



Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet  
www.grf.bg.ac.rs

---

Studijski program:

**GRAĐEVINARSTVO**

Modul:

**PŽA, HVE, MTI**

Godina/Semestar:

**III godina / V semestar**

Naziv predmeta (šifra):

**Betonske konstrukcije 1**

Nastavnik:

**Jelena Dragaš**

Naslov predavanja:

**Savijanje pravougaonog preseka.**

Datum :

27.10.2022.

---

Beograd, 2021.

*Sva autorska prava autora prezentacije i/ili video snimaka su zaštićena. Snimak ili prezentacija se mogu koristiti samo za nastavu na daljinu studenta Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu u školskoj 2021/2022. i ne mogu se koristiti za druge svrhe bez pismene saglasnosti autora materijala.*

# SLOŽENO savijanje - VEZANO dimenzionisanje

- Poznato:

- statički uticaji za ( $M_i$ ,  $N_i$ ) – sračunato
- kvalitet materijala ( $f_{cd}$ ,  $f_{yd}$ ) – usvojeno
- dimenzije poprečnog preseka ( $b$ ,  $h$ )

- Nepoznato:

- površina armature ( $A_{s1}$ )
- stanje dilatacija preseka ( $\xi$ )

# SLOŽENO savijanje - VEZANO dimenzionisanje

1. Sračunavaju se granični računski statički uticaji za odgovarajuće **proračunske situacije**

*Stalne i prolazne proračunske situacije*

$$M_{Ed} = \gamma_G \cdot M_{G,k} + \gamma_{Q,1} \cdot M_{Qk,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} \cdot M_{Qk,i}$$

$$N_{Ed} = \gamma_G \cdot N_{G,k} + \gamma_{Qk,1} \cdot N_{Qk,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Qk,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot N_{Qk,i}$$

Dejstvo	Stalno ( $\gamma_G$ )	Promenljivo ( $\gamma_Q$ )
<b>Nepovoljno</b>	<b>1.35</b>	<b>1.50</b>
<b>Povoljno</b>	1.00	0.00

Dejstvo	$\psi_0$
Korisno opterećenje (SRPS EN 1991-1-1)	
Kategorija A: Prostorije za domaćinstvo i stanovanje	0.7
Kategorija B: Kancelarijske prostorije	0.7
Kategorija C: Prostorije za okupljanje ljudi	0.7
Kategorija D: Trgovačke prostorije	0.7
Kategorija E: Skladišne prostorije	1.0
Kategorija F: Saobraćajne površine, vozilo ≤ 30 kN	0.7
Kategorija G: Saobraćajne površine, 30kN < vozilo ≤ 160 kN	0.7
Kategorija H: Krovovi	0
Opterećenja od snega (SRPS EN 1991-1-3)	
Finska, Švedska, Norveška, Island	0.7
Ostale članice CEN, lokacije visine H > 1000m nadmorske visine	0.7
Ostale članice CEN, Lokacije visine H ≤ 1000m nadmorske visine	0.5
Opterećenja od vetra (SRPS EN 1991-1-4)	0.6
Temperatura (ne požar) (SRPS EN 1991-1-5)	0.6



# SLOŽENO savijanje - VEZANO dimenzionisanje

1. Sračunavaju se granični računski statički uticaji za odgovarajuće **proračunske situacije**

*Stalne i prolazne proračunske situacije*

$$M_{Ed} = \gamma_G \cdot M_{G,k} + \gamma_{Q,1} \cdot M_{Qk,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} \cdot M_{Qk,i}$$

$$N_{Ed} = \gamma_G \cdot N_{G,k} + \gamma_{Qk,1} \cdot N_{Qk,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Qk,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot N_{Qk,i}$$

2. Pretpostavlja se položaj težišta zategnute armature **d<sub>1</sub>** i na osnovu toga sračunava suma momenata spoljašnjih sila oko težišta zategnute armature:

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \left( \frac{h}{2} - d_1 \right)$$

Sila **ZATEZANJA** se unosi sa **NEGATIVNIM** znakom

# SLOŽENO savijanje - VEZANO dimenzionisanje

3. Sračunava se koeficijent  $k$ :

$$k = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Eds}}{b \cdot f_{cd}}}}$$



pročitaju (sračunaju)  
dilatacije  $\varepsilon_c$ ,  $\varepsilon_{s1}$ .

4. Ako je  $\varepsilon_{s1} \geq 2.5\text{‰}$  (ili  $f_{yd}/E_s$ ), sračunava se potrebna površina armature iz izraza:

$$A_{s1} = \omega_1 \times \frac{b \times d}{100} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} - \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$$

$N_{Ed}$  – sila pritiska

$$A_{s1} = \omega_1 \times \frac{b \times d}{100} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} + \frac{N_{Ed}}{f_{yd}}$$

$N_{Ed}$  – sila zatezanja

Ako je  $\varepsilon_{s1} < 2.5\text{‰}$  (ili  $f_{yd}/E_s$ ), presek se **OBOSTRANO** armira

# **SLOŽENO** savijanje - **VEZANO** dimenzionisanje

5. **Usvaja se broj i prečnik šipki armature.** Usvojena armatura se raspoređuje u preseku ( $a$ , čisto rastojanje između šipki)
6. **Sračunava se položaj težišta  $d_1$**  usvojene armature i statička visina  $d$  i upoređuje sa pretpostavljenom.
  - U slučaju znatnijih odstupanja, proračun se ponavlja sa korigovanom vrednošću  $a$ .
7. Konačno se **konstruiše poprečni presek** i prikazuje u odgovarajućoj razmeri (1:10) sa svim potrebnim kotama i oznakama.

