

# ***TEORIJA BETONSKIH KONSTRUKCIJA***

## ***PRORAČUN PREMA TEORIJI GRANIČNIH STANJA***

***Prof. dr Snežana Marinković***

***Doc. dr Ivan Ignjatović***

***Semestar: V***

***ESPB: 6***

## **SADRŽAJ:**

- 1. Proračun prema graničnim stanjima**
- 2. Osnove proračuna**
- 3. Radni dijagram betona**
- 4. Radni dijagram čelika**
- 5. Principi proračuna. Koeficijenti sigurnosti**
- 6. Moguća stanja deformacija preseka**
- 7. Određivanje graničnih uticaja za dimenzionisanje**

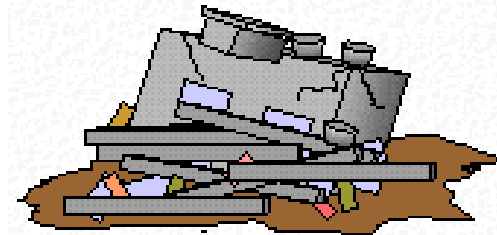
# 1. PRORAČUN PREMA GRANIČNIM STANJIMA

*Cilj proračuna:*

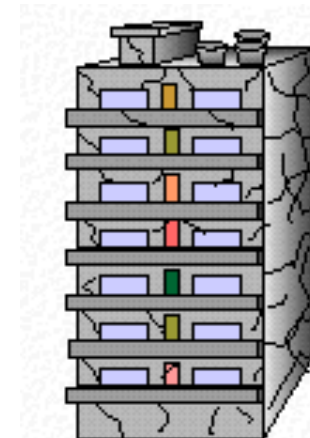
- *Obezbediti zadovoljavajućim koeficijentom sigurnosti da konstrukcija može prihvatiti sva opterećenja i uticaje koji se mogu javiti tokom životnog veka konstrukcije*
- *Obezbediti sa zadovoljavajućom verovatnoćom da će konstrukcija ostati u pogodnom stanju za upotrebu za koju je namenjena*

# 1. PRORAČUN PREMA GRANIČNIM STANJIMA

1. *Granično stanje nosivosti (GSN) – stanje konstrukcije ili njenog elementa pri kome se gubi sposobnost daljeg nošenja spoljnog opterećenja – lom (stanje u kome su ugroženi životi!)*

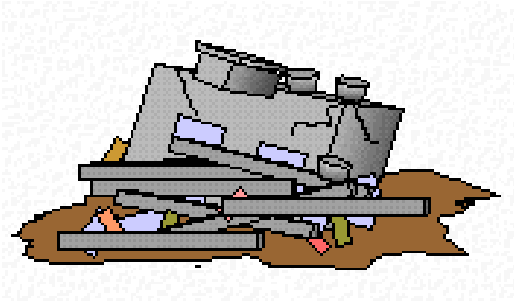


2. *Granično stanje upotrebljivosti (GSU) – stanje konstrukcije ili njenog elementa pri kome ona prestaje da zadovoljava određene eksploatacione zahteve – trajnost, ugib, prsline... (stanje u kome nisu ugroženi životi)*

