# METODA SILA

## RAVNINSKE KONSTRUKCIJE

-Metoda je bazirana na transformaciji danog sistema u statički određen **osnovni sistem**

**-** raskinute se veze nadomještaju silama koje odgovaraju reakcijama raskinutih veza

- proračunavaju se prekobrojne statičke **sile** nužne za povrat u pomaka u početno stanje

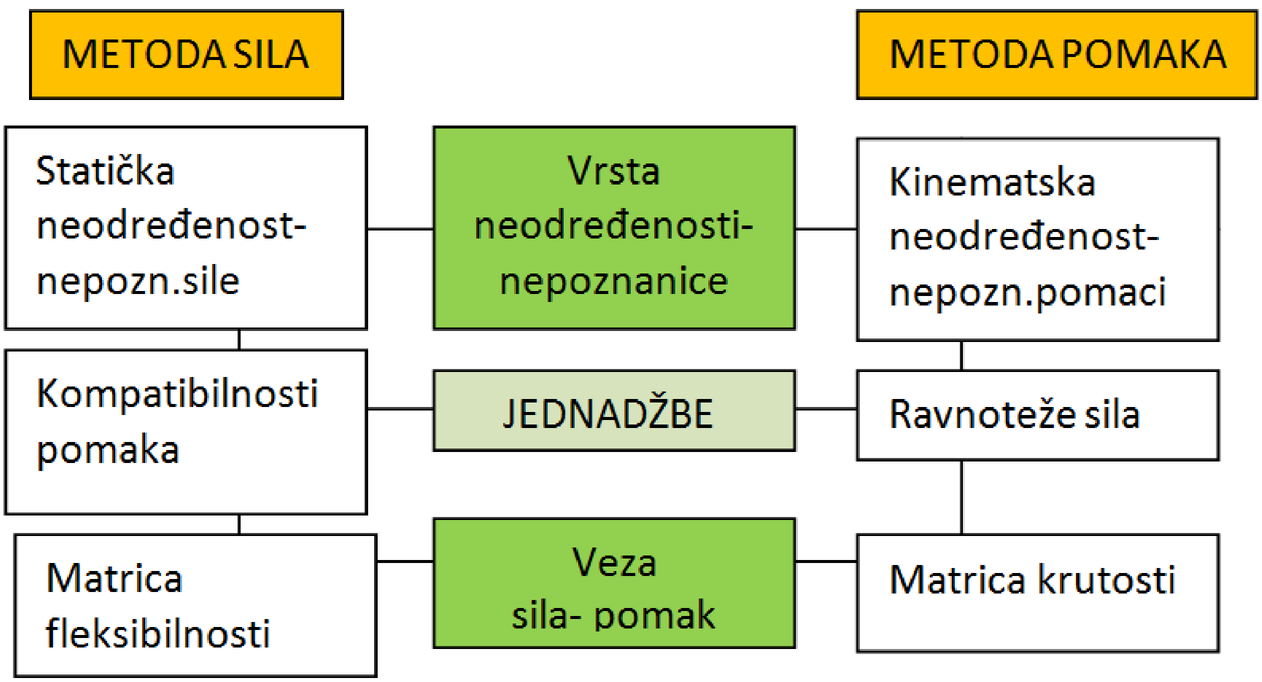
-vrijednosti tih sila računamo iz uvjeta kompatibilnosti pomaka na mjestima raskidanja veza, sile moraju osigurati podudaranje pomaka na mjestima uklonjenih ležajeva sa stvarnim ležajnim uvjetima

-pomake proračunavamo metodom jedinične sile

- principom superpozicije zbrajamo pomake od zadanoga opterećenja i pojedinih (jediničnih) sila u raskinutim vezama

-sve se u M.S. računa na osnovnom sistemu (st.odr.)

# STATIČKI NEODR. SUSTAVI



# KONCEPT METODA PRORAČUNA

| Metoda sila (fleksibilnosti) | Metoda pomaka(krutosti) |
|---|---|
| - Nepoznanice: prekobrojne sile X<br><br>- Matrica fleksibilnosti D<br><br>- Pomak zbog sile X (nepoznanice)<br>$\delta(X=1)*X$<br><br>- Pomak zbog opterećenja $= \delta_o$<br><br>- Za kompatibilnost pomaka treba:<br>$\delta_o + \delta * X = 0$<br><br>- rješenje prekobrojne sile X | Nepoznanice: pomaci d ($\varphi, \Delta=\psi$)<br><br>-Matrica krutosti K<br><br>-Sila zbog pomaka d (nepoznan.)<br>$K(u=1) * d$<br>-Sila zbog opterećenja = $R_o$<br><br>-Jednadžbe ravnoteže:<br>$R_o + K*d = 0$<br><br>-Rješenje pomaci : d |
| Suvišna ograničenja –veze su otpuštene, računaju se nastali pomaci na mjestima istih-od zadanog opterećenja i suvišnih oslobođenih sila.<br>Ove suvišne veličine-sile nastoje vratiti kontinuitet –podudaranje pomaka na mjestu raskinutih veza, koji je dobiven skidanjem suvišnih veza. | Dodatna pridržanja se dodaju i računaju se vrijednosti sila u njima –reakcije od vanjskog opt. (O.S.)<br>Uklanjaju se pridržanja kako bi se omogućila deformacija i vratila ravnoteža-daju se početni pomaci koji uzrokuju reakcije koje uravnotežuju iste od vanjskih djelovanja.<br>Iz jednadžbi ravnoteže se dobiju pomaci i nakon toga su određuju sile. |

# METODA SILA

- KORACI u metodi sila su slijedeći:

1. Određivanje stupnja statičke neodređenosti **n** konstrukcije.
2. Transformiranje konstrukcije u statički određen sistem ukidanjem određenog broja statičkih ograničenja-veza, taj broj veza=uobičajeno stupnju statičke neodređenosti n. Ovo je moguće otpuštanjem vanjskih veza-ležajeva ili kreiranjem unutarnjih zglobova. Ovako kreiran sistem se zove **osnovni sistem**.
3. Na mjestu oslobođenih veza j, postavljaju se nepoznate sile **Xj**(sile u prekobrojnim vezama) koje odgovaraju reakcijama ukinutih ležaja
4. Primjena danog opterećenja ili prisilnih pomaka na osnovni sistem-u smislu crtanja dijagrama unutarnjih sila.