## Zadatak 3 - **SLOŽENO** savijanje sa **pritiskom**

Odrediti **potrebnu površinu armature** za presek poznatih dimenzija, pravougaonog oblika, opterećen graničnim uticajima  $M_{Ed}$  i  $N_{Ed}$ . Podaci za proračun:

$$M_{Ed} = 250 \text{ kNm}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

C25/30

$$N_{Ed} = 200 \text{ kNm}$$

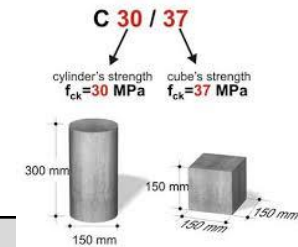
$$h = 60 \text{ cm}$$

B500 B

# Zadatak 3 - SLOŽENO savijanje sa pritiskom

## Odeljak 3 SRPS EN 1992:2015

C 25/30



		KLASE ČVRSTOĆE BETONA														
		12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck}$	MPa	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck,cube}$	MPa	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
$f_{cm}$	MPa	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	
$f_{ct,m}$	MPa	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	
$f_{ctk,0.05}$	MPa	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	
$f_{ctk,0.95}$	MPa	2.0	2.5	2.9	3.3	3.8	4.2	4.6	4.9	5.3	5.5	5.7	6.0	6.3	6.6	
$E_{cm}$	GPa	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	
$\epsilon_{c1}$	‰	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.25	2.3	2.4	2.45	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	
$\epsilon_{cu1}$	‰	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.2	3.0	2.8	2.8	2.8	
$\epsilon_{c2}$	‰	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	
$\epsilon_{cu2}$	‰	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.1	2.9	2.7	2.6	2.6	
$n$		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.75	1.6	1.45	1.4	1.4	
$\epsilon_{c3}$	‰	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	
$\epsilon_{cu3}$	‰	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.1	2.9	2.7	2.6	2.6	



# Zadatak 3 - **SLOŽENO** savijanje sa **pritiskom**

## Odeljak 3 SRPS EN 1992:2015

Oznaka vrste i klase armature!

B 500 B					PREČNIK ŽICE		RASTOJANJE ŽICE		MASA MREŽE	
Ø	A <sub>a</sub> <sup>(1)</sup>	m <sub>a</sub> <sup>(1)</sup>		tip	D	d	a	t	m <sup>(1)</sup>	M
mm	cm <sup>2</sup>	kg/m			mm	mm	mm	mm	kg/m <sup>2</sup>	kg
6	0.283	0.222	Q	84	4	4	150	150	1.364	17.598
8	0.503	0.395	Q	131	5	5	150	150	2.122	27.375
10	0.785	0.617	Q	188	6	6	150	150	3.059	39.463
12	1.13	0.888	Q	196	5	5	100	100	3.147	40.596
14	1.54	1.21	Q	221	6.5	6.5	150	150	3.583	46.218
16	2.01	1.58	Q	257	7	7	150	150	4.162	53.684
20	3.14	2.47	Q	283	6	6	100	100	4.537	58.521
25	4.91	3.85	Q	335	8	8	150	150	5.443	70.216
28	6.16	4.83	Q	378	8.5	8.5	150	150	6.132	79.104
32	8.04	6.31	Q	424	9	9	150	150	6.876	88.702
40	12.57	9.86	Q	503	8	8	100	100	8.072	104.126
50	19.63	15.41	Q	524	10	10	150	150	8.502	109.678
			Q	753	12	12	150	150	12.237	157.851
			Q	785	10	10	100	100	12.608	162.647
			Q	1130	12	12	100	100	18.146	234.086

Ø large

Dodatna pravila ! (EN 1992, deo 8.8)

## Zadatak 3 - **SLOŽENO** savijanje sa **pritiskom**

Odrediti **potrebnu površinu armature** za presek poznatih dimenzija, pravougaonog oblika, opterećen graničnim uticajima  $M_{Ed}$  i  $N_{Ed}$ . Podaci za proračun:

$$M_{Ed} = 250 \text{ kNm} \quad b = 40 \text{ cm} \quad \text{C25/30}$$

$$N_{Ed} = 200 \text{ kN} \quad h = 60 \text{ cm} \quad \text{B500 B}$$

$$\text{C25/30} \rightarrow f_{cd} = 0.85 \cdot 25 / 1.5 = 14.2 \text{ MPa} = 1.42 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{B500 B} \rightarrow f_{yd} = 500 / 1.15 = 435 \text{ MPa} = 43.5 \text{ kN/cm}^2$$

## Zadatak 3 - **SLOŽENO** savijanje sa **pritiskom**

1.  $M_{Ed} = 250 \text{ kNm}$        $N_{Ed} = \mathbf{200} \text{ kNm (pritisak)}$

2. pretp.  $d_1 = 5 \text{ cm}$

$$d = h - d_1 = 60 - 5 = 55 \text{ cm}$$

$$M_{Eds} = M_{Ed} + N_{Ed} \left( \frac{h}{2} - d_1 \right) = 250 + 200 \cdot \left( \frac{0.6}{2} - 0.05 \right) = \mathbf{300 \text{ kNm}}$$

3. Računa se:

$$k = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Eds}}{b \cdot f_{cd}}}} = \frac{55}{\sqrt{\frac{300 \cdot 10^2}{40 \cdot 1.42}}} = 2.393$$

# Zadatak 3 - SLOŽENO savijanje sa pritiskom

Koeficijenti za proračun pravougaonih preseka opterećenih na pravo savijanje

$$\varepsilon_{c,2} = 3.5\text{‰} ; \beta_1 = 0.810 ; \beta_2 = 0.416$$

$\mu$	$\omega_1$ (%)	$\xi$	$\zeta$	$\varepsilon_{s1}$ (‰)	$k$
0.005	0.501	0.006	0.997	561.71	14.142
0.010	1.005	0.012	0.995	278.37	10.000
0.015	1.512	0.019	0.992	183.92	8.165
0.020	2.021	0.025	0.990	136.70	7.071
0.025	2.533	0.031	0.987	108.36	6.325
0.030	3.048	0.038	0.984	89.47	5.774
0.035	3.565	0.044	0.982	75.97	5.345
0.040	4.086	0.050	0.979	65.85	5.000
0.045	4.609	0.057	0.976	57.97	4.714
0.050	5.136	0.063	0.974	51.67	4.472
0.055	5.665	0.070	0.971	46.52	4.264
0.060	6.197	0.077	0.968	42.22	4.082
0.065	6.733	0.083	0.965	38.58	3.922
0.070	7.272	0.090	0.963	35.46	3.780
0.075	7.814	0.097	0.960	32.76	3.651
0.080	8.359	0.103	0.957	30.40	3.536
0.085	8.908	0.110	0.954	28.31	3.430
0.090	9.460	0.117	0.951	26.45	3.333
0.095	10.015	0.124	0.949	24.79	3.244
0.100	10.575	0.131	0.946	23.29	3.162
0.105	11.137	0.138	0.943	21.94	3.086
0.110	11.704	0.145	0.940	20.71	3.015
0.115	12.274	0.152	0.937	19.58	2.949