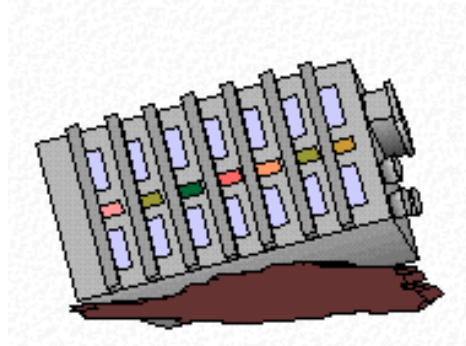


# 1. PRORAČUN PREMA GRANIČNIM STANJIMA

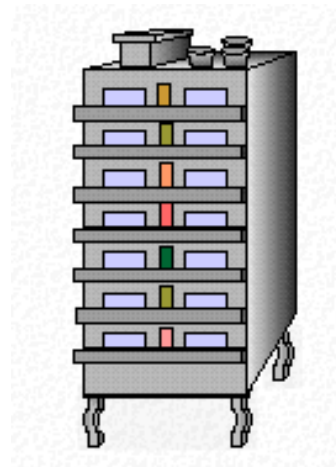
- *Granična stanja:*



*nosivosti – lom*

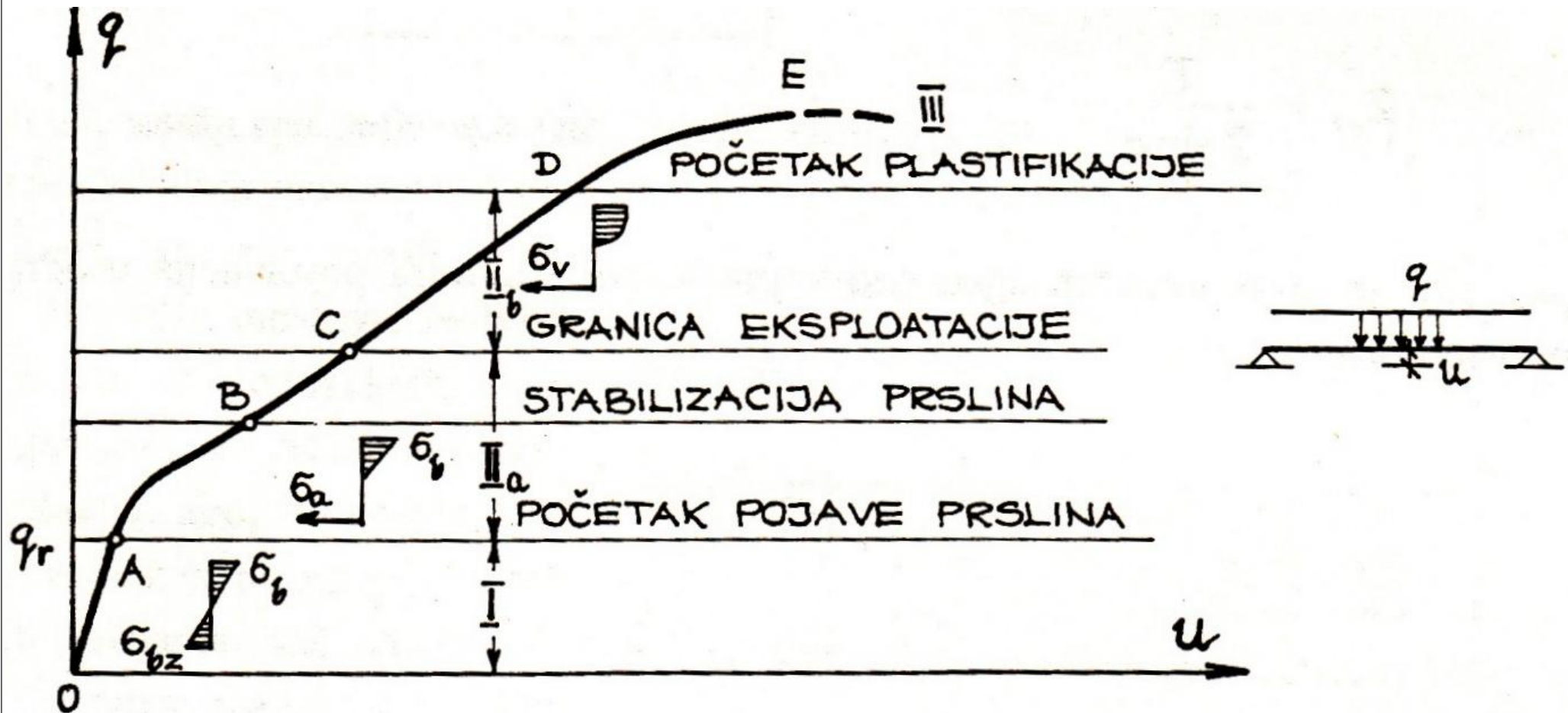


*globalne stabilnosti – preturanje*



*lokalne stabilnosti - izvijanje*

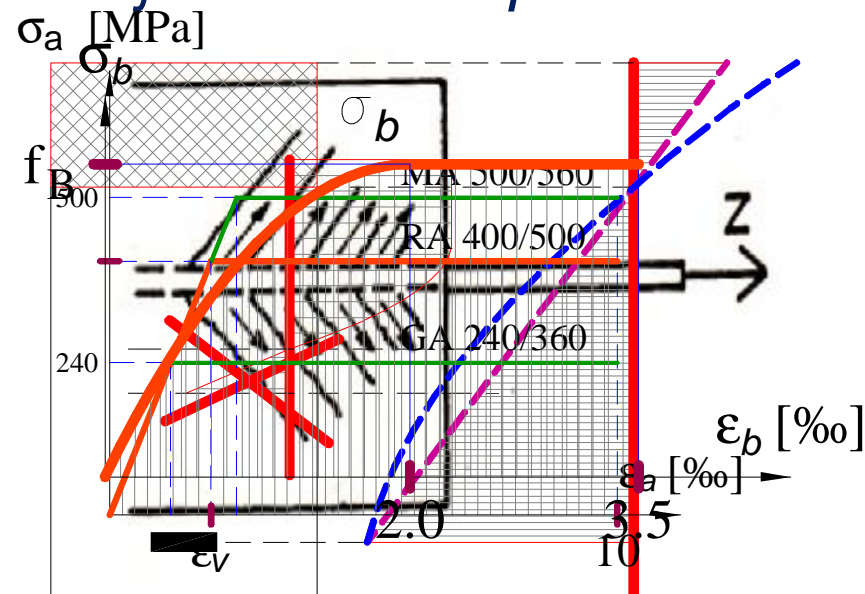
## 2. OSNOVE PRORAČUNA



*Dijagram opterećenje-ugib nosača opterećenog do loma*

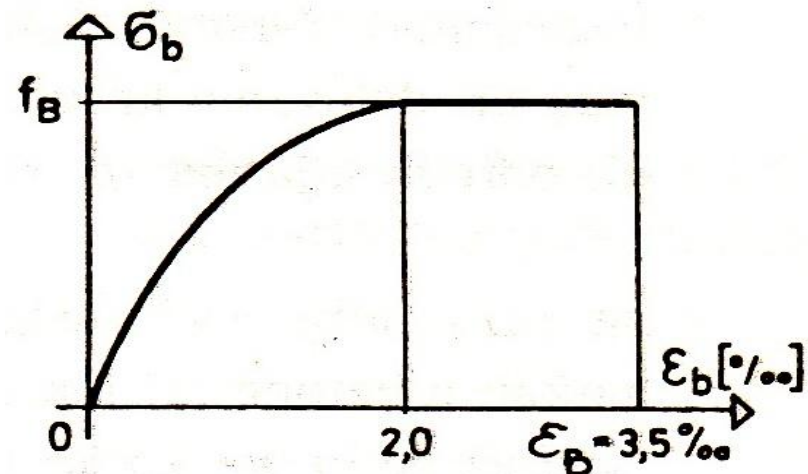
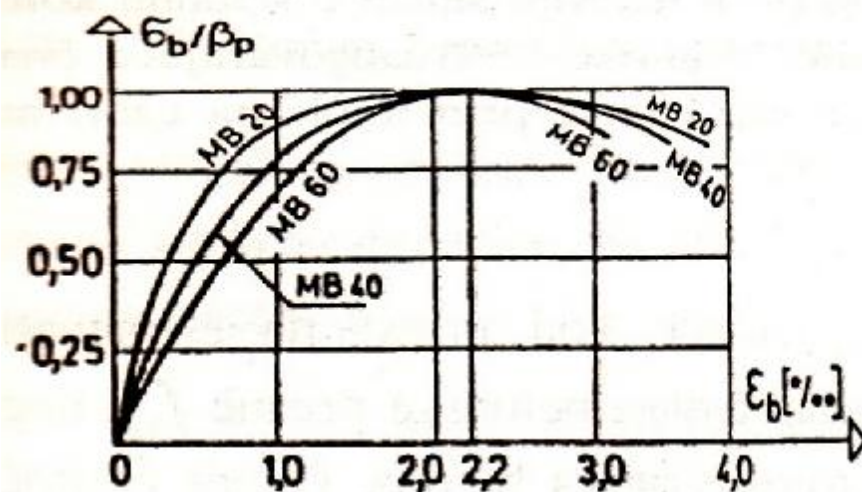
## 2. OSNOVE PRORAČUNA

- *Pretpostavke o ponašanju preseka u graničnom stanju loma:*
  1. *Važi Bernulijeva hipoteza o ravnim preseccima*
  2. *Celokupne napone zatezanja prihvata armatura*
  3. *Nije narušena veza između čelika i betona odn.  $\varepsilon_b = \varepsilon_a$*
  4. *Veza napon-dilatacija betona se aproksimira radnim dijagramom betona (RDB)*
  5. *Veza napon-dilatacija čelika se aproksimira radnim dijagramom čelika (RDČ)*



### 3. Radni dijagram betona

- Eksperimentalna ispitivanja => stvarno ponašanje betona!
- Oblik  $\sigma$ - $\varepsilon$  dijagrama i veličina krajnjih dilatacija  $\varepsilon_b$  zavisi od:
  - naponskog stanja (savijanje > ekscentrični pritisak > pritisak)
  - kvaliteta betona
  - brzine nanošenja opterećenja
  - oblika poprečnog preseka i količine armature
- Potreba za jedinstvenim proračunom => RDB





