

BETONSKE KONSTRUKCIJE II

AB ploče u zgradarstvu

dr Dragan Nikolić, dipl.inž.građ.

nikolic@vggs.rs

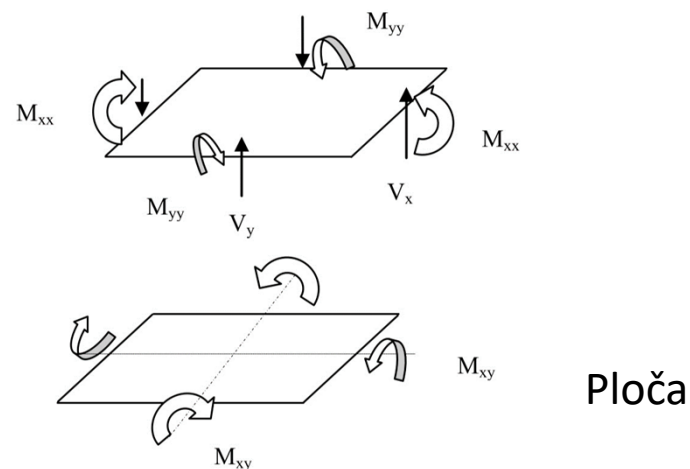
Predavanje: 22.10.2020.



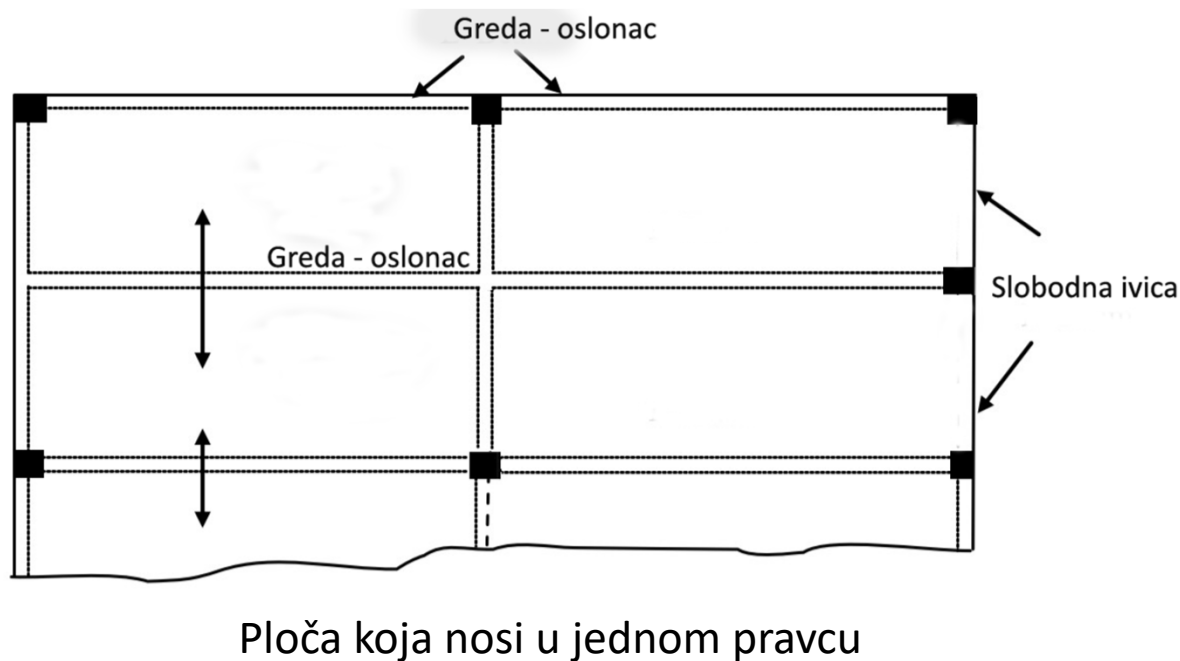
AB PLOČE - POSTUPAK PRORAČUNA

Ploče su ravni površinski nosači kod kojih opterećenje deluje upravno na njihovu srednju ravan, a čija je debljina značajno manja u odnosu na preostale dve dimenzije. U zgradarstvu su najčešće su opterećene ravnomerno raspodeljenim opterećenjem.

Ploče u odnosu na proste grede opterećene na čisto savijanje imaju mnogo sličnosti, ali fundamentalna razlika je u tome što je greda linijski element.