$\mu$	$\omega_1$ (%)	$\xi$	$\zeta$	$\varepsilon_{s1}$ (‰)	$k$
0.245	28.746	0.355	0.852	6.356	2.020
0.250	29.459	0.364	0.849	6.118	2.000
0.255	30.180	0.373	0.845	5.888	1.980
0.260	30.909	0.382	0.841	5.667	1.961
0.265	31.646	0.391	0.837	5.453	1.943
0.270	32.391	0.400	0.834	5.247	1.925
0.275	33.145	0.409	0.830	5.048	1.907
0.280	33.908	0.419	0.826	4.856	1.890
0.285	34.680	0.428	0.822	4.670	1.873
0.290	35.462	0.438	0.818	4.490	1.857
0.295	36.253	0.448	0.814	4.315	1.841
0.300	37.056	0.458	0.810	4.146	1.826
0.305	37.869	0.468	0.805	3.982	1.811
0.310	38.693	0.478	0.801	3.823	1.796
0.315	39.529	0.488	0.797	3.668	1.782
0.320	40.377	0.499	0.793	3.517	1.768
0.325	41.238	0.509	0.788	3.371	1.754
0.330	42.113	0.520	0.784	3.228	1.741
0.335	43.002	0.531	0.779	3.089	1.728
0.340	43.905	0.542	0.774	2.953	1.715
0.345	44.824	0.554	0.770	2.821	1.703
0.350	45.759	0.565	0.765	2.692	1.690
0.355	46.712	0.577	0.760	2.566	1.678

## Zadatak 3 - **SLOŽENO** savijanje sa **pritiskom**

$\varepsilon_c$ (‰)	$\varepsilon_{s1}$ (‰)	$\xi$	$\zeta$	$\omega_1$ (%)	$\kappa$	$\mu$
3.50	11.50	0.233	0.903	18.889	2.421	0.171
3.50	11.00	0.241	0.900	19.540	2.385	0.176
3.50	10.50	0.250	0.896	20.238	2.348	0.181

4.  $\varepsilon_{s1} = 11 \text{ ‰} \geq 2.5 \text{ ‰}$  , pa je potrebna površina armature:

$$A_{s1} = 19.540 \cdot \frac{40 \cdot 55}{100} \cdot \frac{1.42}{43.5} - \frac{200}{43.5} = 9.40 \text{ cm}^2$$

↓  $N_{Ed}$  sila **PRITISKA!**

# Zadatak 3 - **SLOŽENO** savijanje sa **pritiskom**

## Odeljak 3 SRPS EN 1992:2015

Oznaka vrste i klase armature!

B 500 B					PREČNIK ŽICE		RASTOJANJE ŽICE		MASA MREŽE	
Ø	A <sub>a</sub> <sup>(1)</sup>	m <sub>a</sub> <sup>(1)</sup>		tip	D	d	a	t	m <sup>(1)</sup>	M
mm	cm <sup>2</sup>	kg/m			mm	mm	mm	mm	kg/m <sup>2</sup>	kg
6	0.283	0.222	Q	84	4	4	150	150	1.364	17.598
8	0.503	0.395	Q	131	5	5	150	150	2.122	27.375
10	0.785	0.617	Q	188	6	6	150	150	3.059	39.463
12	1.13	0.888	Q	196	5	5	100	100	3.147	40.596
14	1.54	1.21	Q	221	6.5	6.5	150	150	3.583	46.218
16	2.01	1.58	Q	257	7	7	150	150	4.162	53.684
20	3.14	2.47	Q	283	6	6	100	100	4.537	58.521
25	4.91	3.85	Q	335	8	8	150	150	5.443	70.216
28	6.16	4.83	Q	378	8.5	8.5	150	150	6.132	79.104
32	8.04	6.31	Q	424	9	9	150	150	6.876	88.702
40	12.57	9.86	Q	503	8	8	100	100	8.072	104.126
50	19.63	15.41	Q	524	10	10	150	150	8.502	109.678
			Q	753	12	12	150	150	12.237	157.851
			Q	785	10	10	100	100	12.608	162.647
			Q	1130	12	12	100	100	18.146	234.086

Ø large

Dodatna pravila ! (EN 1992, deo 8.8)

## Zadatak 3 - **SLOŽENO** savijanje sa **pritiskom**

$\varepsilon_c$ (‰)	$\varepsilon_{s1}$ (‰)	$\xi$	$\zeta$	$\omega_1$ (%)	$\kappa$	$\mu$
3.50	11.50	0.233	0.903	18.889	2.421	0.171
3.50	11.00	0.241	0.900	19.540	2.385	0.176
3.50	10.50	0.250	0.896	20.238	2.348	0.181

4.  $\varepsilon_{s1} = 11 \text{ ‰} \geq 2.5 \text{ ‰}$  , pa je potrebna površina armature:

$$A_{s1} = 19.540 \cdot \frac{40 \cdot 55}{100} \cdot \frac{1.42}{43.5} - \frac{200}{43.5} = 9.40 \text{ cm}^2$$

$N_{Ed}$  sila **PRITISKA!**

5. Usvojeno: **5 Ø16** (10.05 cm<sup>2</sup>)

# Zadatak 3 - **SLOŽENO** savijanje sa **pritiskom**

Kontrola minimalnog procenta armiranja:

$$A_{s1,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \\ 0.0013 \cdot b_t \cdot d \end{array} \right.$$