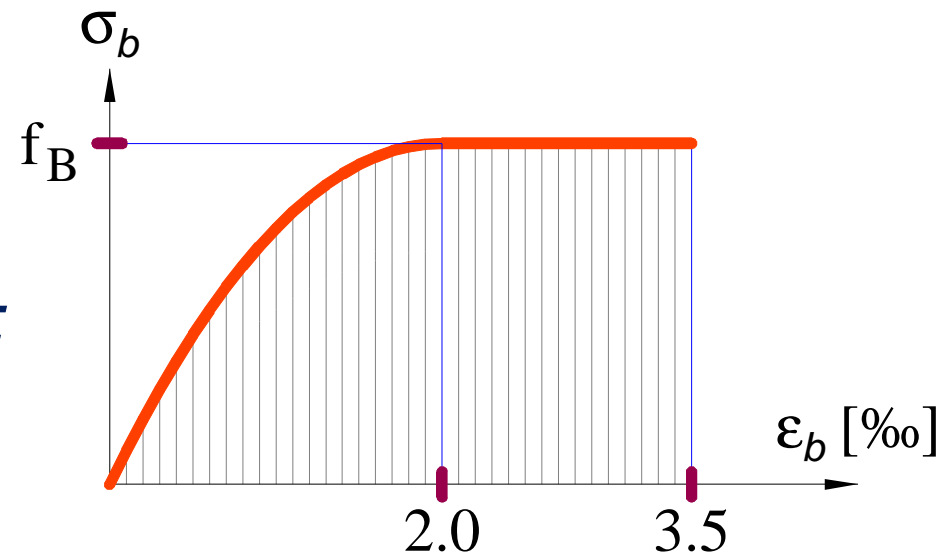
### 3. Radni dijagram betona

- U oblasti dilatacija betona  $0 \leq \varepsilon_b \leq 2 \text{ ‰}$  važi relacija:

$$\sigma_b = \frac{f_b}{4} (4 - \varepsilon_b) \varepsilon_b$$

a u oblasti  $2 \text{ ‰} \leq \varepsilon_b \leq 3.5 \text{ ‰}$ :

$$\sigma_b = f_b$$

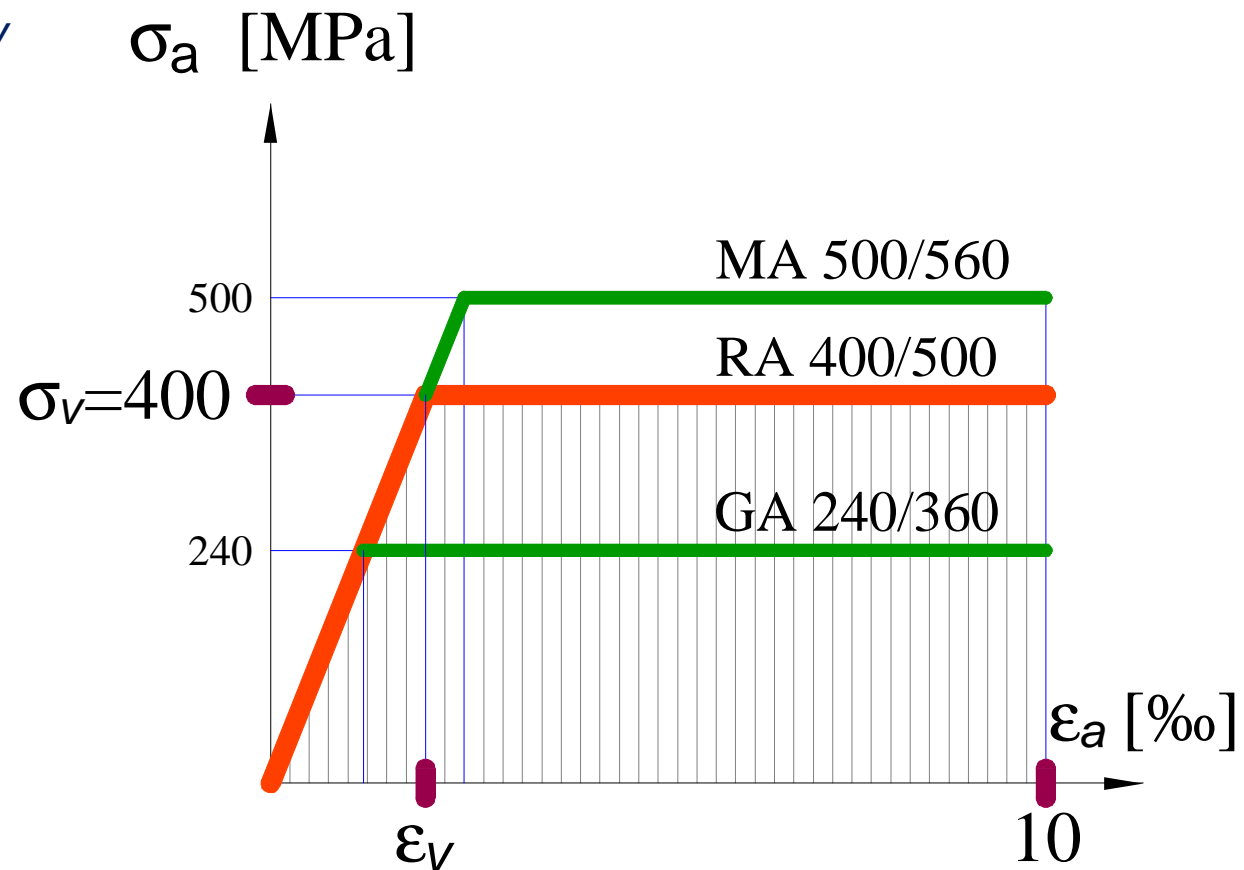


- Gde je  $f_b$  računska čvrstoća betona pri pritisku

MB	10	15	20	30	40	50	60
$f_b$	7	10.5	14	20.5	25.5	30	33
$f_b/\text{MB}$	0.70	0.70	0.70	0.68	0.64	0.60	0.55

## 4. Radni dijagram čelika

- Prema Pravilniku BAB 87 - bilinearni RDCČ uz ograničenje maksimalne dilatacije u armaturi na 10 ‰!
- Lom nosača po armaturi => napon dostiže granicu razvlačenja  $\sigma_v$



## 5. Principi proračuna. Koeficijenti sigurnosti

- *Suština proračuna sastoji se u dokazu da je granična nosivost preseka  $N_u$  veća ili jednaka od dejstva koje u preseku izazivaju granični uticaji  $S_u$*

$$N_u \geq S_u$$

- *Proračun konstrukcija se vrši uz brojne pretpostavke, pojednostavljenja i nepoznanice:*
  - *Veličine opterećenja?*
  - *Tačnost određivanja mehanički osobina materijala?*
  - *Usvajanje proračunskog sistema?*
  - *Odstupanja u toku građenja?*