AB ploče koje nose u jednom pravcu se i dimenzionišu kao AB grede. Posmatra se izdvojeni deo ploče širine 1m i u postupku za dimenzionisanje grednih nosača usvaja se da je širina poprečnog preseka $b=1.0\text{m}$ (100cm).



PODSEĆANJE SA PROŠLOG PREDAVANJA

Ako je ploča:

neprekidno oslonjena na jednoj strani

ili na dve suprotne strane, na tri strane (dve duže i jednu kraću)

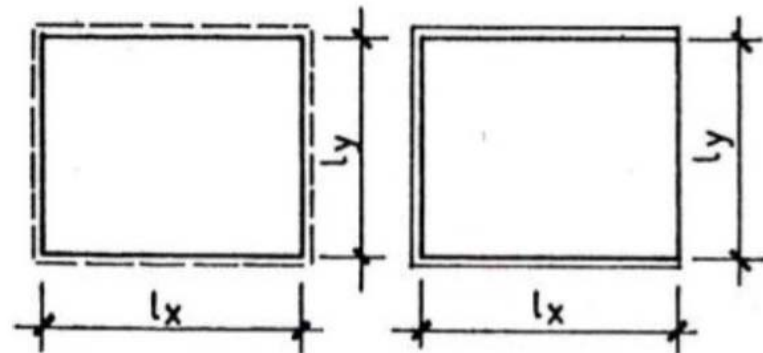
ili sve četiri strane, a odnos stranica $l_y/l_x > 2$

naziva se pločom koja nosi u jednom smeru (iako se kod njih pojavljuju naponi i upravno na smer u kome nose, vrednosti tih napona su zanemarive),

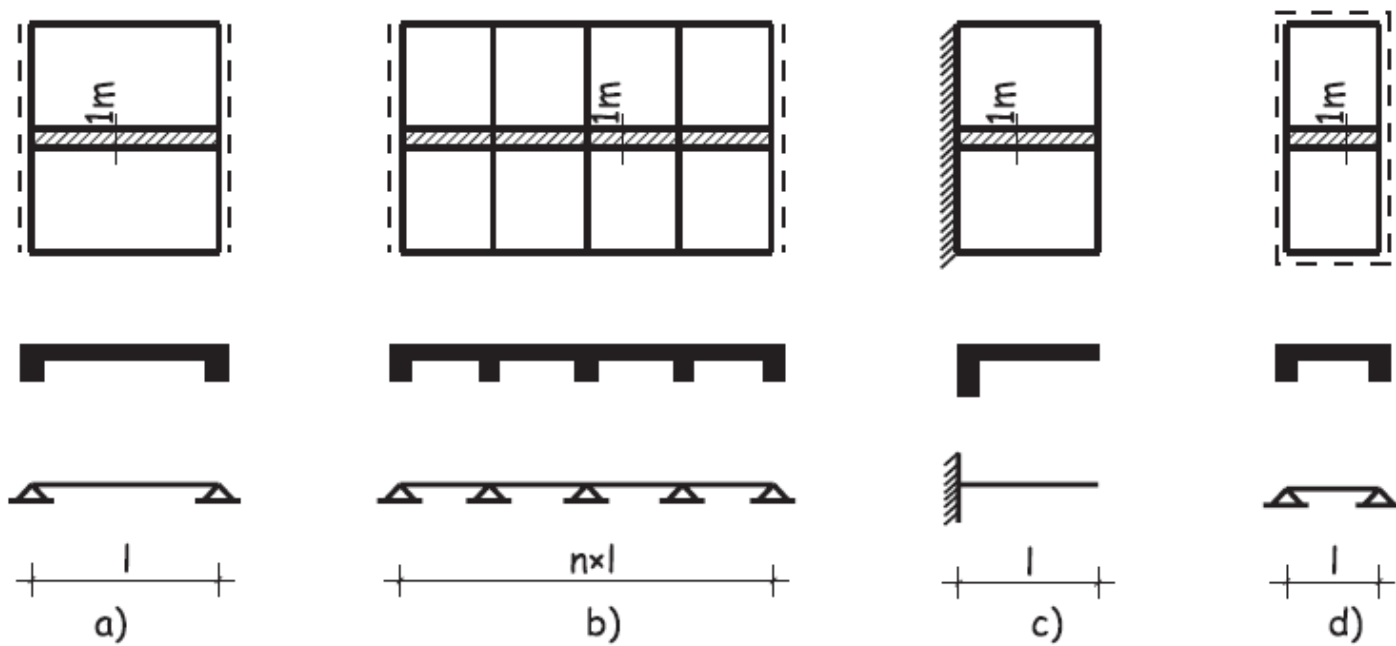
a proračunavaju se za pripadajuće opterećenje kao gredni nosači širine 1 m.