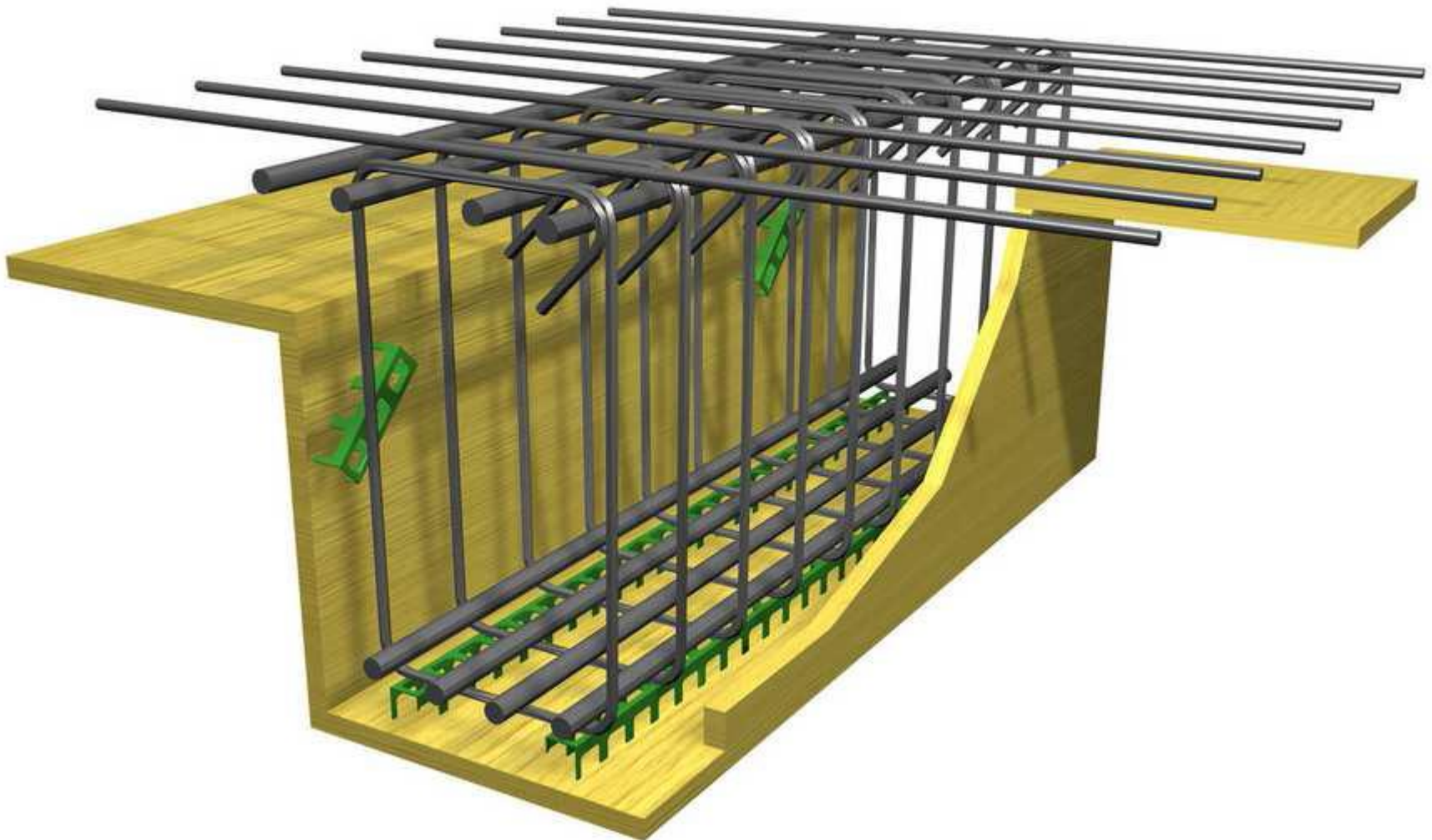
B500 B  $f_{yk}=500 \text{ MPa}$

Oznaka klase		C12/15	C16/20	C20/25	C25/30
$f_{ck}$	MPa	12	16	20	25
$f_{ck,cube}$	MPa	15	20	25	30
$f_{cm}$	MPa	20	24	28	33
$f_{ct,m}$	MPa	1.6	1.9	2.2	2.6

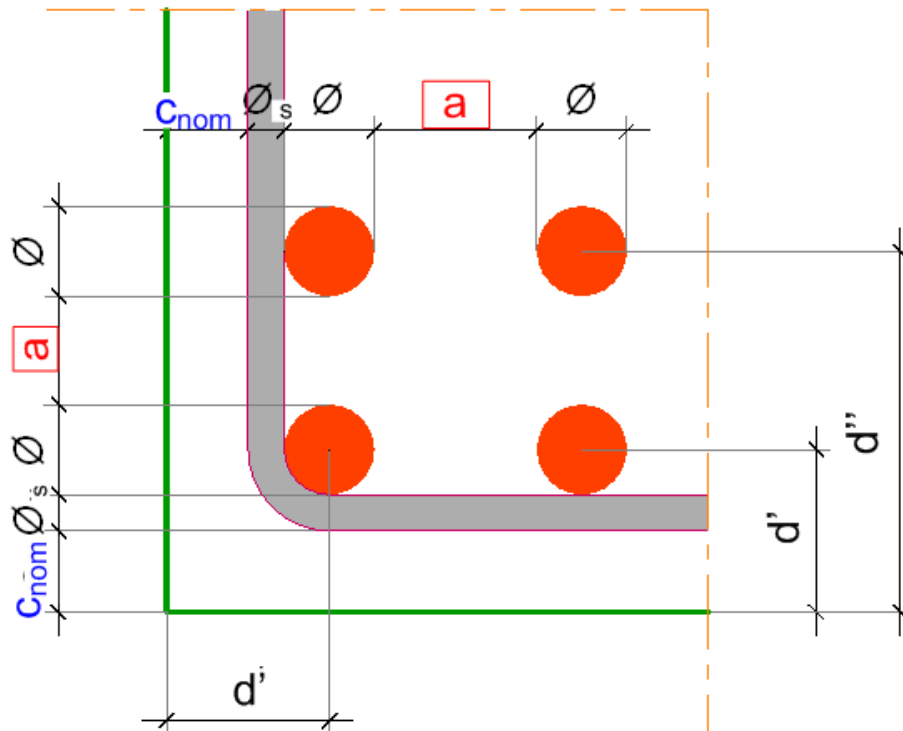
$$A_{s1,min} = \left\{ \begin{array}{l} 0.26 \cdot \frac{2.6}{500} \cdot 40 \cdot 55 = 2.97 \text{ cm}^2 \\ 0.0013 \cdot 40 \cdot 55 = 2.86 \text{ cm}^2 \end{array} \right\} = 2.97 < 9.4 \text{ cm}^2 = A_{s1,pot}$$