# METODA SILA

Računaju se pomaci zbog zadanog opterećenja na mjestima ukin. veza u osn. sistemu. Ovi pomaci se označavaju $\delta_{10}$, $\delta_{20}$..., $\delta_{n0}$

5. Na mjestu ukinut. pridržanja-veza j u osn.sistemu, postavljaju se jedinične sile $X_j$=1. Izračunavaju se pomaci zbog ovih jediničnih sila na mjestima ukin. veza u osn. sistemu. Ovi pomaci se označavaju $\delta_{1j}$, $\delta_{2j}$..., $\delta_{nj}$.
6. Računanje sila $X_1$ do $X_n$ koristeći uvjete kompatibilnosti s početom st.n. konstrukcijom. Ovi uvjeti transformirani osn. sistem vraćaju k početnoj st. n. konstrukciji, rješavanjem prekobrojnih sila koji pomake na osn. sistemu u oslobođenim vezama vraćaju na izvorno stanje to jest na veličinu 0.Ti uvjeti se matematički izračunavaju kao:

$$\delta_{10} + X_1 \cdot \delta_{11} + X_2 \cdot \delta_{12} + \ldots + X_n \cdot \delta_{1n} = 0$$
$$\delta_{20} + X_1 \cdot \delta_{21} + X_2 \cdot \delta_{22} + \ldots + X_n \cdot \delta_{2n} = 0$$
$$\delta_{30} + X_1 \cdot \delta_{31} + X_2 \cdot \delta_{32} + \ldots + X_n \cdot \delta_{3n} = 0$$
$$\ldots$$
$$\delta_{n0} + X_1 \cdot \delta_{n1} + X_2 \cdot \delta_{n2} + \ldots + X_n \cdot \delta_{nn} = 0$$

# METODA SILA

Ovo je sistem n linearnih jednadžbi sa n nepoznatih veličina. Pomaci su poznati, a nepoznate su sile $X_j$ u oslobođenim vezama.

7.Izračunavanje sila S na određenim mjestima na st. n. konstrukciji korištenjem slijedećih funkcijskih veza:

$$S = S_0 + X_1 \cdot S_1 + X_2 \cdot S_2 + ... + X_n \cdot S_n$$

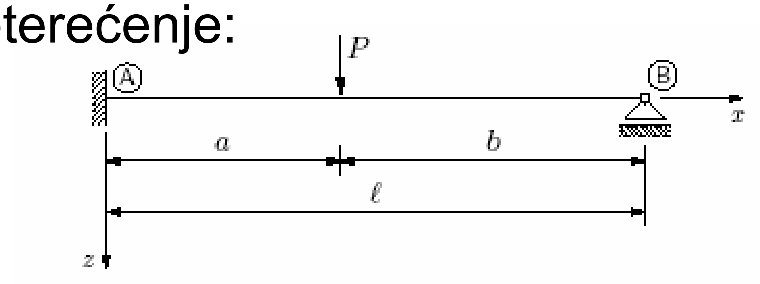
gdje su veličine Xj izračunate iz sistema jednadžbi danih u prethodnom koraku.

- $S_0$ je sila uslijed zadanog opterećenja ili prisilnih pomaka na osnovnom sistemu.
- $S_j$ je sila uslijed jediničnih sila Xj=1 na osnovnom sistemu.
- Veličina S može biti **moment savijanja, poprečna ili uzdužna sila, reakcija ili pomak.**

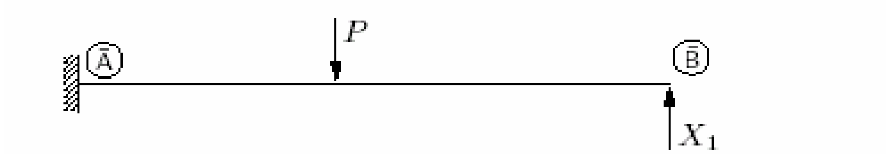
# METODA SILA

- PRIMJER:

Izračunaj momenate savijanja za slijedeću konstrukciju i opterećenje:




1.Određivanje stupnja statičke neodređenosti n =1,
2.Transformiranje st. neodr. konstrukcije u statički određen osnovni sistem.

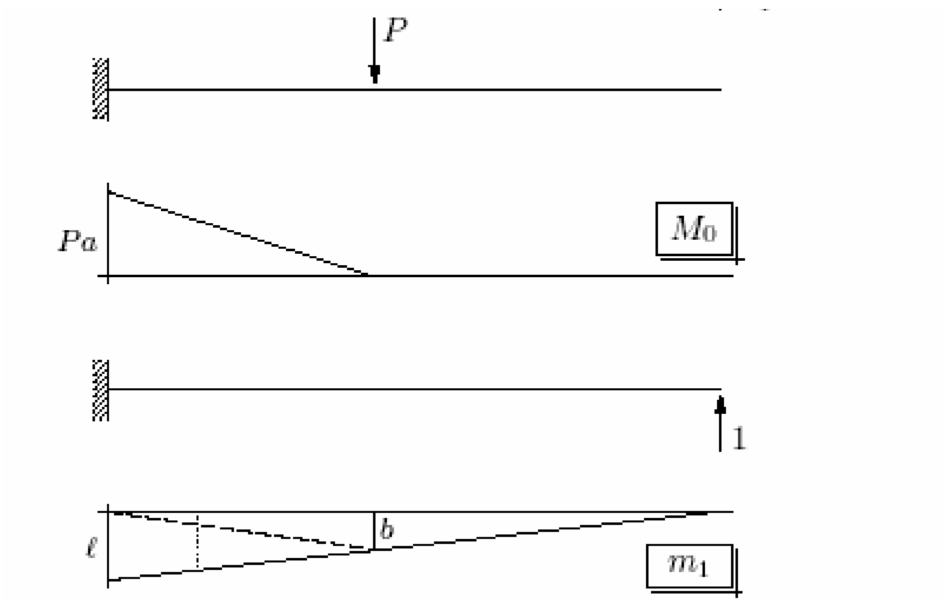



3. Na mjestu oslobođenih veza j, postavljaju se nepoznate sile Xj(sile u prekobrojnim vezama)

Osnovni sistem-konzola je opterećen s silom P u istom položaju kao na polaznom sustavu te silom $X_1$.

# PRIMJER:

4.Primjena danog opterećenja ili prisilnih pomaka, te jediničnih sila na osn.sistem




Računaju se pomaci zbog zadanog opterećenja na mjestima oslobođenih veza $\delta B(P) = \delta_{1,0}$

$$\delta_{\bar{B}}(P) = \int_0^{\ell} \frac{M_0(x)\, m_1(x)}{E\, I(x)}\, \mathrm{d}x = \frac{1}{EI}\left(\frac{1}{2}\, Pa^2\right)\left(-\frac{2}{3}\,\ell - \frac{1}{3}\, b\right) = -\frac{P}{6EI}\, a^2\, (2\ell + b).$$

# PRIMJER:

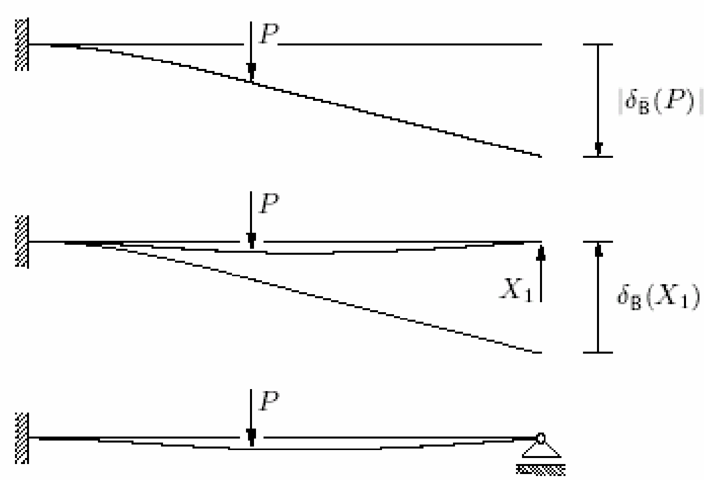
5. Računaju se pomaci zbog jediničnih sila na mjestima oslobođenih veza u osnovnom sistem.