gde su: l_x – kraći raspon ploče; l_y – duži raspon ploče

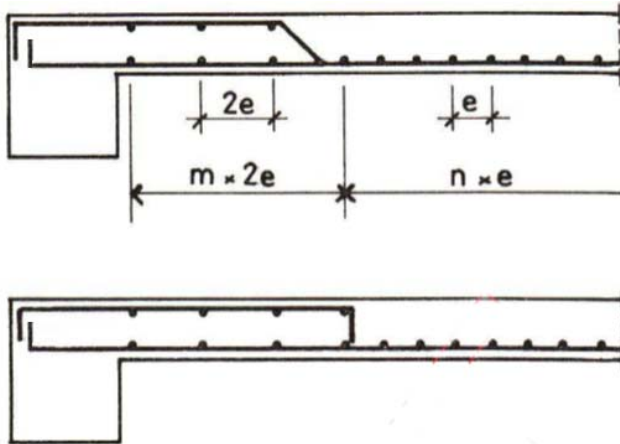
|| slobodno oslonjena strana
▲ slobodna (ne oslonjena) strana
— ukleštena strana
▲



Vrste statičkih sistema - ploče oslonjene u jednom pravcu



Način armiranja



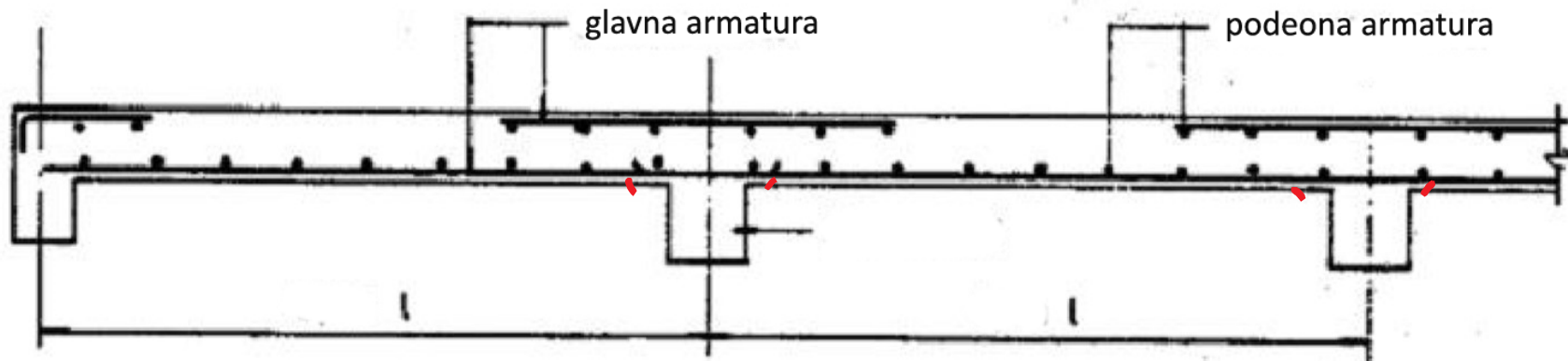
Napomena:

Prikazano je da ne postoji armatura u gornjoj (pritisnutoj) zoni u sredini nosača. Ukoliko prema raspodeli momenata armatura nije potrebna, ipak se preporučuje minimalni % armiranja.

Ukoliko je slobodno oslonjena strana ploče, potrebno je $\frac{1}{2}$ površine armature rasporediti nad osloncem (svaku drugu šipku poviti iz donje zone ili postaviti nove šipke u gornjoj zoni).

U slučaju da je ukleštena strana ploče, površina armature se usvaja prema dobijenim računskim vrednostima momenata savijanja.

Način armiranja



Primer armiranja kontinualno oslonjene ploče koja nosi u jednom pravcu. Potrebna armature dobijena proračunom se raspoređuje na 1m'

Napomena:

Armiranje ploča se vrši i armaturnim mrežama. Postoje Q mreže (isti prečnik šipke u oba pravca) i R mreže (dominatni prečnik u jednom pravcu i podeona armatura u drugom pravcu). Broj pored slovne oznake predstavlja površinu armature po m' u mm² (npr. Q335 Ø8/15 u oba pravca 3.35cm²/m'). Nad osloncem u donjoj zoni je potrebno prekinuti šipke, jer se prvo postavlja armaturni koš od grednih nosača.

