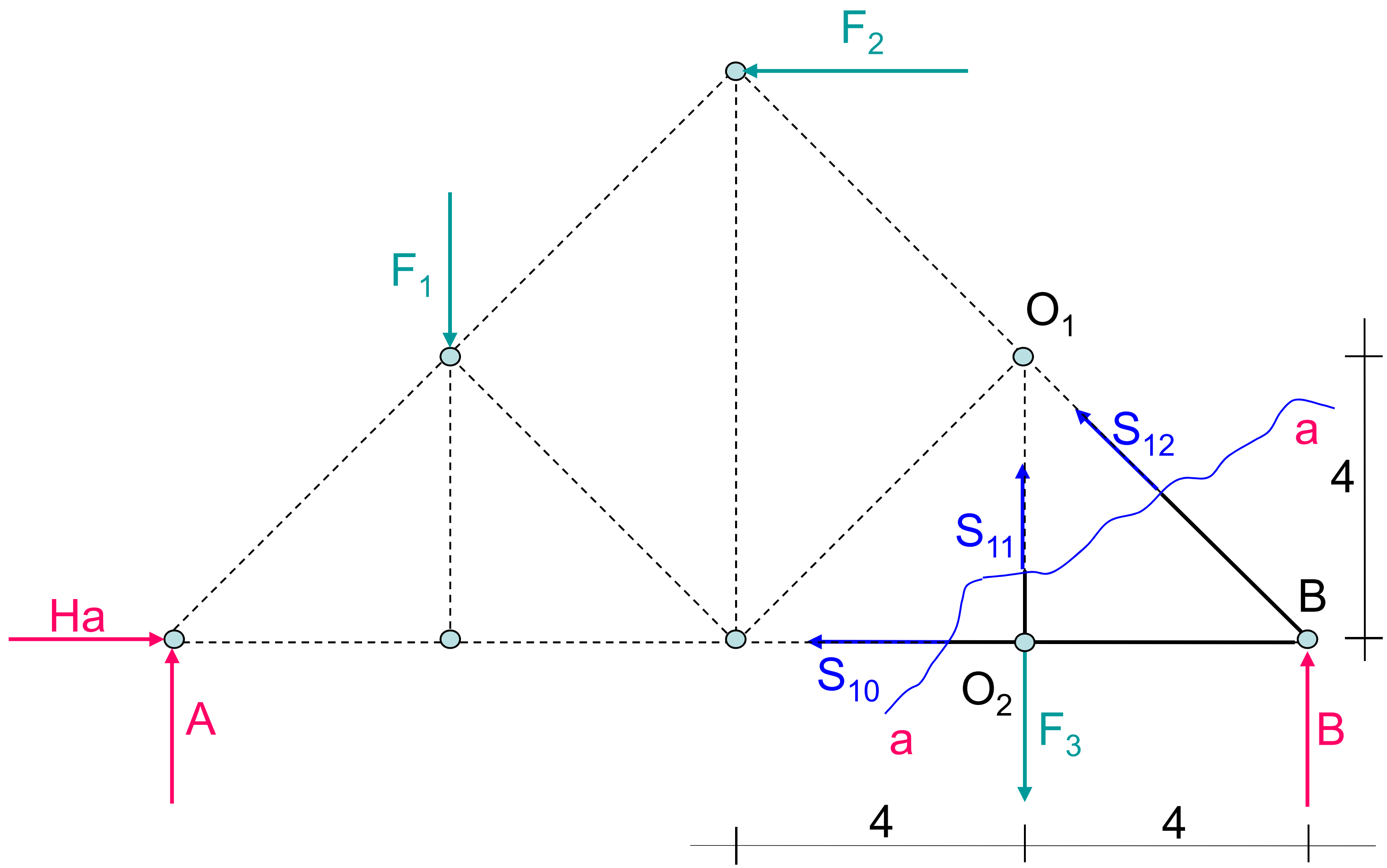




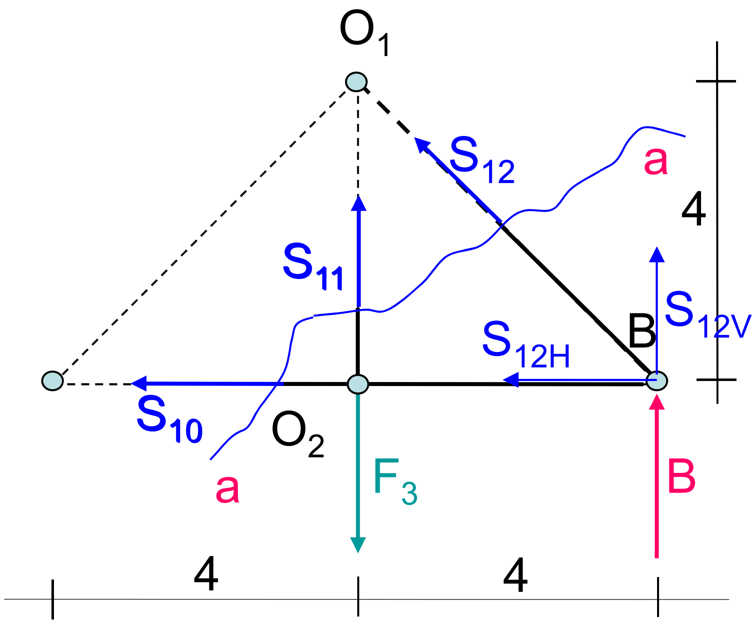
Riterova metoda

– analitička metoda preseka





F2
F1
O1
S12
a
4
S11
B
Ha
S10
O2
A
F3
B
a
4
4



$$S_{12_H} = S_{12} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$S_{12_V} = S_{12} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\sum M_B = 0 \Rightarrow F_3 \cdot 4 - S_{11} \cdot 4 = 0 \Rightarrow S_{11} = 7\text{kN}$$

$$\sum M_{O_1} = 0 \Rightarrow B \cdot 4 - S_{10} \cdot 4 = 0 \Rightarrow S_{10} = 4\text{kN}$$

$$\sum M_{O_2} = 0 \Rightarrow B \cdot 4 + S_{12_V} \cdot 4 = 0 \Rightarrow S_{12} = -4\sqrt{2}\text{kN}\,(\text{m.s.})$$