# Zadatak 3 - **SLOŽENO** savijanje sa **pritiskom**

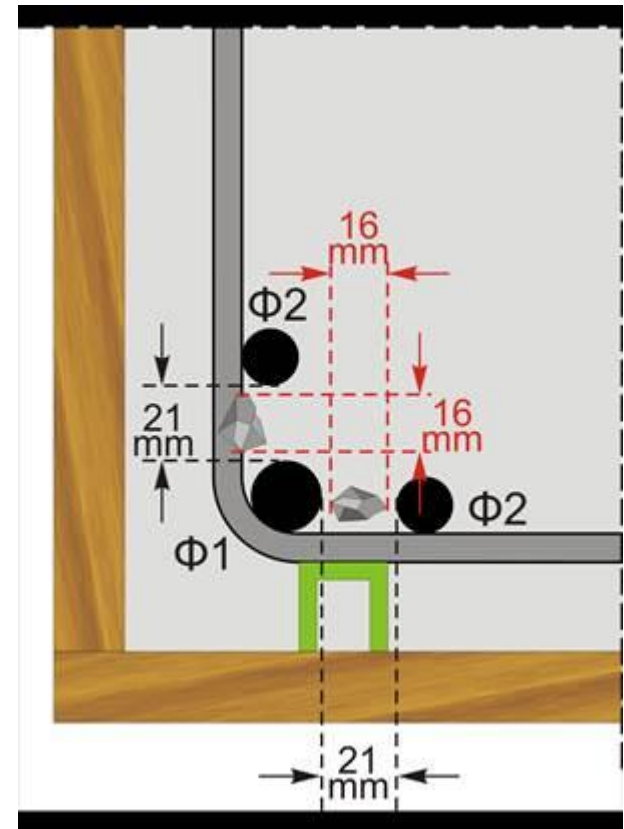


# Zadatak 3 - **SLOŽENO** savijanje sa **pritiskom**

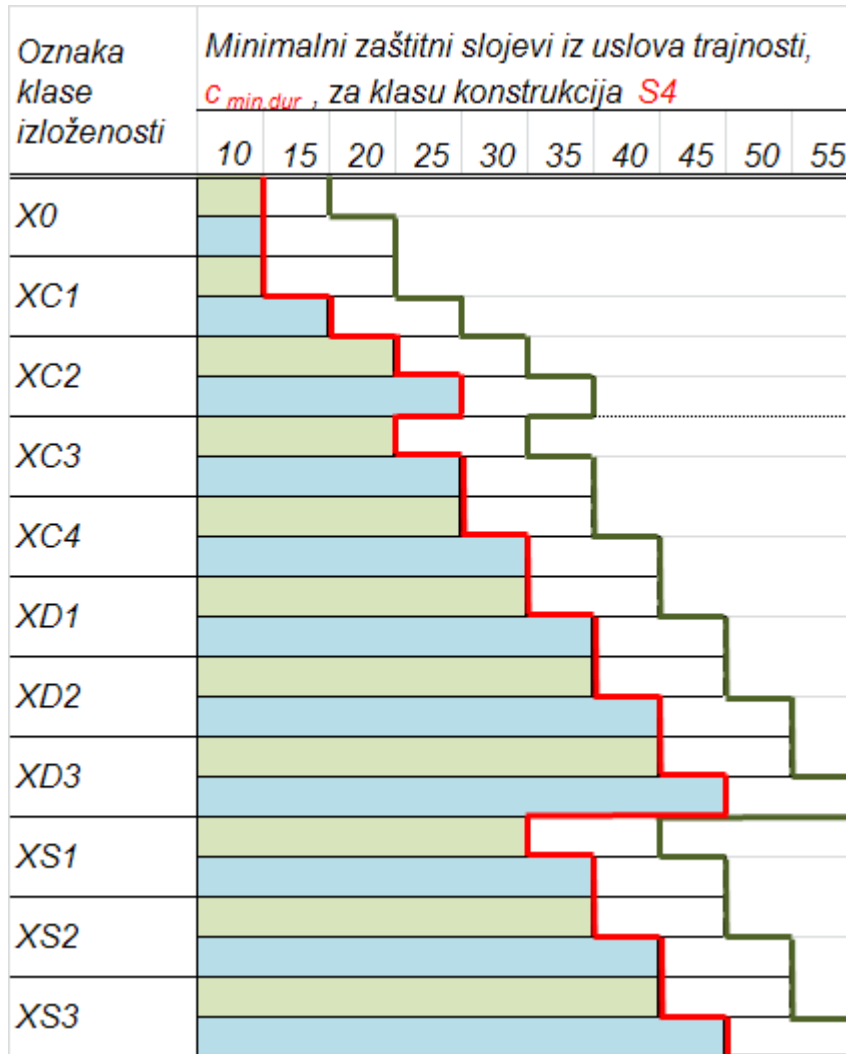


$$a = \max \{ \varnothing; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm} \}$$

$d_g$  – najveća dimenzija zrna agregata [mm]



# Zadatak 3 - **SLOŽENO** savijanje sa **pritiskom**



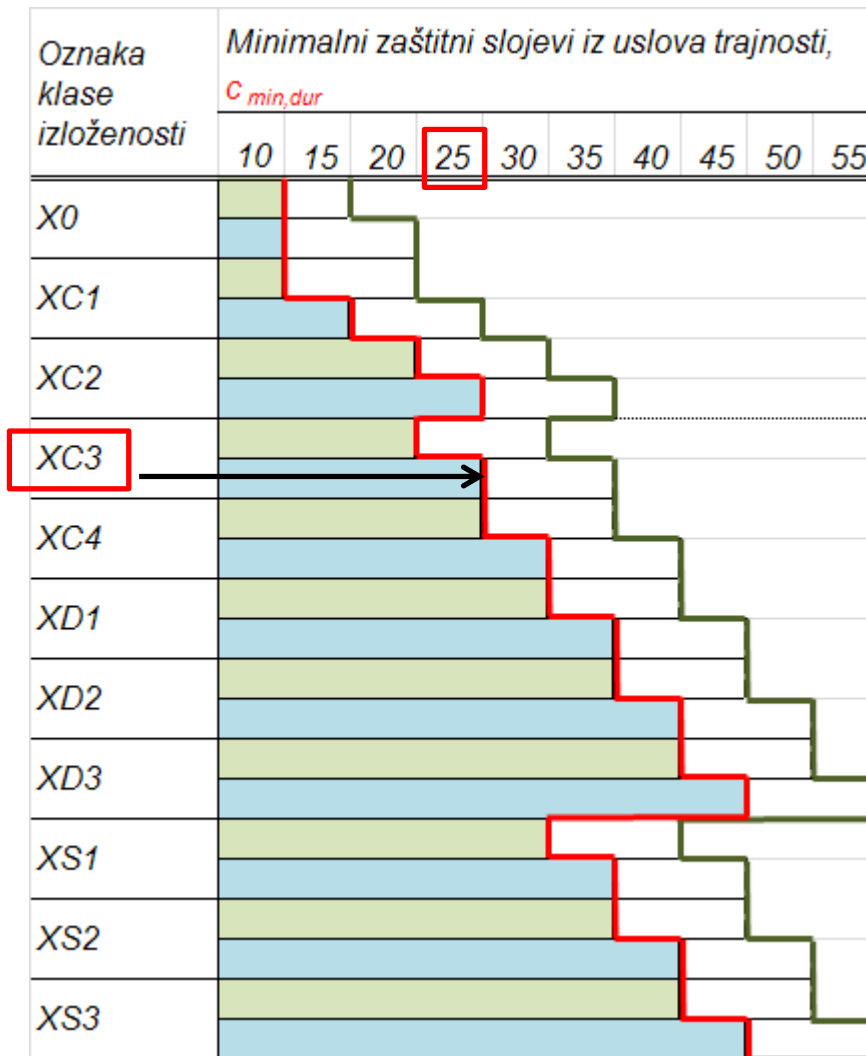
— Upotrebnii vek 50 god.  
— Upotrebnii vek 100 god.