Minimalni procenat armiranja u zategnutoj zoni

$$A_{s,min} \geq 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d \geq 0.0013 b_t d$$

b_t – širina poprečnog preseka, u slučaju ploča 100cm

d – statička visina

f_{ctm} – srednja vrednost čvrstoće pri aksijalnom zatezanju

f_{yk} – karakteristična vrednost granice razvlačenja

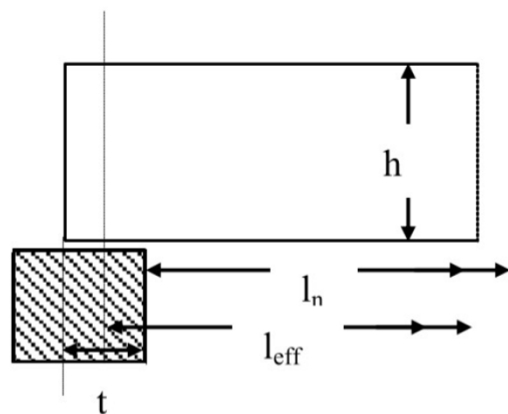
Primer: za B500B, C25/30, $h_{pl}=20\text{cm}$, $f_{ctm}=2.6\text{MPa}$, $f_{yk}=500\text{MPa}$, $d=20-3=17\text{cm}$

$A_{s,min}=0.26*0.26/50*100*17=2.30\text{cm}^2/\text{m}'$ min $0.0013*100*17=2.21\text{cm}^2/\text{m}'$

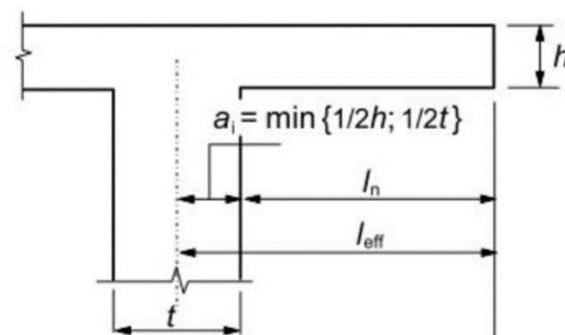


Efektivni rasponi punih ploča

$$l_{\text{eff}} = l_n + a_1 + a_2$$



$$a_1 = 0.5 \times \min(h; t)$$



Prema EC2 najmanji odnos raspona i statičke visine ploče bez aksijalnog pritiska za koje nije potrebna provera ugiba proračunom date su u Tabeli 3.1. Tabela se odnosi za raspone ravnih ploča do 7m i ploča bez kapitela raspona do 8.5m.

Navedene vrednosti su izvedene za klasu čvrstoće betona C30/37 i procenat armature $\rho=1.5\%$ i $\rho=0.5\%$.

$$\text{minimalna staticka visina} = \frac{\text{raspon}}{\text{osnovni odnos K x korekcionni faktor}}$$

Minimalna debljina ploča je 7cm, ukoliko su opterećene raspodeljenim opterećenjem, a 10cm ukoliko su u pitanju ploče po kojima se kreću putnička vozila, 12cm za teretna vozila.



Konstruktivni sistem	K	Veliki naponi u betonu $\rho = 1,5\%$	Mali naponi u betonu $\rho = 0,5\%$
Slobodno oslonjena greda, slobodno oslonjena ploča koja nosi u jednom ili u dva pravca	1,0	14	20
Krajnje polje kontinualnog grednog nosača ili kontinualne ploče koja nosi u jednom pravcu, ili ploče koja nosi u dva pravca, kontinualna preko jedne, duže strane	1,3	18	26
Unutrašnje polje grednog nosača ili ploče koja nosi u jednom ili u dva pravca	1,5	20	30
Ploča oslonjena na stubove bez greda (ravna ploča) (<i>flat slab</i>) (u odnosu na veći raspon)	1,2	17	24
Konzola	0,4	6	8

Napomena 1: Date vrednosti usvojene su tako da su generalno na strani sigurnosti i proračun često može da pokaže da su mogući tanji elementi.

Napomena 2: Za ploče koje nose u dva pravca provera treba da se izvrši prema kraćem rasponu. Za ravne ploče (ploče na stubovima bez kapitela) treba da se uzme veći raspon.