## 5. Principi proračuna. Koeficijenti sigurnosti

- Nosivost mora biti veća od uticaja za koeficijent sigurnosti
- Granična nosivost  $N_u$  (nosivost u trenutku loma) se računa pod navedenim pretpostavkama sa karakterističnim vrednostima svojstava materijala
- Granična vrednost uticaja  $S_u$  se dobija množenjem eksploatacione vrednosti uticaja koeficijentima sigurnosti:

$$S_u = \sum_i \gamma_{ui} S_i$$

$$N_u \geq S_u$$

## 6. *Moguća stanja deformacije preseka*

- *Kriterijum loma – vrednosti dostignutih graničnih dilatacija!*
- *Razlikujemo 3 vrste loma:*
  - a) Lom po betonu, kada je  $\varepsilon_b = 3.5\text{‰}$ ;  $0 \geq \varepsilon_a \geq -10\text{‰}$*
  - b) Lom po armaturi, kada je  $0 \leq \varepsilon_b \leq 3.5\text{‰}$ ;  $\varepsilon_a = -10\text{‰}$*
  - c) Simultani lom, kada je  $\varepsilon_b = 3.5\text{‰}$ ;  $\varepsilon_a = -10\text{‰}$*

# *Lom po betonu*







NAC-3

53-1.2

D3-1

27.06.2011 17:54











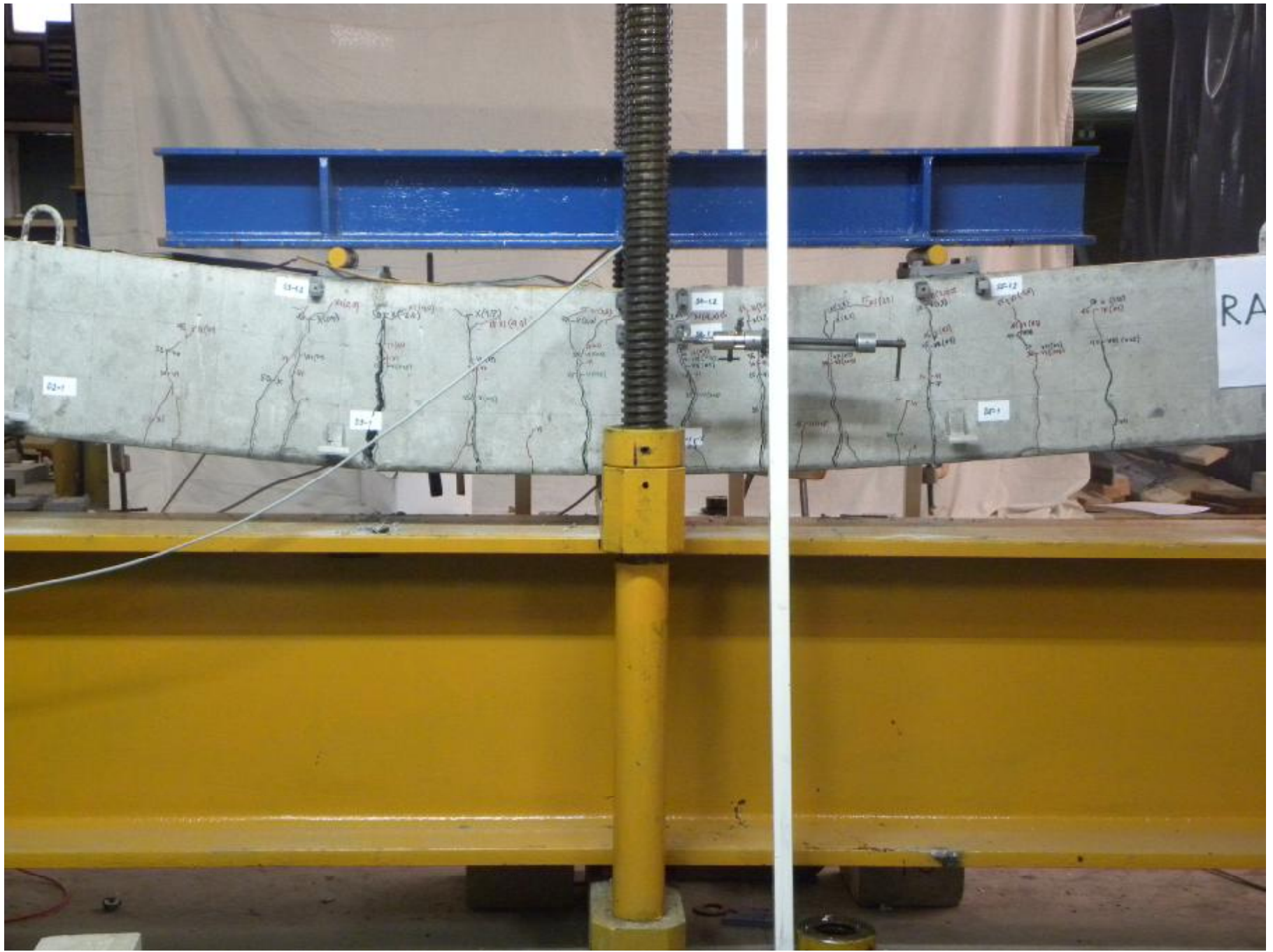
# ***“Lom” po armaturi***





29.06.2011 13:49

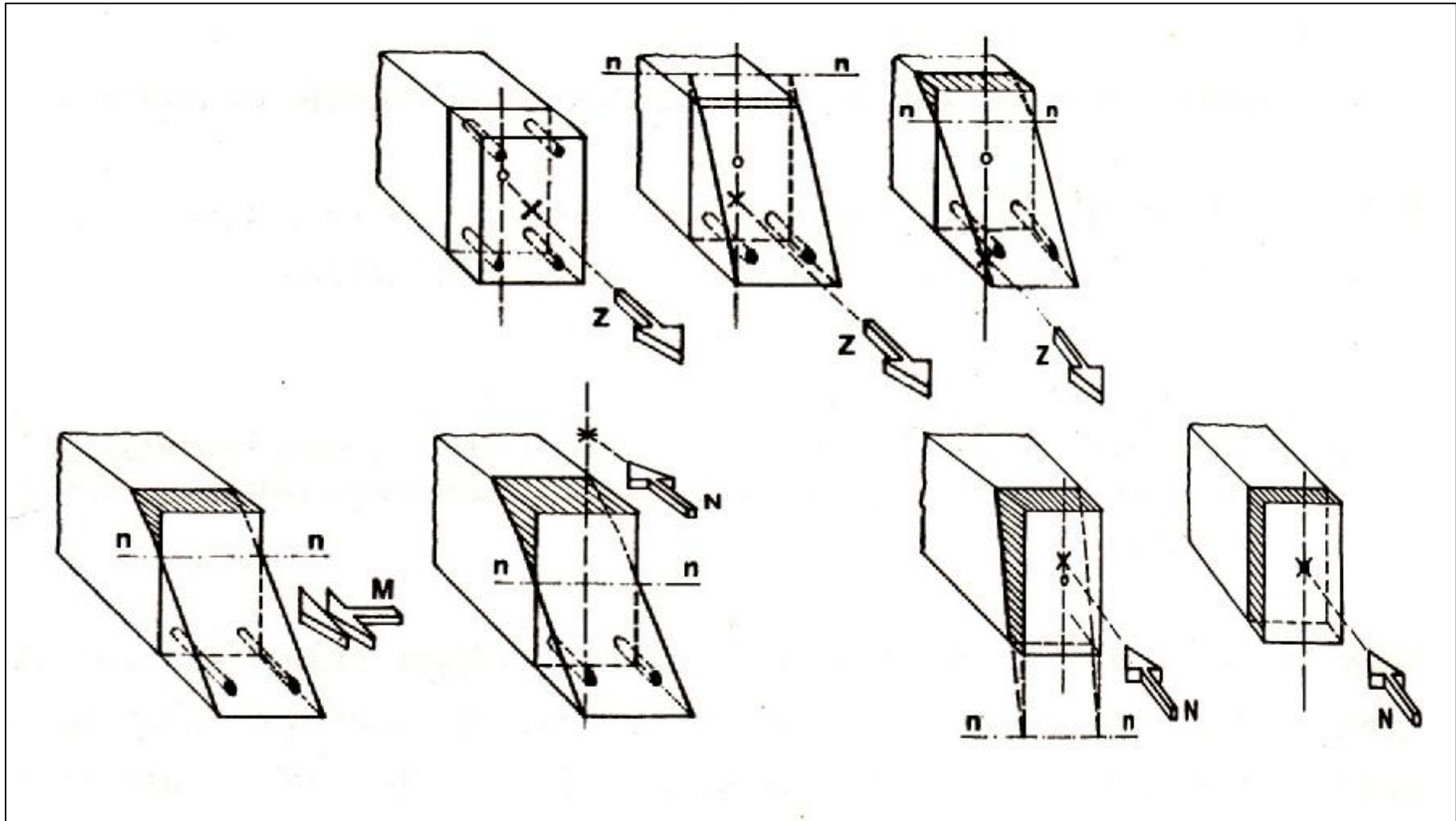






## 6. *Moguća stanja deformacije preseka*

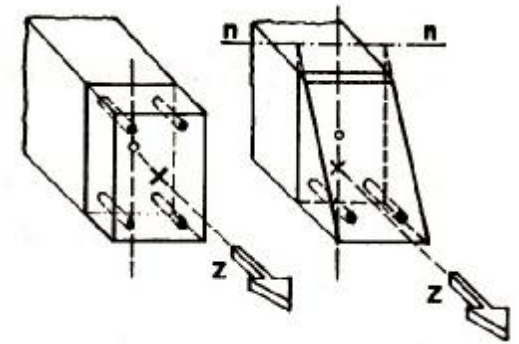
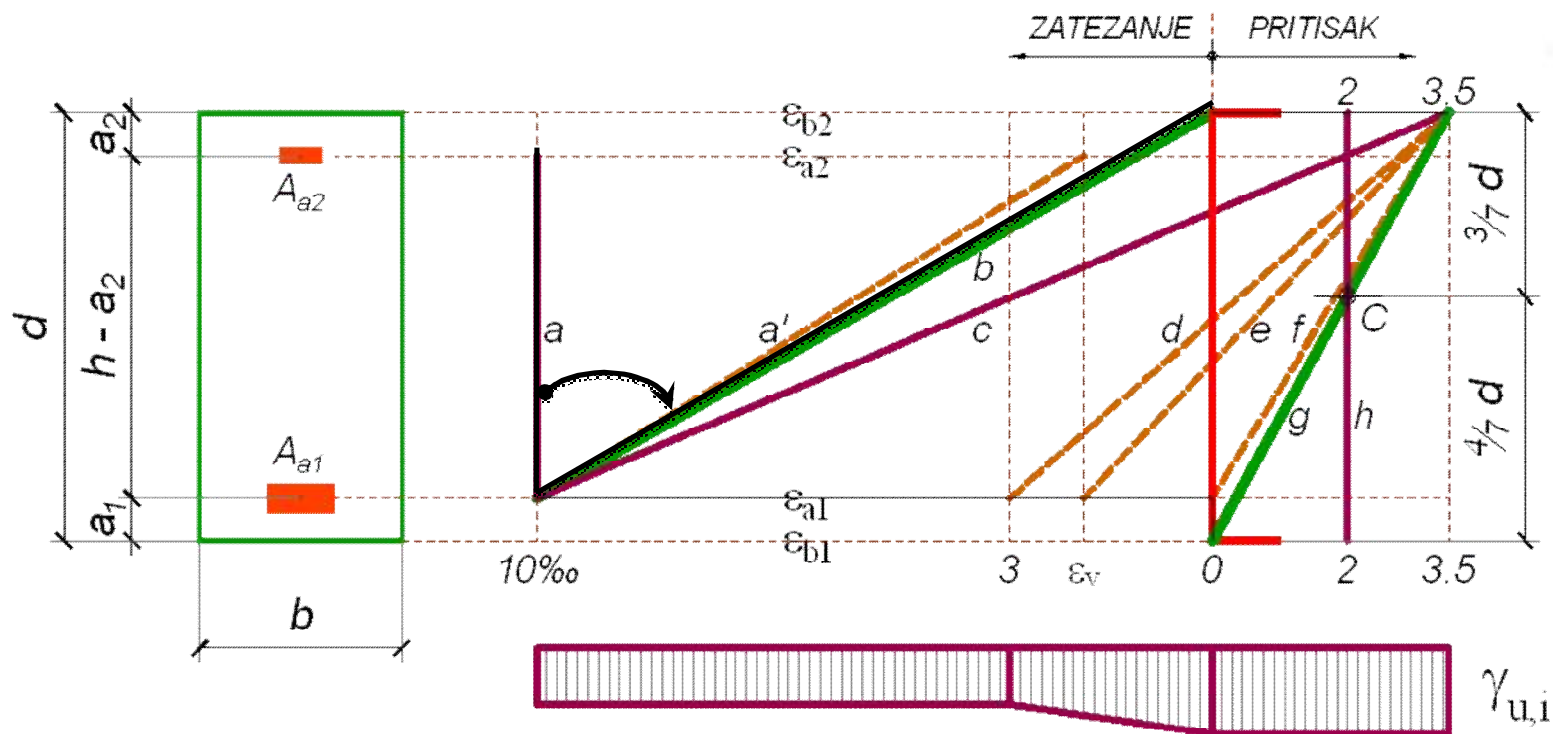
- *Granično stanje loma – moguća stanja dilatacija u preseku:*





## 6. Moguća stanja deformacije preseka

- Područje između linija a i b:  
čisto zatezanje ili ekscentrično zatezanje u fazi malog ekscentriciteta -  $\varepsilon_a = -10\text{‰}$ ;  $\varepsilon_b \leq 0\text{‰}$