Tip elementa		Ploče, zidovi
		Grede, stubovi

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$\Delta c_{dev} = 10\text{mm}$$

# Zadatak 3 - **SLOŽENO** savijanje sa **pritiskom**



— **Upotrebnii vek 50 god.**  
— Upotrebnii vek 100 god.

Tip elementa		Ploče, zidovi
		Grede, stubovi

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev} = 25 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$$

# Zadatak 3 - **SLOŽENO** savijanje sa **pritiskom**

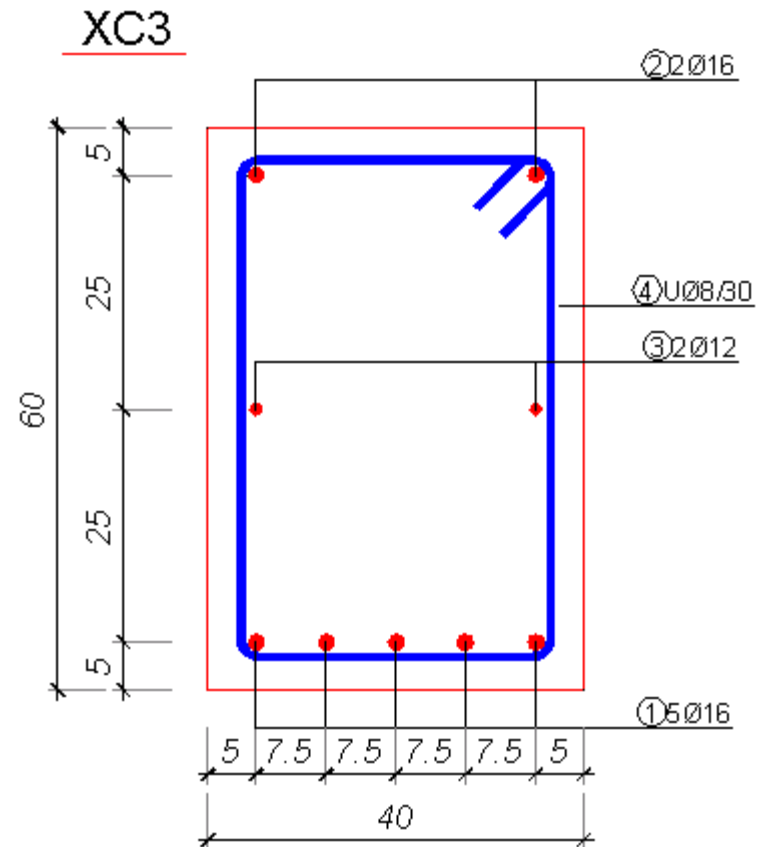
## 6. Računanje težišta armature

$$d^l = 3.5 + 0.8 + 1.6/2 = 5.1 \text{ cm}$$

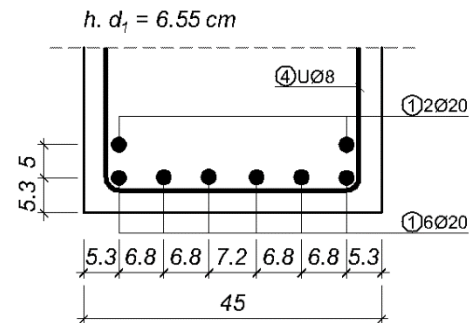
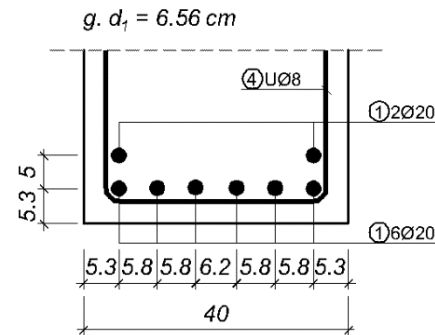
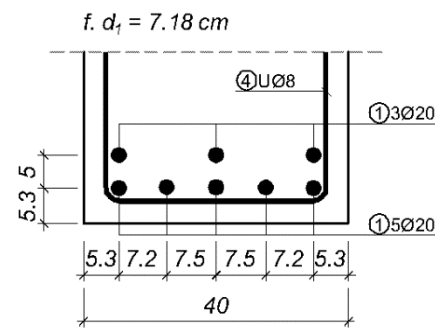
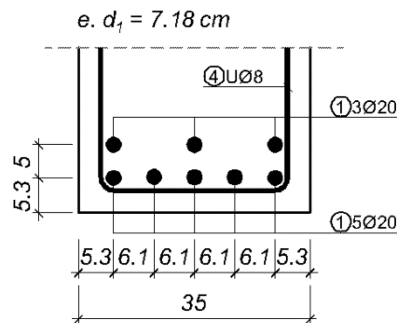
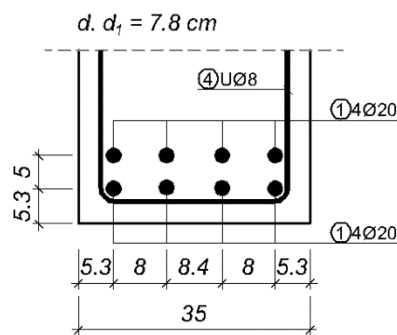
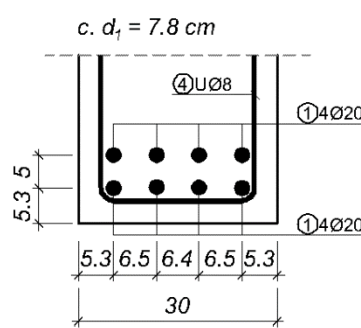
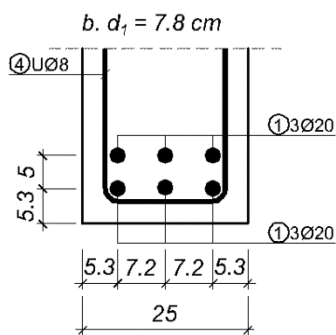
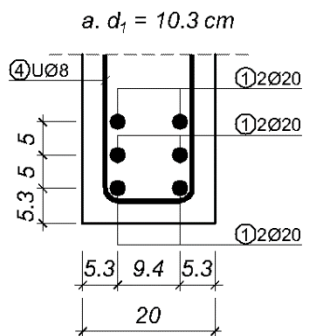
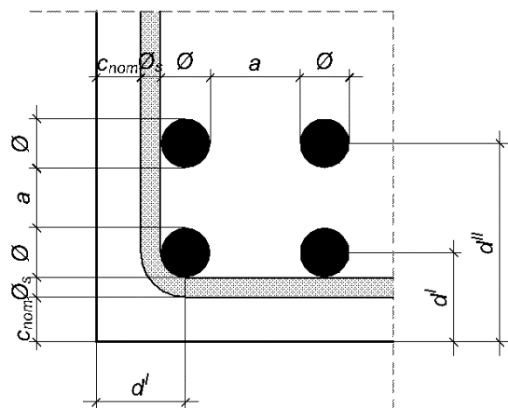
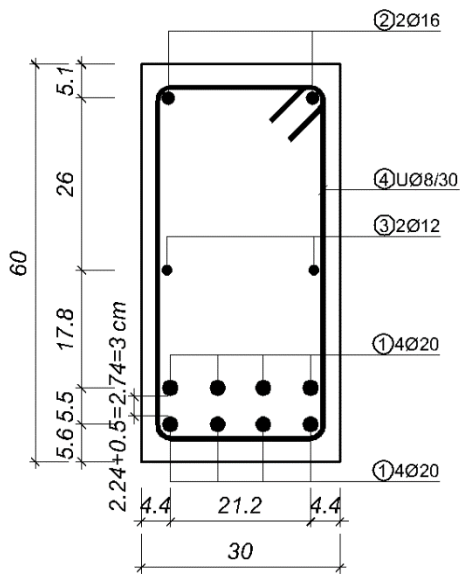
$$d_1 = 5.1 \text{ cm}$$