Napomena 3: Granične vrednosti date za ploče bez kapitela odgovaraju manje strogim ograničenjima od onih koje daje odnos **raspon / 250** za ugibe u sredini raspona u odnosu na stubove. Iskustvo je pokazalo da su te granične vrednosti zadovoljavajuće.



PRIMER:

Dimenzionisati ploču slobodno oslonjenu raspona 3.8m (dužina ploče 14m). Klasa čvrstoće betona C25/30, armatura B500. Ploča je opterećena dodatnim stalnim opterećenjem (podna obloga 2cm, cementna košuljica 5cm i malter na plafonu 2cm). Namena površine je za domaću i stambenu upotrebu.

Analiza opterećenja:

<u>pod</u>	2.0 x 0.08	=0.16 <u>kN/m²</u>	
<u>cem. košuljica</u>	0.05 x 20	=1.00 <u>kN/m²</u>	
<u>AB-ploča</u>	0.12 x 25	=3.00 <u>kN/m²</u>	
<u>malter</u>	0.02 x 19	=0.38 <u>kN/m²</u>	
		<u> </u>	
		G= 4.54 <u>kN/m²</u>	
		Q= 2.00 <u>kN/m²</u>	(g)



Maksimalni momenti:

$$M_G = 0.125 \cdot G \cdot l^2 = 0.125 \cdot 4.54 \cdot 3.8^2 = 8.2 \text{ kNm}$$

$$M_Q = 0.125 \cdot Q \cdot l^2 = 0.125 \cdot 2.0 \cdot 3.8^2 = 3.6 \text{ kNm}$$

Računska vrednost momenta: $M_{Sd} = 1.35 \cdot 8.2 + 1.5 \cdot 3.6 = 16.5 \text{ kNm}$

$$f_{cd} = 0.85 \cdot 25 / 1.5 = 16.67 \text{ MPa} = 1.42 \text{ KN/cm}^2$$

$$f_{yd} = 500 / 1.15 = 434.78 \text{ MPa} = 43.478 \text{ KN/cm}^2$$

statička visina $d = 12 - 1.5 - 1.0/2 = 10.0 \text{ cm}$ (1.5cm ebljina zaštitnog sloja, pretpostavljen prečnik armature BØ10)



Bezdimenzionalna vrednost momenta savijanja

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1650 \text{ KNcm}}{100 \cdot 10^2 \cdot 1.42 \text{ KNcm}} = 0.116 < 0.252$$

-3.5	17.0	0.171	0.929	0.118	0.109	3.029
-3.5	16.5	0.175	0.927	0.120	0.112	2.988
-3.5	16.0	0.179	0.926	0.123	0.114	2.962
-3.5	15.5	0.184	0.923	0.127	0.117	2.924
-3.5	15.0	0.189	0.921	0.130	0.120	2.887
-3.5	14.5	0.194	0.919	0.133	0.123	2.851
-3.5	14.0	0.200	0.917	0.138	0.126	2.817

$$\varepsilon_{c2} = 3.5\text{‰}; \varepsilon_{sa} = 15.5\text{‰} \quad \omega = 0.127$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \omega \cdot d \cdot b \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.107 \cdot 100 \cdot 10 \cdot \frac{16.67}{434.8} = 4.10 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{s1, \min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 0.26 \cdot 2.55 / 434.75 \cdot 10 \cdot 100 = 1.53 \text{ cm}^2 / \text{m}$$



Potrebna površina armature:

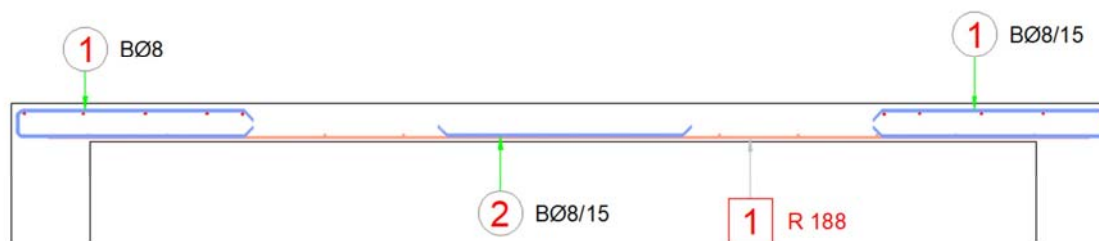
$$A_{s1} = \omega \cdot d \cdot b \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.107 \cdot 100 \cdot 10 \cdot \frac{16.67}{434.8} = 4.10 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_{s1, \min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 0.26 \cdot 2.55 / 434.75 \cdot 10 \cdot 100 = 1.53 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