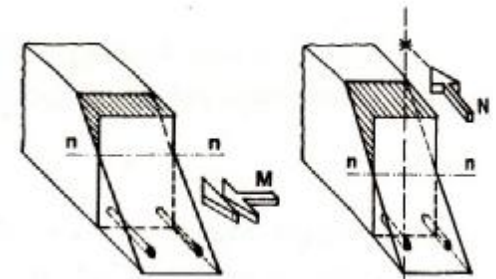
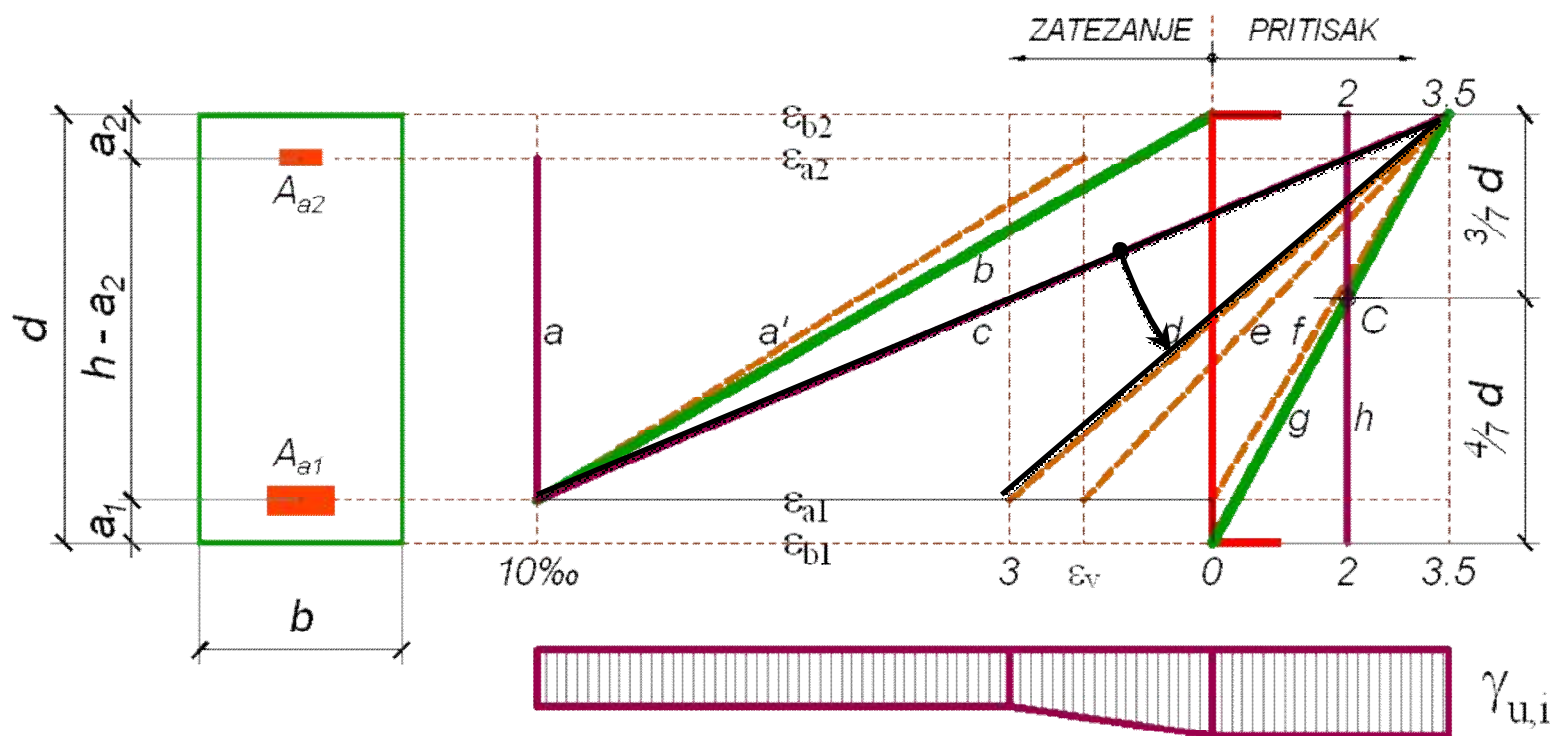