   $\delta_B(X_1) = \delta_{1,1}$

$$\delta_{1,1} = \int_0^{\ell} \frac{m_1^2(x)}{E\,I(x)}\,\mathrm{d}x = \frac{1}{EI}\left(\frac{1}{2}\,\ell^2\right)\left(\frac{2}{3}\,\ell\right) = \frac{1}{3EI}\,\ell^3.$$

6. Računanje sila $X_1$ do $X_n$ koristeći uvjete kompatibilnosti s početnom st.n.konstrukcijom.

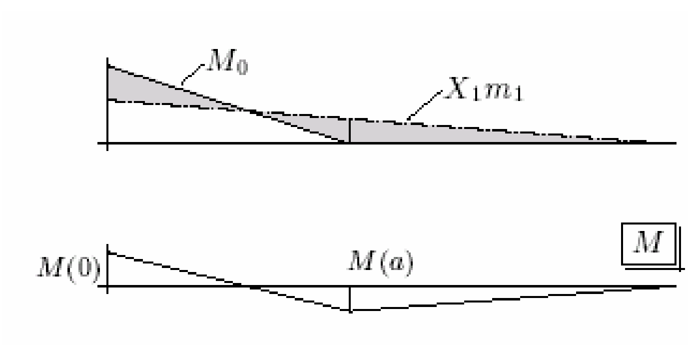
   $\delta B = \delta B(P) + \delta B(X_1) = 0$




$\delta_{1,1} * X_1 + \delta_{1,0} = 0 \rightarrow X_1$

# PRIMJER:

7.Računanje sila S na određenim mjestima na st. n. konstrukciji.

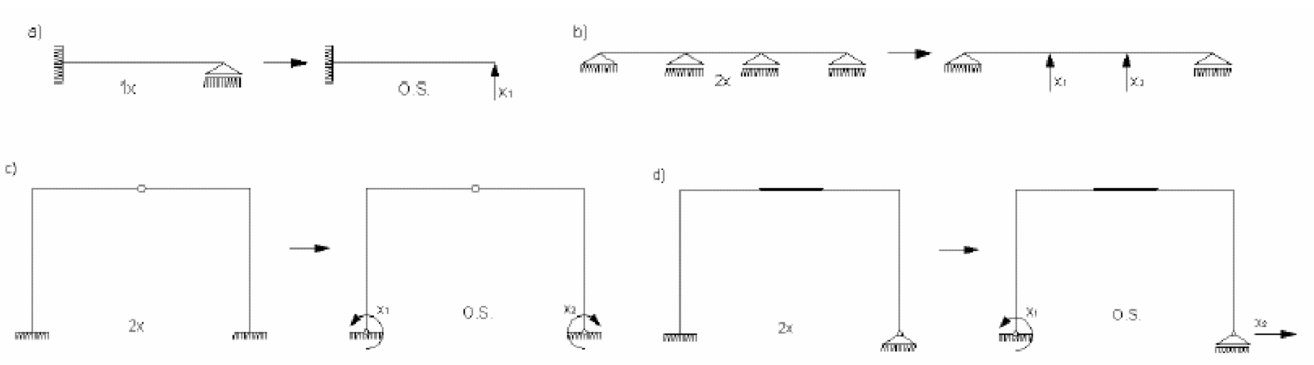



$M(x) = M_0(x) + X_1 m_1(x) \rightarrow$ princip superpozicije

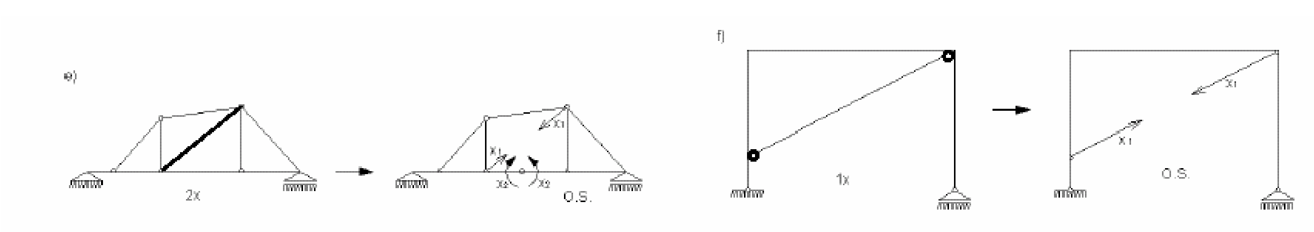
# IZBOR OSNOVNOG SUSTAVA

- **Osnovni sistem** nastaje tako da se u zadanom sistemu(st.neodr.) **raskine određeni broj vanjskih ili unutarnjih veza.**

*a) Presjecanje vanjskih veza*:

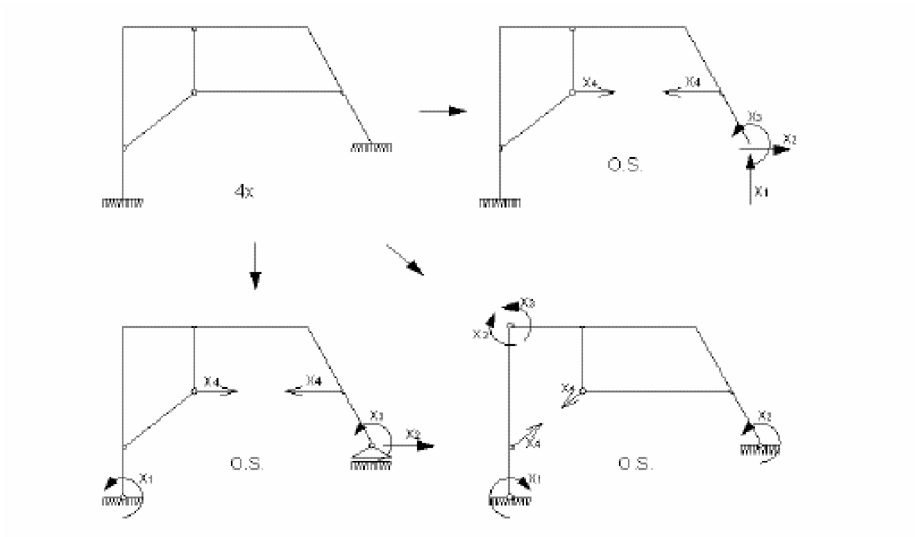



*b) Presjecanje unutarnjih veza:*

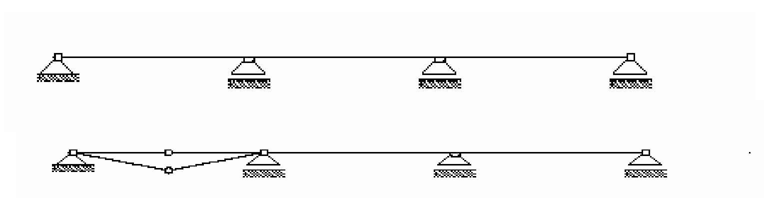


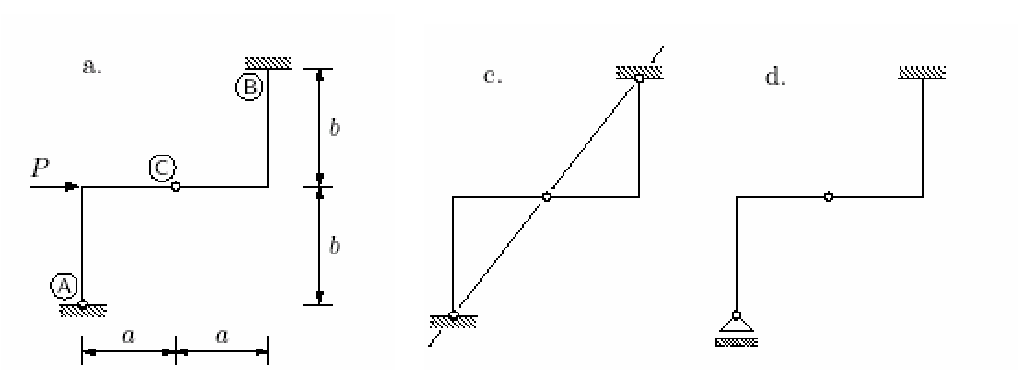
# IZBOR OSNOVNOG SUSTAVA

*c)Presjecanje unutarnjih i vanjskih veza:*




**Osnovni sistem mora biti geometrijski nepromjenjiv.**

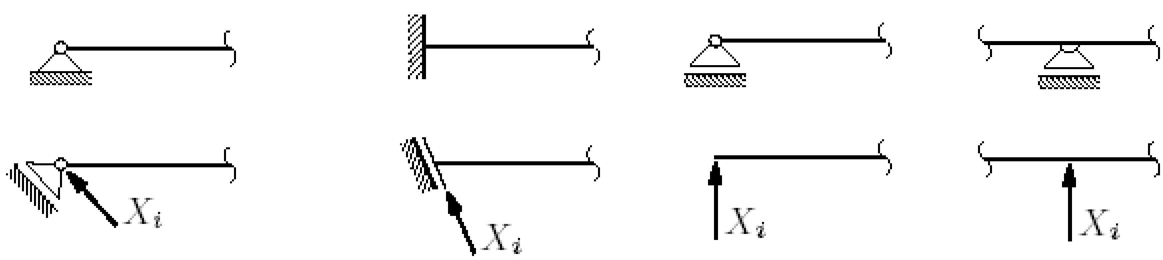




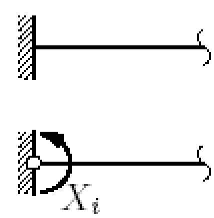
# IZBOR OSNOVNOG SUSTAVA

***Mogućnosti prekida veza***

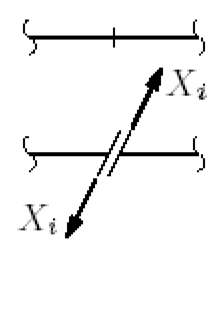
- Zamjena nepomičnog ležaja pomičnim po odabranom pravcu;

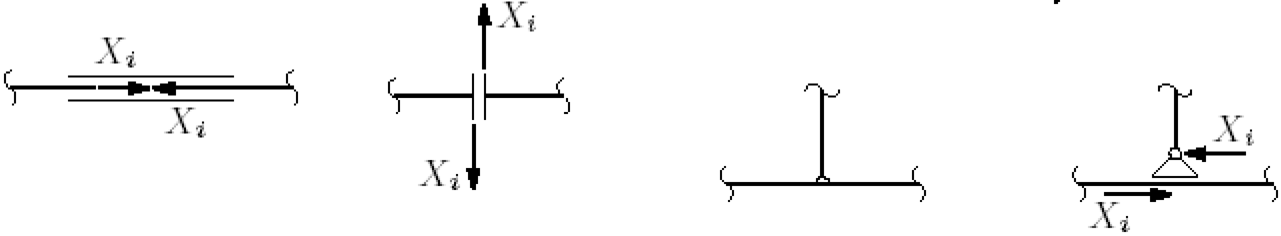



- Ubacivanjem zgloba upeti ležaj pretvaramo u zglobni;




- Zamjena unutarnje krute veze vezom koja omogućava relativni translacijski pomak po odabranom pravcu.

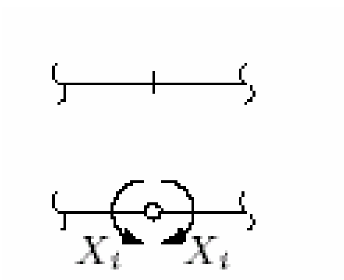


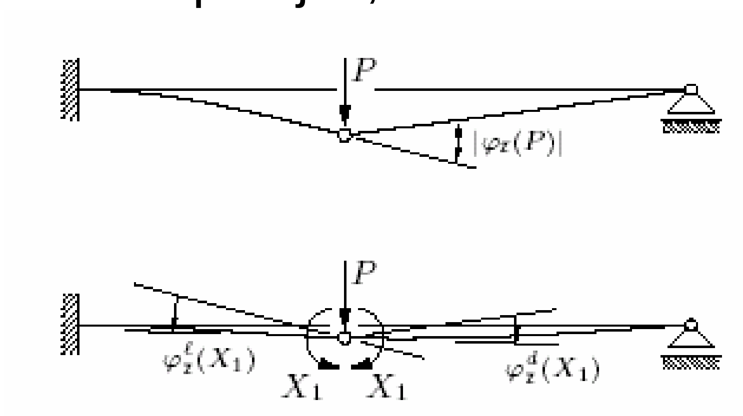



# IZBOR OSNOVNOG SUSTAVA

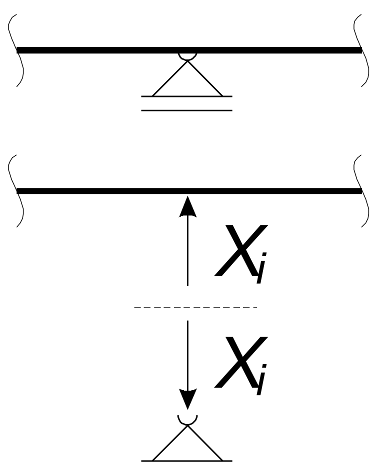
- ***Mogućnosti prekida veza***

Ubacivanje zgloba u neki presjek;



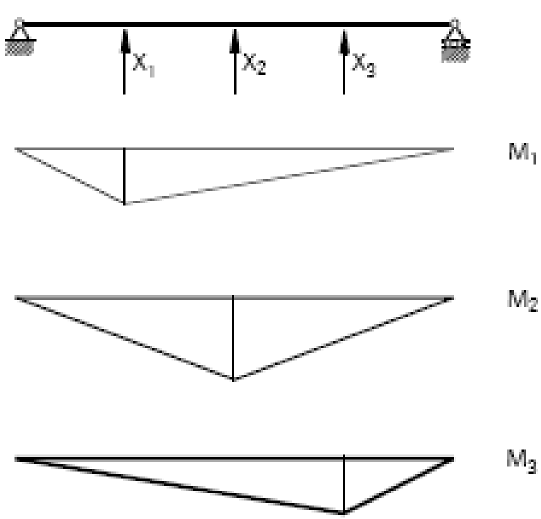

Presijecanjem prekobrojnih veza oslobađa se par sila i za vanjske i unutarnje veze.