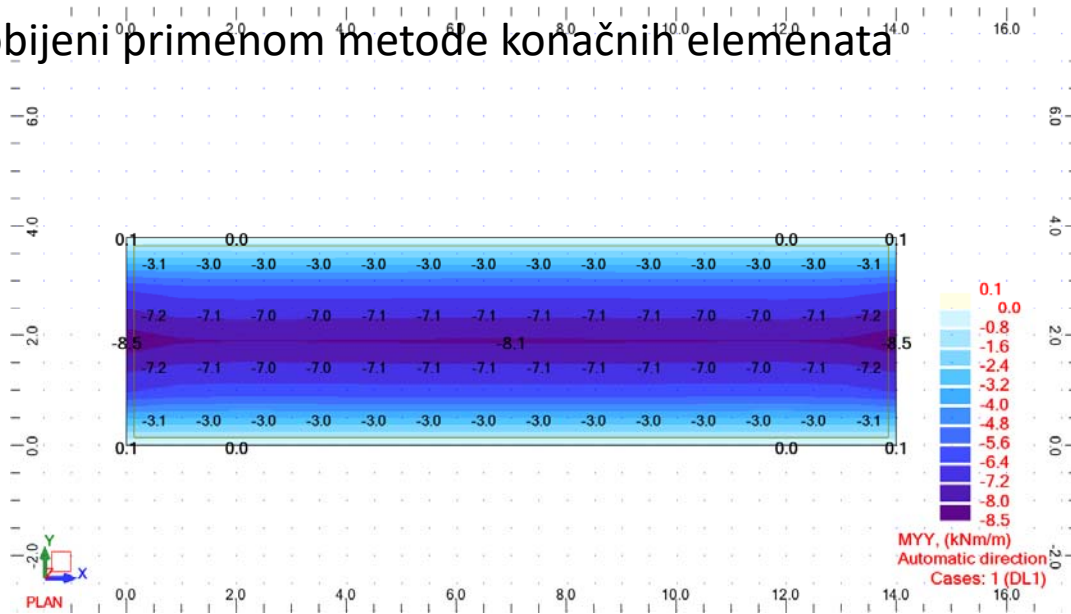
$$A_{s1, \min} = 0.0013 \cdot b \cdot d = 0.0013 \cdot 10 \cdot 100 = 1.30 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Donja zona usv. glavna armatura Ø6/15, podeona Ø4/25 (usvojena mreža R188) + Ø8/15