$$d_{1,stv} \approx d_{1,prp}$$

## 7. Konstruisanje preseka



## RASPORED ARMATURE U PRESECIMA RAZLIČITE ŠIRINE



# ČISTO savijanje - **SLOBODNO** dimenzionisanje

- Poznato:
  - statički uticaji za ( $M_i$ ,  $N_i$ ) – sračunato
  - kvalitet materijala ( $f_{cd}$ ,  $f_{yd}$ ) – usvojeno
- Nepoznato:
  - dimenzije poprečnog preseka ( $b$ ,  $h$ )
  - površina armature ( $A_{s1}$ )
  - stanje dilatacija preseka ( $\xi$ )

# Čisto savijanje – **SLOBODNO** dimenzionisanje

1. Sračunavaju se granični računski statički uticaji za odgovarajuće **proračunske situacije**

*Stalne i prolazne proračunske situacije*

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$M_{Ed} = \gamma_G \cdot M_{G,k} + \gamma_{Q,1} \cdot M_{Qk,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} \cdot M_{Qk,i}$$

$$N_{Ed} = 0$$



# Čisto savijanje – **SLOBODNO** dimenzionisanje

2. Usvajaju se  $\varepsilon_{cu2}$  i  $\varepsilon_{s1}$ , pri čemu je:

$$\varepsilon_{cu2} = 3,5\text{‰} \quad \text{i} \quad \varepsilon_{s1,lim} \leq \varepsilon_{s1} \leq \varepsilon_{ud}$$

$$\varepsilon_{s1,lim} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,0025 \\ \frac{f_{yd}}{E_s} \end{array} \right.$$

$$0,9 \cdot \varepsilon_{uk} = 45\text{‰}$$

Za usvojene vrednosti dilatacija iz tabela se očitavaju koeficijenti  $k$  ili  $\mu$  (**položaj neutralne linije**), odnosno  $\omega_1$  (**mehanički procenat armiranja**).

# Čisto savijanje – **SLOBODNO** dimenzionisanje

3. Sračunava se **statička visina,  $d$** :

$$\varepsilon_c / \varepsilon_{s1} \xrightarrow{\text{TABL.}} k \Rightarrow d = k \sqrt{\frac{M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}}$$

4. Sračunava se **potrebna površina armature,  $A_{s1}$** :

$$A_{s1} = \omega_1 \times \frac{b \times d}{100} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad \text{ili} \quad A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \times f_{yd}} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \times d \times f_{yd}}$$

# Čisto savijanje – **SLOBODNO** dimenzionisanje

5. **Usvaja se broj i prečnik šipki armature.** Usvojena armatura se raspoređuje u preseku.
6. **Sračunava se položaj težišta  $d_1$**  usvojene armature i usvaja visina preseka  $h$ :

$$h = d + d_1$$

7. **Konačno se konstruiše poprečni presek** i prikazuje u odgovarajućoj razmeri (1:10) sa svim potrebnim kotama i oznakama.

## Zadatak 4 - **SLOBODNO** dimenzionisanje

Odrediti **visinu** i potrebnu **površinu armature** za presek pravougaonog oblika, opterećen graničnim momentom savijanja  $M_{Ed}$ . Podaci za proračun:


$$M_{Ed} = 200 \text{ kNm}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

C25/30

B500 B

XC3

C25/30   $f_{cd} = 0.85 \cdot 25 / 1.5 = 14.2 \text{ MPa} = 1.42 \text{ kN/cm}^2$

B500 B   $f_{yd} = 500 / 1.15 = 435 \text{ MPa} = 43.5 \text{ kN/cm}^2$

XC3   $c_{nom} = 3.5 \text{ cm}$

## Zadatak 4 - **SLOBODNO** dimenzionisanje

1.  $M_{Ed} = 200 \text{ kNm}$

2. usv.  $\varepsilon_{cu2}/\varepsilon_{s1} = 3.5/10\text{‰}$  → Za B500 **B** !!  
 $2,5\text{‰} \leq \varepsilon_{s1} \leq 45 \text{‰}$

$\varepsilon_c (\text{‰})$	$\varepsilon_{s1} (\text{‰})$	$\xi$	$\zeta$	$\omega_1 (\%)$	$k$	$\mu$
3.50	10.00	0.259	0.892	20.988	2.311	0.187

$$k = 2.311 ; \omega_1 = 20.988\% ; \zeta = 0.892$$

3. Računamo:  $d = k \sqrt{\frac{M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}} = 2.311 \times \sqrt{\frac{200 \times 10^2}{25 \times 1.42}} = 54.9 \text{ cm}$

## Zadatak 4 - **SLOBODNO** dimenzionisanje

4. Računamo:

$$A_{s1} = \omega_1 \times \frac{b \times d}{100} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 20.988 \times \frac{25 \times 54.9}{100} \times \frac{1.42}{43.5} = 9.39 \text{ cm}^2$$