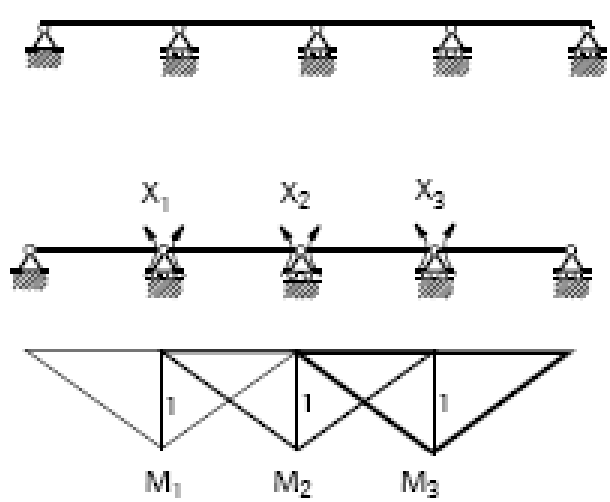



-u slučaju elastično popustljive podloge i drugi par oslobođene sile utječe na sile i pomake u konstrukciji.

# IZBOR OSNOVNOG SUSTAVA

- Izbor osnovnog sistema bitno utječe na složenost i trajanje proračuna metodom sila
- Osnovni sistem treba odabrati tako da **integracijski izrazi budu što kraći.**
- Pri izboru o.s. teži se da **iščezavanje momenata savijanja na što većem dijelu sustava** odnosno da se puno koeficijenata poništi kao posljedica toga.



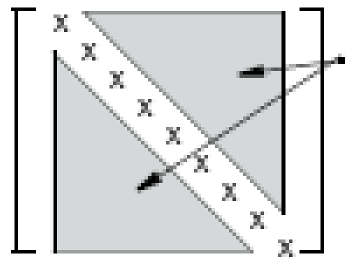

$$\delta_{1,0} = \int_0^{\ell} \frac{M_0(x)\, m_1(x)}{E\, I(x)}\, \mathrm{d}x$$

$$\delta_{1,1} = \int_0^{\ell} \frac{m_1^2(x)}{E\, I(x)}\, \mathrm{d}x$$

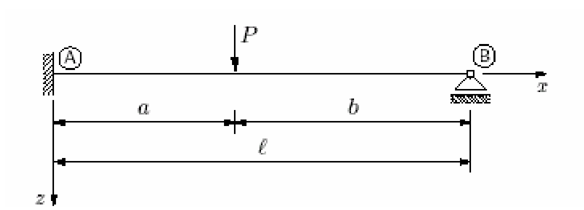
# IZBOR OSNOVNOG SUSTAVA

$$\begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & 0 \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \delta_{23} \\ 0 & \delta_{32} & \delta_{33} \end{bmatrix}$$

.

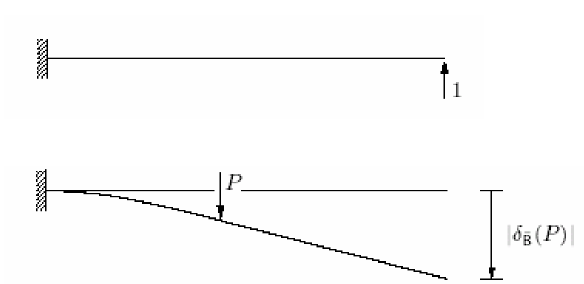


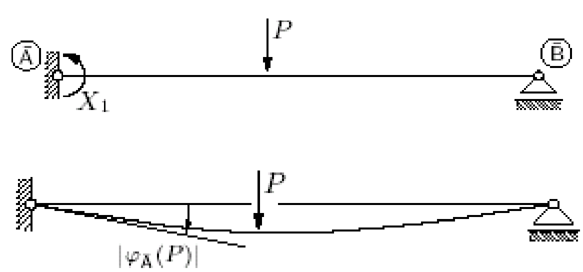

•Osnovni sistem treba biti **blizak zadanom sistemu po deformacijama.**




**1. O.S.**

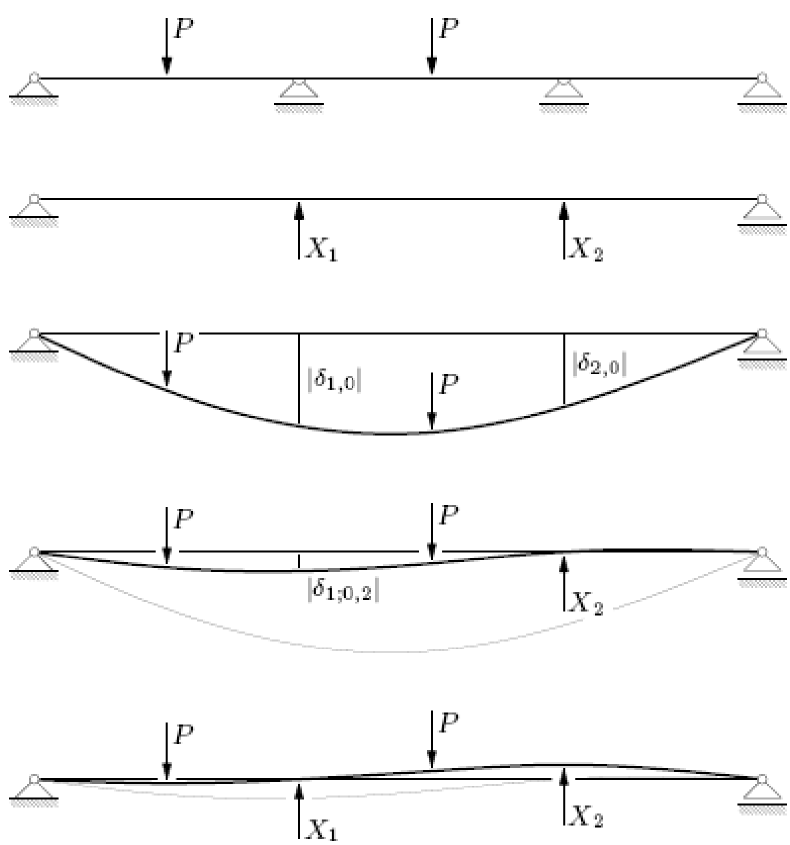
**2. O.S.**



# JEDNADŽBE METODE SILA

- Jednadžbe za određivanje nepoznatih veličina Xi statički neodređenih veličina formalni su zapis uvjeta kompatibilnosti pomaka. U metodi sila **uvjetima kompatibilnosti pomaka izražavamo zahtjev za podudaranjem progibnih linija zadanoga i osnovnog sistema** na koji djeluju i prekobrojne veličina.