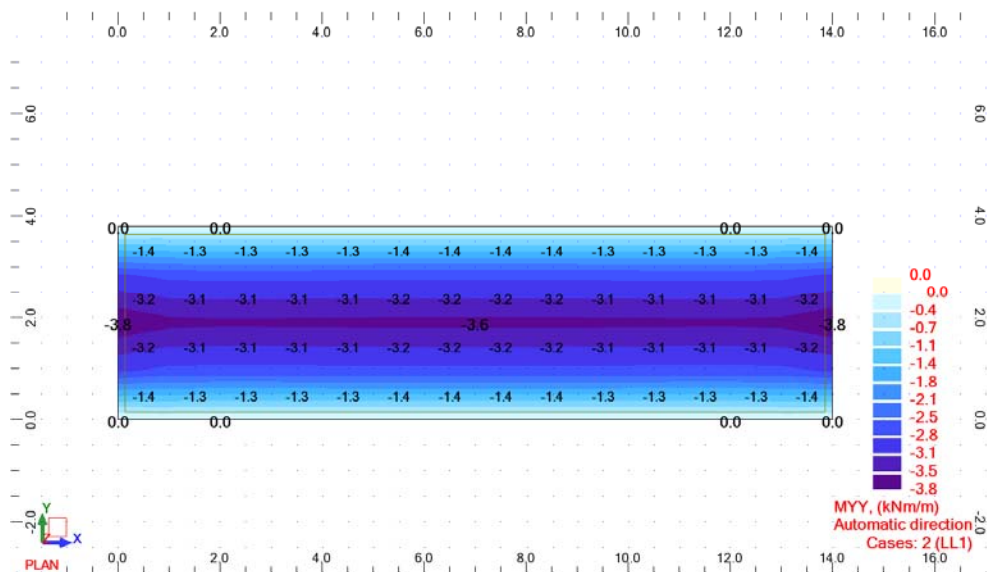
Gornja zona usv. Ø8/15, podeona Ø6/25



Rezultati dobijeni primenom metode konačnih elemenata

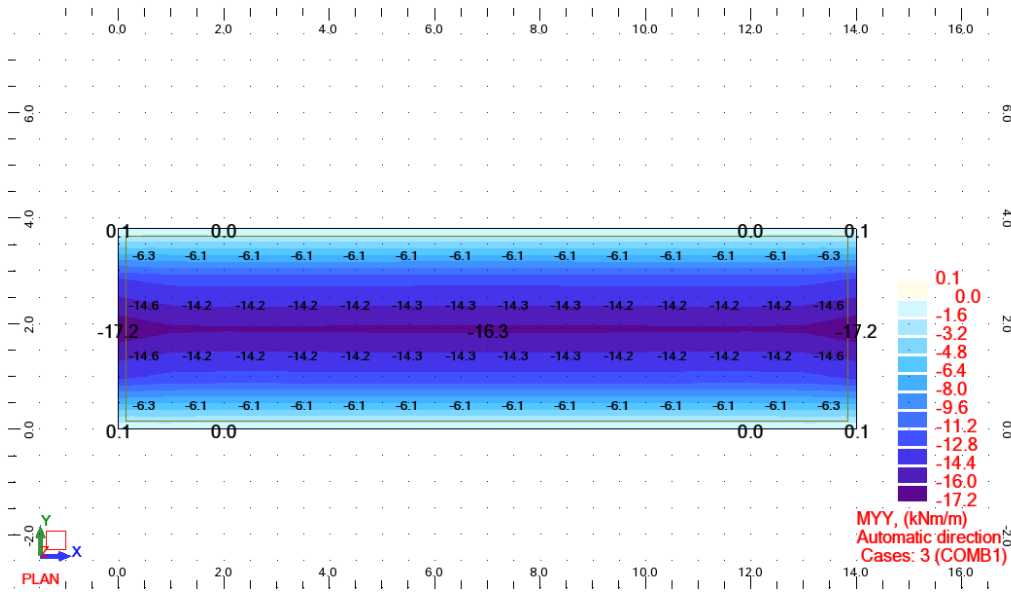


M_y



M_q





Msd

Internal Forces

No	N, kN	M, kNm
1		16.5

Strength reduction factors

alpha_cc = 0.850

Buckling lengths

- in plane of bending - Lox = 1.0 * L

- out plane of bending - Loy = 1.0 * L

Creep factor $\varphi(\sigma, \tau_0) = 3.5$

Long term load factor 75 %

☒ Calculate reinforcement ☐ Envelope

☐ Check reinforcement

Bottom - As1,ini = 0 cm²

Top - As2,ini = 0 cm²

Results

N > 0 is tension

Reinforcement	Area, cm ²	Ratio, %	Stress, MPa	Bending Moments
Bottom -	As1 = 4.05	p1 = 0.41	$\sigma_{s1} = 435.00$	MEd = 16.5 kNm
Top -	As2 = 0.00	p2 = 0.00	$\sigma_{s2} = 212.50$	MRd = 16.5 kNm
Total -	Astot = 4.05			