ILI

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \times f_{yd}} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \times d \times f_{yd}} = \frac{200 \times 10^2}{0.892 \times 54.9 \times 43.5} = 9.39 \text{ cm}^2$$

5. Usvojeno: **5Ø16** (10.05 cm<sup>2</sup>)

## Zadatak 4 - **SLOBODNO** dimenzionisanje

### 6. Računanje težišta armature

$$d^I = 3.5 + 0.8 + 1.6/2 = 5.1 \text{ cm}$$

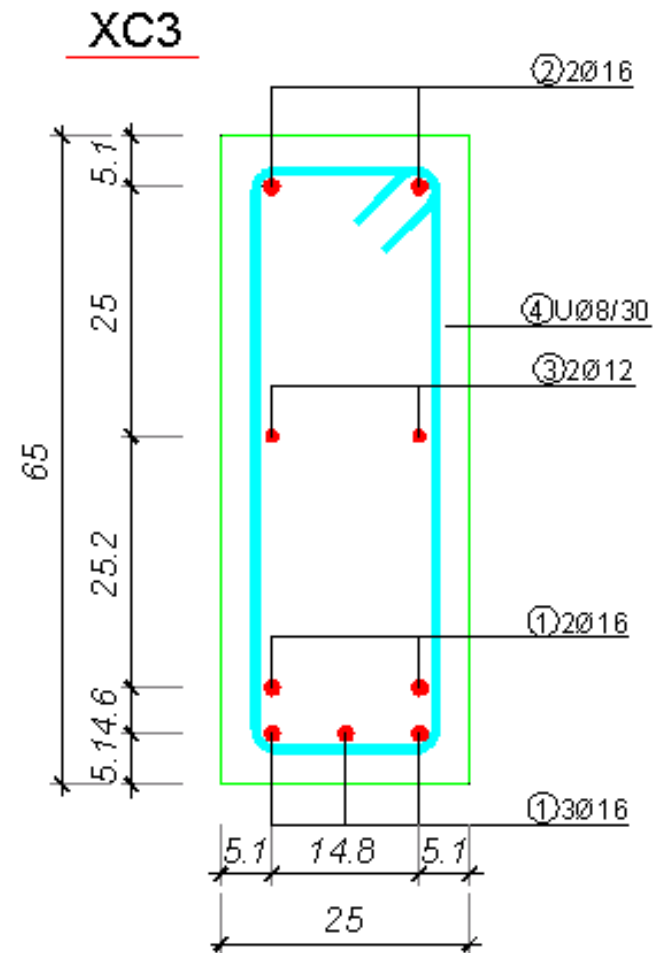
$$d^{II} = 5.1 + 3.0 + 2 \times 1.6/2 = 9.7 \text{ cm}$$

$$d_1 = (3 \times 5.1 + 2 \times 9.7) / 5 = 6.94 \text{ cm}$$

$$h = 55 + 6.94 = 61.94 \text{ cm}$$

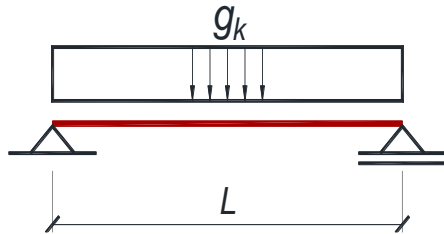
$$\text{usv. } h = 65 \text{ cm}$$

### 7. Konstruisanje preseka



## Zadatak 5

Odrediti **potrebnu površinu armature** za presek poznatih dimenzija, pravougaonog oblika, opterećen graničnim momentom savijanja  $M_{Ed}$ . Podaci za proračun:



$$g = 41.15 \text{ kN/m'}$$

$$L = 6.0 \text{ m}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$C25/30$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

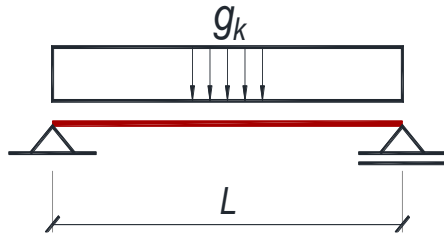
$$B500 \text{ B}$$

$$XC3$$



## Zadatak 6

Odrediti **potrebnu površinu armature** za presek poznatih dimenzija, pravougaonog oblika, opterećen graničnim momentom savijanja  $M_{Ed}$ . Podaci za proračun:



$$g = 82.3 \text{ kN/m'}$$

$$L = 6.0 \text{ m}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$C25/30$$

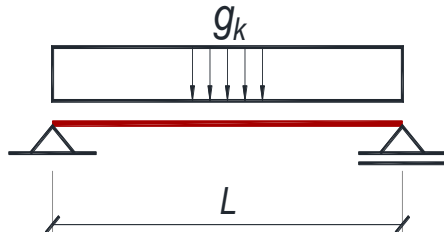
$$h = 60 \text{ cm}$$

$$B500 \text{ B}$$

$$XC3$$

## Zadatak 7

Odrediti **potrebnu površinu armature** za presek poznatih dimenzija, pravougaonog oblika, opterećen graničnim momentom savijanja  $M_{Ed}$ . Podaci za proračun:



$$g = 41.15 \text{ kN/m'}$$

$$L = 6.0 \text{ m}$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$C25/30$$

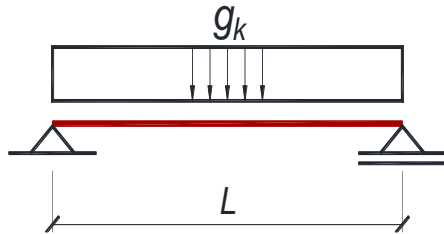
$$h = 60 \text{ cm}$$

$$B500 \text{ B}$$

$$XC3$$

## Zadatak 8

Odrediti **potrebnu površinu armature** za presek poznatih dimenzija, pravougaonog oblika, opterećen graničnim momentom savijanja  $M_{Ed}$ . Podaci za proračun:



$$g = 41.15 \text{ kN/m'}$$

$$L = 6.0 \text{ m}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$C50/60$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$B500 \text{ B}$$

$$XC3$$

## Zadatak 9

Odrediti **potrebnu površinu armature** za presek poznatih dimenzija, pravougaonog oblika, opterećen graničnim uticajima  $M_{Ed}$  i  $N_{Ed}$ . Podaci za proračun:

$$M_{Ed} = 250 \text{ kNm}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

C25/30

$$N_{Ed} = -200 \text{ kN}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

B500 B XC3