# JEDNADŽBE METODE SILA

Na pomak hvatišta sile $X_2$ utječe, osim sila P i $X_2$, i sila $X_1$, pa je ukupni pomak te točke

$$\delta_2 = \delta_{2,0} + X_1\,\delta_{2,1} + X_2\,\delta_{2,2};$$

Uvjeti kompatibilnosti $\delta_1 = 0$ i $\delta_2 = 0$ daju sustav jed.

$$\delta_{1,1}\,X_1 + \delta_{1,2}\,X_2 + \delta_{1,0} = 0;$$

$$\delta_{2,1}\,X_1 + \delta_{2,2}\,X_2 + \delta_{2,0} = 0.$$

Uvjete kompatibilnosti ne možemo zadovoljavati pojedinačno, jedan neovisno o ostalima, jer svaka prekobrojna sila utječe na pomake hvatišta pomaka svih drugih prekobrojnih sila. Formalni je izraz tih uvjeta stoga sustav jednadžbi.

Uvjeti kompatibilnosti traže istodobno isčezavanje svih tih n pomaka:

$$\boxed{\sum_{j=1}^{n} \delta_{i,j}\,X_j + \delta_{i,0} = 0, \qquad i = 1, \ldots, n.}$$

Jednadžbe metode sila-**jednadžbe kompatibilnosti, kontinuiteta ili neprekinutosti.**

# JEDNADŽBE METODE SILA

- u matričnom obliku:

$$\begin{bmatrix} \delta_{1,1} & \delta_{1,2} & \cdots & \delta_{1,n} \\ \delta_{2,1} & \delta_{2,2} & \cdots & \delta_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_{n,1} & \delta_{n,2} & \cdots & \delta_{n,n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta_{1,0} \\ \delta_{2,0} \\ \vdots \\ \delta_{n,0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{DX} + \mathbf{\Delta} = \mathbf{0}.$$

$$\mathrm{D} = \begin{bmatrix} \delta_{1,1} & \delta_{1,2} & \cdots & \delta_{1,n} \\ \delta_{2,1} & \delta_{2,2} & \cdots & \delta_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_{n,1} & \delta_{n,2} & \cdots & \delta_{n,n} \end{bmatrix}$$

**Matrica popustljivosti ili matrica fleksibilnosti.**
D je simetrična oko gl. dijagonale jer je **$\delta_{i,j}=\delta_{j,i}$**,
i pozitivno definitna, kvadratna.

# JEDNADŽBE METODE SILA

$$\delta_{i,j} = \sum_{(e)} \int_0^{\ell_e} \left[ m_i(x)\, \kappa_j(x) + n_i(x)\, \varepsilon_j(x) \right] \mathrm{d}x,$$

**δi,j** -koeficijenti popustljivosti ili koeficijenti fleksibilnosti značenja pomaka hvatišta sila Xi po pravcima njihova djelovanja zbog djelovanja jediničnih sila u hvatištima, na pravcima i u smislu sila Xj .

**δi,j** → uzrok
↓
mjesto

$$\delta_{i,j} \gtreqless 0$$

$$\delta_{i,j} = \sum_{(e)} \int_0^{\ell_e} \left[ \frac{m_i(x)\, m_j(x)}{E\, I(x)} + \frac{n_i(x)\, n_j(x)}{E\, F(x)} \right] \mathrm{d}x,$$

$$\delta_{i,i} = \sum_{(e)} \int_0^{\ell_e} \left[ \frac{m_i^2(x)}{E\, I(x)} + \frac{n_i^2(x)}{E\, F(x)} \right] \mathrm{d}x$$

$\delta_{i,i} > 0$

$$\delta_{i,j} = \sum_{(e)} \int_0^{\ell_e} \left( \frac{m_i\, m_j}{E\, I} + \frac{n_i\, n_j}{E\, F} \right) \mathrm{d}x = \sum_{(e)} \int_0^{\ell_e} \left( \frac{m_j\, m_i}{E\, I} + \frac{n_j\, n_i}{E\, F} \right) \mathrm{d}x = \delta_{j,i},$$

# JEDNADŽBE METODE SILA

Vektor Δ-vektor vanjskih sila

$$\mathrm{DX} + \boldsymbol{\Delta} = \mathbf{0}.$$

Komponente δi,0 vektora Δ su pomaci su hvatišta sila Xi po pravcima njihova djelovanja, uslijed vanjskih utjecaja.

$$\delta_{i,0} = \sum_{(e)} \int_0^{\ell_e} \left[ m_i(x)\, \kappa_0(x) + n_i(x)\, \varepsilon_0(x) \right] \mathrm{d}x,$$

Vanjska djelovanja- opterećenja, utjecaj temperaturnih promjena i prisilni pomaci.

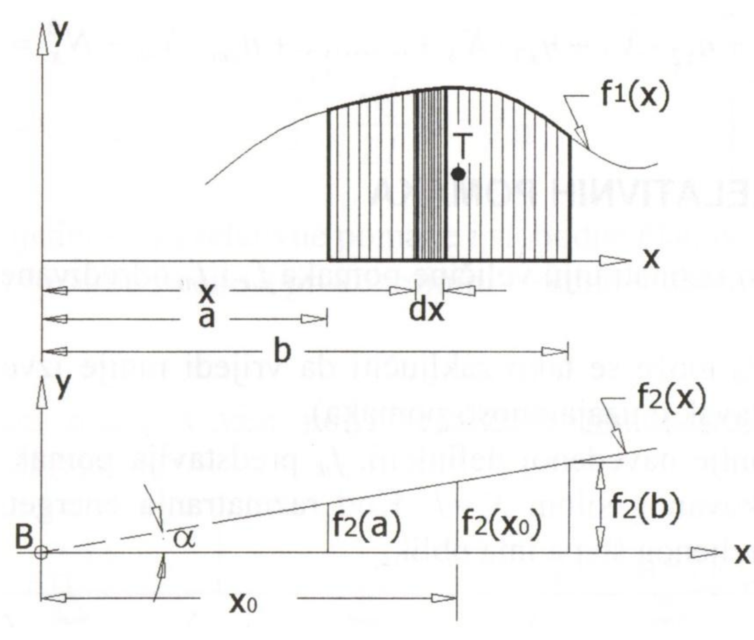
$$\kappa_0(x) = \frac{M_0(x)}{E\,I(x)} + \alpha_t \frac{\Delta t(x)}{h(x)},$$

$$\varepsilon_0(x) = \frac{N_0(x)}{E\,F(x)} + \alpha_t\, t_s(x).$$

δi,0 i δi,j veličine pomaka određujemo iz deformacijske energije sistema.

# VEREŠČAGINOV TEOREM

- Integracija za dobivanje veličina δi,0 i δi,j se vrši preko cijele konstrukcije. Često se zanemaruje doprinos poprečne sile, kao i N sile gdje ona nije dominantno djelovanje.
- Integracija pomoću teorema Vereščagina (pod uvjetom da je barem jedna podintegralna funkcija linearna).