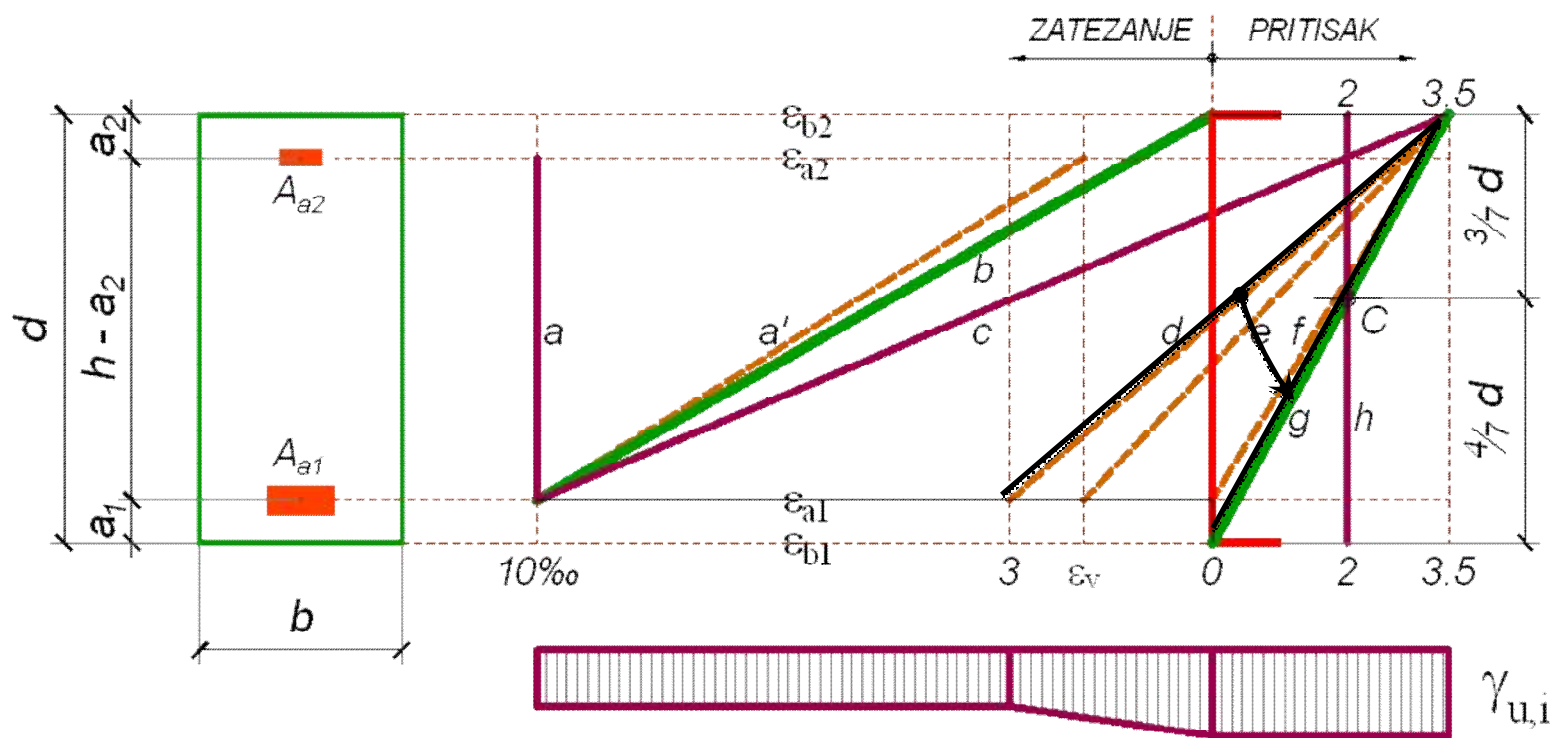
## 6. Moguća stanja deformacije preseka

- Područje između linija c i d:  
čisto savijanje i složeno savijanje sa silom pritiska-  
 $\varepsilon_b = 3.5\text{‰}$ ;  $-10\text{‰} \leq \varepsilon_a \leq -3\text{‰}$



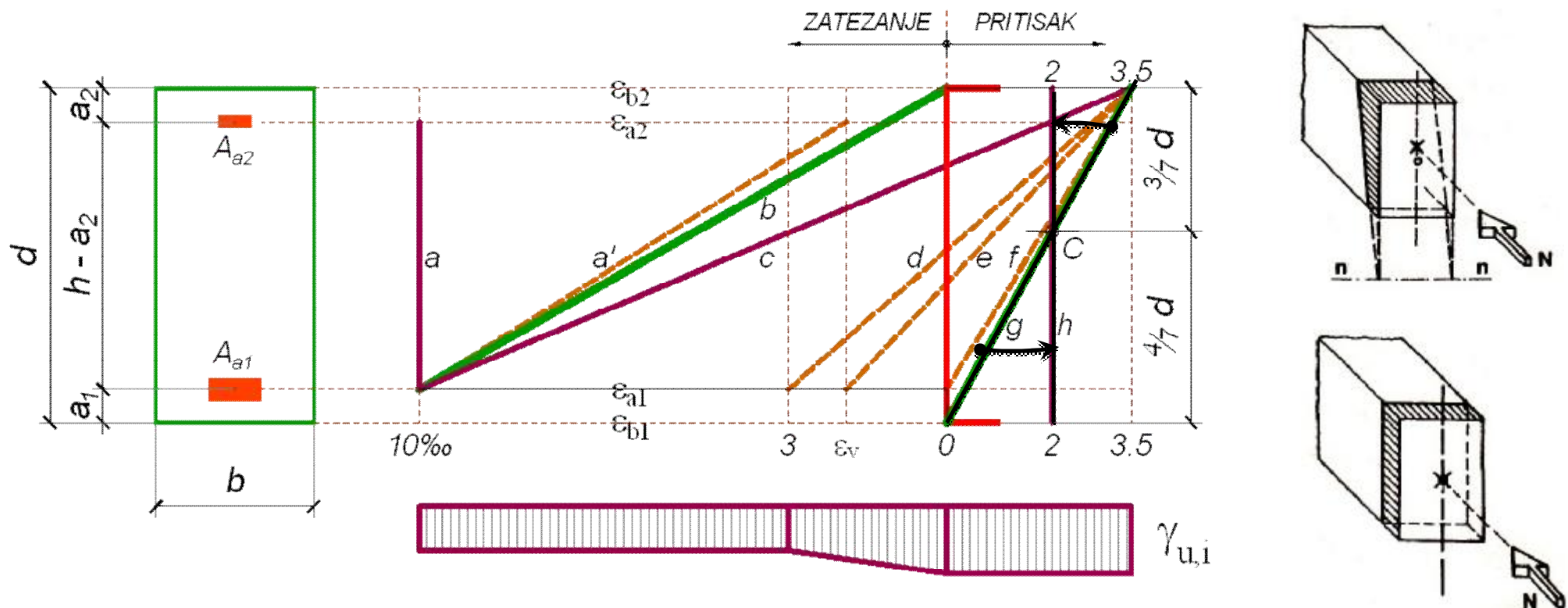
## 6. Moguća stanja deformacije preseka

- Područje između linija d i g:  
složeno savijanje sa velikom silom pritiska -  $\varepsilon_b = 3.5\text{‰}$ ;  
 $-3\text{‰} \leq \varepsilon_a \leq 0\text{‰}$