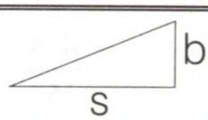
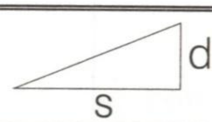
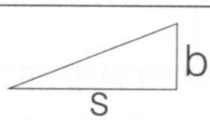
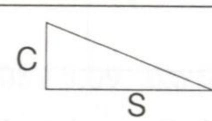
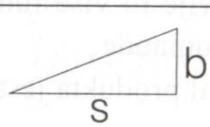
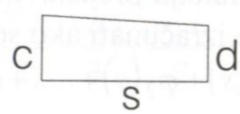
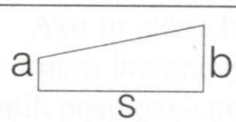
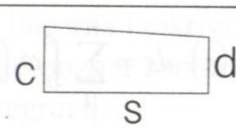
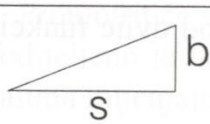
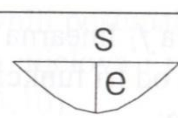
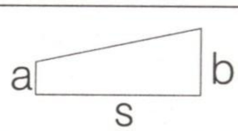
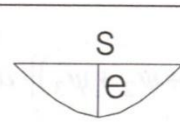



$$\int_a^b f_1(x)\cdot f_2(x)\cdot dx = A_1 \cdot f_2(x_0)$$

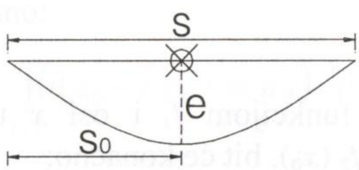
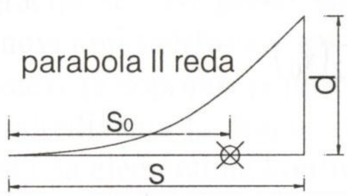
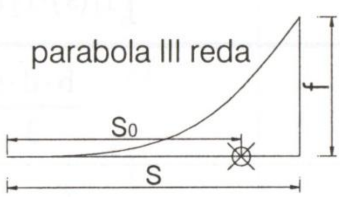
# VEREŠČAGINOV TEOREM

Vereščaginov teorem:

Integral umnoška dviju neprekinutih funkcija u granicama (a,b), pri čemu je jedna funkcija linearna, jednak je umnošku površine, omeđene nelinearnom funkcijom i osi x, u granicama integracije, i ordinate linearne funkcije ispod težišta površine nelinearne funkcije.

| $f_1(s)$ | $f_2(s)$ | $\int_0^s f_1(s)\cdot f_2(s)\cdot ds$ |
|---|---|---|
|   |   | $\frac{b\cdot d\cdot s}{3}$ |
|   |   | $\frac{b\cdot c\cdot s}{6}$ |
|   |   | $\frac{(2\cdot b\cdot d+c\cdot b)\cdot s}{6}$ |
|   |   | $\frac{(2ac+2bd+abbc)\cdot s}{6}$ |
|   |   | $\frac{b\cdot e\cdot s}{3}$ |
|   |   | $\frac{(a+b)\cdot e\cdot s}{3}$ |

# VEREŠČAGINOV TEOREM

| Funkcija | Površina | Položaj težišta $s_0$ |
|---|---|---|
|  | $\frac{2 \cdot s \cdot e}{3}$ | $\frac{s}{2}$ |
|  | $\frac{s \cdot d}{3}$ | $\frac{3 \cdot s}{4}$ |
|  | $\frac{f \cdot s}{4}$ | $\frac{4 \cdot s}{5}$ |

# VANJSKE I UNUTARNJE SILE

ODREĐIVANJE VANJSKIH I UNUTARNJIH SILA U ST.N.S.

- Osnovni sistem, koji je uz zadana djelovanja opterećen i prekobrojnim silama i momentima čije su vrijednosti rješenja jednadžbi kompatibilnosti, nalazi se u istom mehaničkom stanju kao i zadani statički neodređeni sistem pod zadanim djelovanjima. Njihove se progibne linije poklapaju, a vrijednosti prekobrojnih veličina u osnovnom sistemu jednake su vrijednostima reakcija ili unutarnjih sila u zadanom sistemu na mjestima zamišljenih prekida.
- Vrijednost bilo koje veličine u statički neodređenom sistemu možemo izračunati kao algebarski zbroj vrijednosti te veličine u osnovnom sistemu od zadanih djelovanja i od statički neodredenih veličina.

# VANJSKE I UNUTARNJE SILE

$$R = R_0 + \sum_{i=1}^{n} R_i, \qquad R = R_0 + \sum_{i=1}^{n} X_i\, r_i.$$

$$M = M_0 + \sum_{i=1}^{n} M_i\, X_i$$

$$Q = Q_0 + \sum_{i=1}^{n} Q_i\, X_i$$

$$N = N_0 + \sum_{i=1}^{n} N_i\, X_i$$

$$A = A_0 + \sum_{i=1}^{n} A_i\, X_i$$

$$\delta = \delta_0 + \sum_{i=1}^{n} \delta_i\, X_i$$

# PRISILNI POMACI LEŽAJA I TEMPERATURA

- Kod statički neodređenih sistema – odgovor reakcije i unutarnje sile od opterećenja; zbog prisilnih pomaka te pri promjenama temperature.
- Utjecaj temperaturnih promjena na savijanje i na produljenje/skraćenje dijelova sistema- dodatnim pribrojnicima u izrazu za slobodne članove δi;0

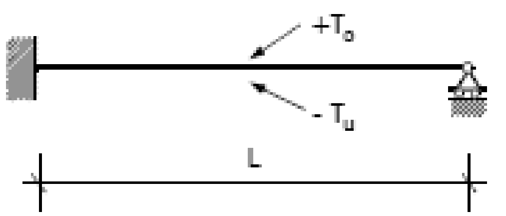
$$EI_C\,\delta_{ik} = \int \frac{I_C}{I} M_i\,M_k\,ds + \int \frac{I_C}{A} N_i\,N_k\,ds + \int \frac{EI_C}{GA_Q} Q_i\,Q_k\,ds$$

$$EI_C\,\delta_{i0} = \int \frac{I_C}{I} M_i\,M_0\,ds + \int \frac{I_C}{A} N_i\,N_0\,ds + \int \frac{EI_C}{GA_Q} Q_i Q_k\,ds$$

$$+ \underbrace{EI_C\alpha_t \int \left(N_i t_0 + M_i \frac{\Delta t}{h}\right) ds}_{\text{temperatura}} + \underbrace{EI_C\,\delta}_{\text{Pris.pomak ležaja}}$$

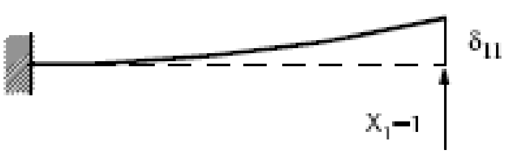
# PRISILNI POMACI LEŽAJA I TEMPERATURA

- PRIMJER: Na statički n.sust. djeluje temp. razlika gornjeg i donjeg pojasa, odrediti utjecaj iste na nosač. Utjecaj su sile i pomaci.





•Progib o.s. uslijed temperature




•Progib o.s. uslijed $X_1$

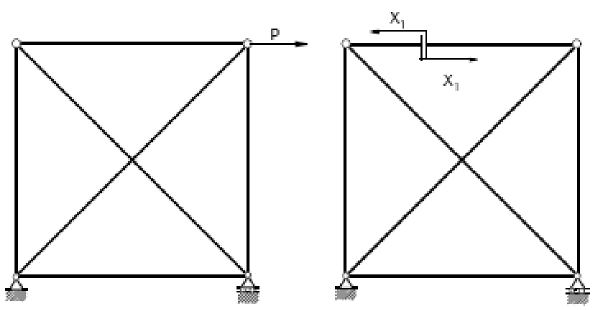
$$\delta_{10} = \alpha_t \int_0^L M_1 \frac{\Delta T}{h}\, ds \qquad \Delta T = (T_u - T_o)$$

$$EI_C\, \delta_{11} = \int_0^L M_1^{\,2}\, ds$$

$$X_1 = -\frac{\delta_{10}}{\delta_{11}}$$

# PRISILNI POMACI LEŽAJA I TEMPERATURA

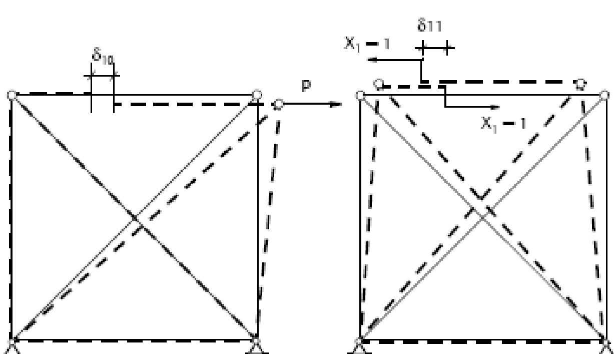
- Kod rešetke utjecaj temperature je na izduženje ili skraćenje štapova.




St.n.r. st.odr.sistem

$$EA_C\ \delta_{10} = \sum_{m=1}^{M}\left[\left(N_0\ N_1\ \frac{A_C}{A}\ s\right)_m + \underbrace{EA_C\ \alpha_t \sum_{m=1}^{M}(N_1\ t_0 s\ )_m}_{\text{Temperaturanteil}}\right]$$

$$EA_C\delta_{11} = \sum_{m=1}^{M}\left(N_1^2\ \frac{A_C}{A}\ s\right)_m$$




Def.uslijed vanj. djelovanja / Def. uslijed $X_1$=1

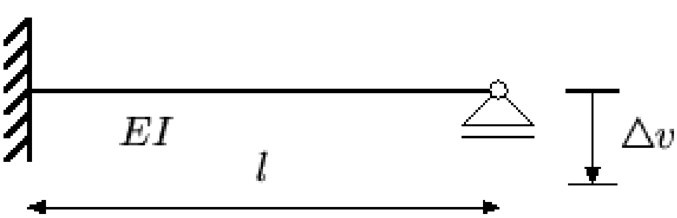
# PRISILNI POMACI LEŽAJA I TEMPERATURA

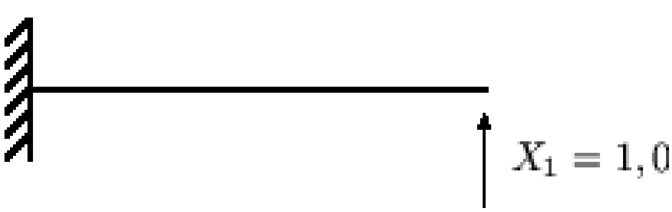
**Prisilni pomaci-translancijski pomaci** ležaja po pravcima po kojima ti ležaji sprečavaju pomake i **zaokret**, **pomaci uslijed netočne izvedbe**.

Oblik jednadžbi kompatibilnosti ovisi o izboru osnovnoga sistema i razlikujemo dva slučaja.

**(1)**

Osnovni je sistem odabran tako da je hvatište jedne od sila koje zamjenjuju raskinute veze u točki čiji je pomak zadan *i* da pritom ta *sila djeluje na pravcu zadanog pomaka.*



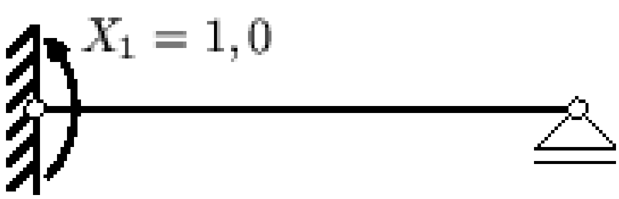




$$\sum_{j=1}^{n} \delta_{\ell,j}\, X_j + \delta_{\ell,0} = \bar{\delta};$$

# PRISILNI POMACI LEŽAJA I TEMPERATURA

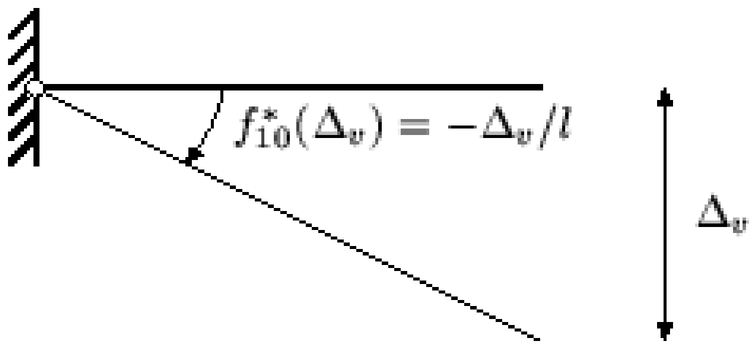
- **(2)**
- Osnovni je sistem takav da ni jedna zamjenjujuća sile ne djeluje na pravcu zadanog pomaka u točki čiji je pomak zadan (hvatište sile može biti u toj točki, ali se pravac djelovanja sile ne smije poklapati s pravcem pomaka; ako pak sila djeluje na pravcu pomaka, njeno hvatište ne smije biti

  točka čiji je pomak zadan




Ni jedna prekobrojna sila ne djeluje na pravcu prisilnog pomaka u točki čiji je pomak zadan.
Svi pomaci po pravcima raskinutih veza moraju isčeznuti. Utjecaji prisilnoga pomaka -u δi;0
- raskidanjem odgovarajuće veze osnovni sistem pretvaramo u mehanizam, crtamo plan pomaka za zadani pomak i iz njega očitavamo pomake hvatišta sila Xi koje pribrajamo vrijednostima δi;0.

# PRISILNI POMACI LEŽAJA I TEMPERATURA




$f_{11}{}^{*} \cdot X_1 + f_{10}{}^{*}(\Delta_v) = 0.$