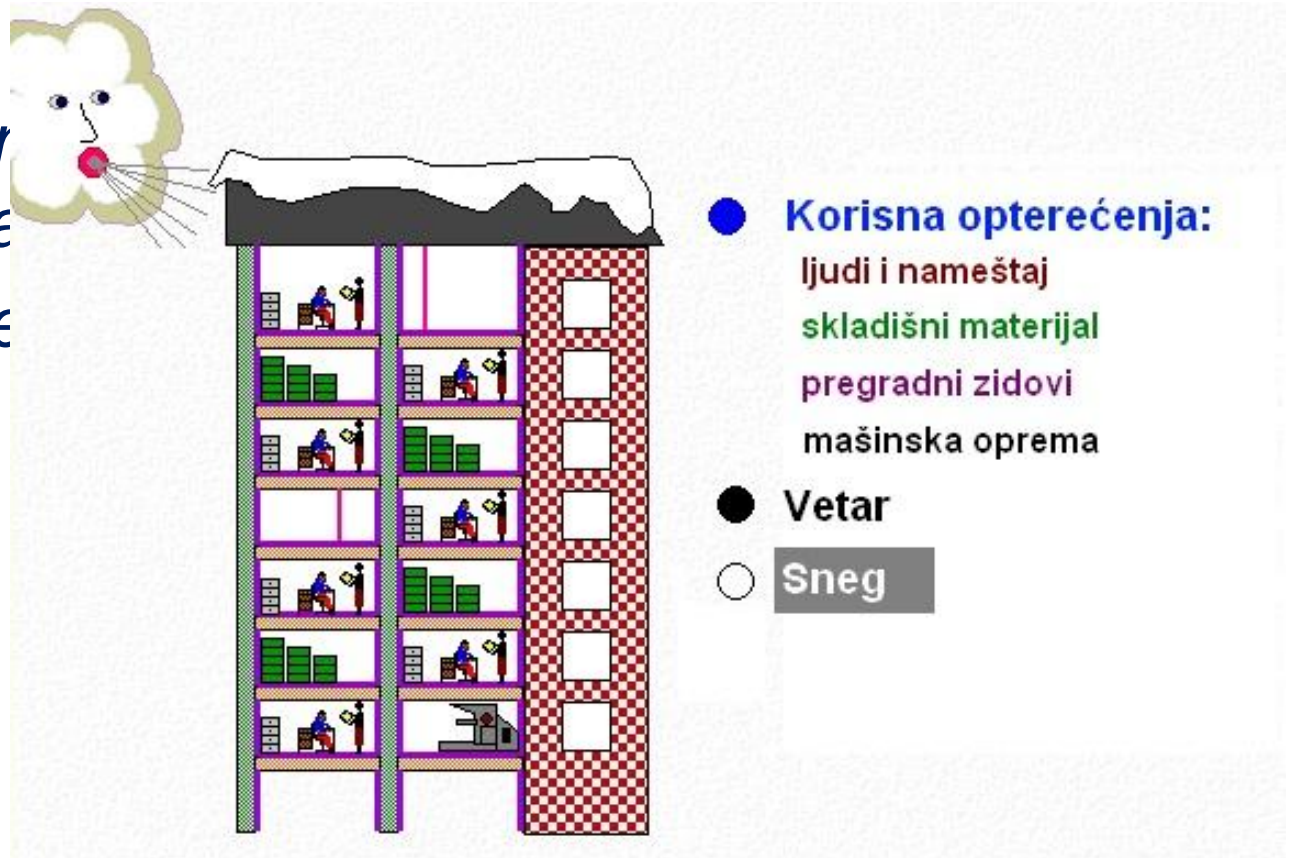
## 6. Moguća stanja deformacije preseka

- Područje između linija g i h:  
ekscentrični pritisak (mali ekscentricitet) -  $2 \leq \varepsilon_b \leq 3.5\text{‰}$ ;  
 $-3\text{‰} \leq \varepsilon_a \leq 0\text{‰}$ ; centrični pritisak (linija h) -  $\varepsilon_b = \varepsilon_a = 2\text{‰}$



## 7. Određivanje graničnih uticaja za dimenzionisanje

- *Određivanje statičkih uticaja u merodavnim presecima od:*  
 $S_g$  – dejstva sopstvene težine i stalnog opterećenja  
 $S_p$  – dejstva promenljivih opterećenja (korisno, pokretno, sneg, vetar)  
 $S_{\Delta}$  – dejstva od proračunskih oslonaca, skupljanja
- *Proračun prema linearnim uticajima (najjednostavniji)*





## 7. Određivanje graničnih uticaja za dimenzionisanje

- *Određivanje graničnih uticaja pri dejstvu  $S_g$  i  $S_p$ :*

$$S_u = 1.6 S_g + 1.8 S_p \quad \text{za} \quad -10 \leq \varepsilon_a \leq -3\text{‰}$$

$$S_u = 1.9 S_g + 2.1 S_p \quad \text{za} \quad \varepsilon_a \geq 0\text{‰}$$

- *Određivanje graničnih uticaja pri dejstvu  $S_g$ ,  $S_p$  i  $S_\Delta$ :*

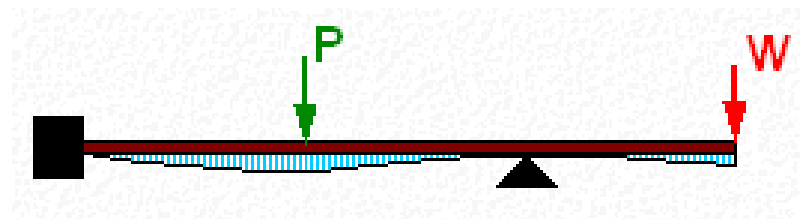
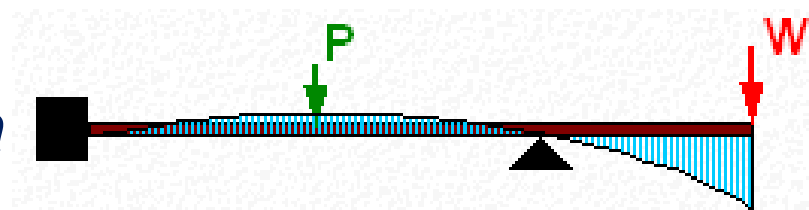
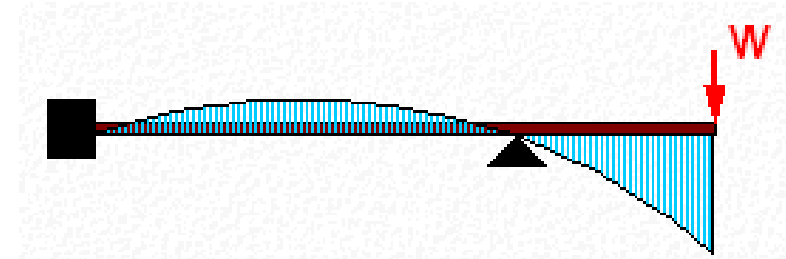
$$S_u = 1.3 S_g + 1.5 S_p + 1.3 S_\Delta \quad \text{za} \quad -10 \leq \varepsilon_a \leq -3\text{‰}$$

$$S_u = 1.5 S_g + 1.8 S_p + 1.5 S_\Delta \quad \text{za} \quad \varepsilon_a \geq 0\text{‰}$$

- *Kada su dilatacije u armaturi  $-3 \leq \varepsilon_a \leq 0\text{‰}$  koeficijenti sigurnosti se određuju interpolacijom*

## 7. Određivanje graničnih uticaja za dimenzionisanje

- Opterećenja mogu imati “povoljno” i “nepovoljno” dejstvo
- Opterećenja koja deluju “nepovoljno” povećavaju “kritičnost” stanja koje posmatramo, dok ga opterećenja sa “povoljnim” dejstvom smanjuju
- Ugib prepusta grede pod silom  $W$ :
- Ako se nanese i sila  $P$ :
- A zatim njena vrednost poveća
- Ugib će se smanjiti
- Sa aspekta ugiba prepusta sila  $P$  ima povoljno dejstvo!



## 7. Određivanje graničnih uticaja za dimenzionisanje

- Ukoliko opterećenja  $S_p$  i  $S_\Delta$  deluju “povoljno” ne treba ih uzeti u obzir
- Ako stalno opterećenje  $S_g$  deluje povoljno:
- Određivanje graničnih uticaja pri dejstvu  $S_g$  i  $S_p$ :
 
$$S_u = \underline{1.0} S_g + 1.8 S_p \quad \text{za} \quad -10 \leq \varepsilon_a \leq -3\text{‰}$$

$$S_u = \underline{1.2} S_g + 2.1 S_p \quad \text{za} \quad \varepsilon_a \geq 0\text{‰}$$
- Određivanje graničnih uticaja pri dejstvu  $S_g$ ,  $S_p$  i  $S_\Delta$ :
 
$$S_u = \underline{1.0} S_g + 1.5 S_p + 1.3 S_\Delta \quad \text{za} \quad -10 \leq \varepsilon_a \leq -3\text{‰}$$

$$S_u = \underline{1.2} S_g + 1.8 S_p + 1.5 S_\Delta \quad \text{za} \quad \varepsilon_a \geq 0\text{‰}$$
- Kada su dilatacije u armaturi  $-3 \leq \varepsilon_a \leq 0\text{‰}$  koeficijenti sigurnosti se određuju interpolacijom