Compression zone height - x = 1.53 cm

Bending and axial force design completed successfully! n = 5

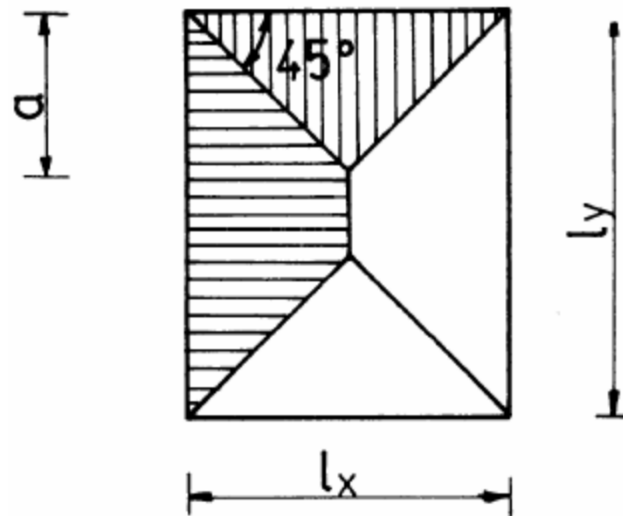
As1

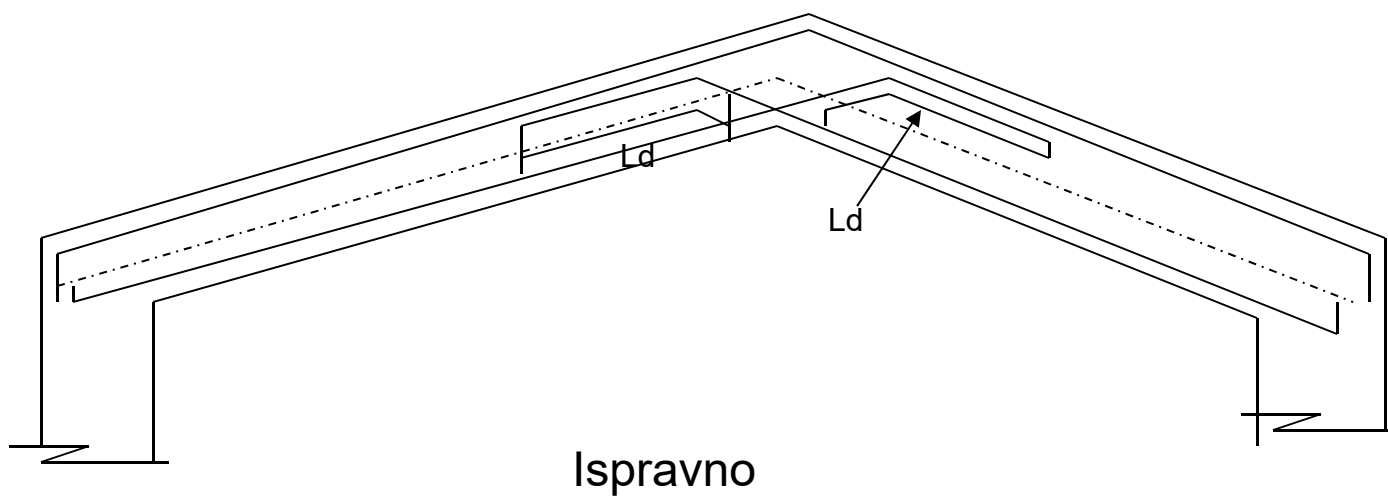
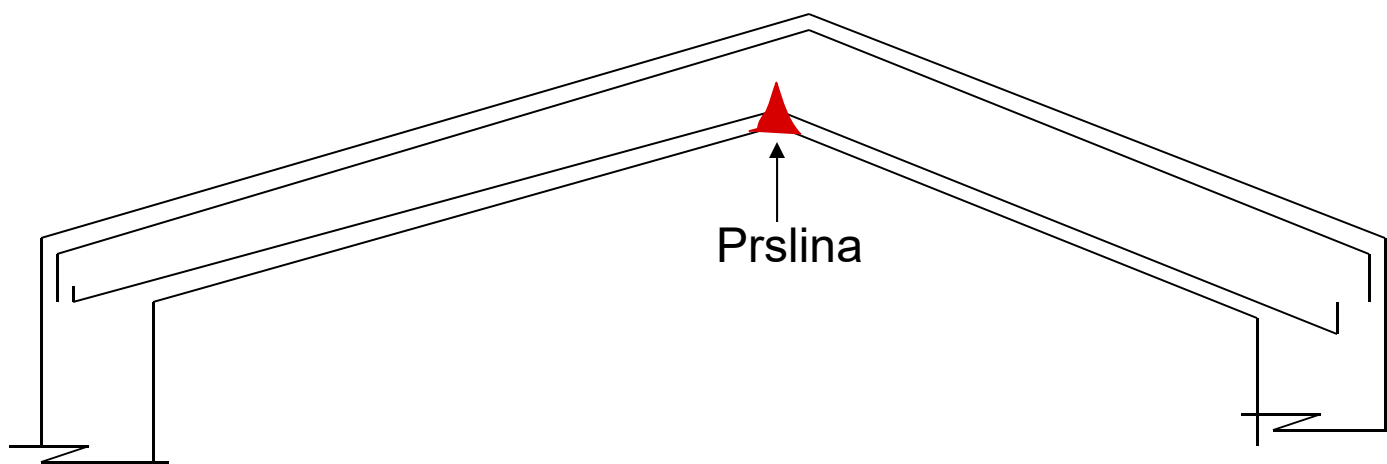


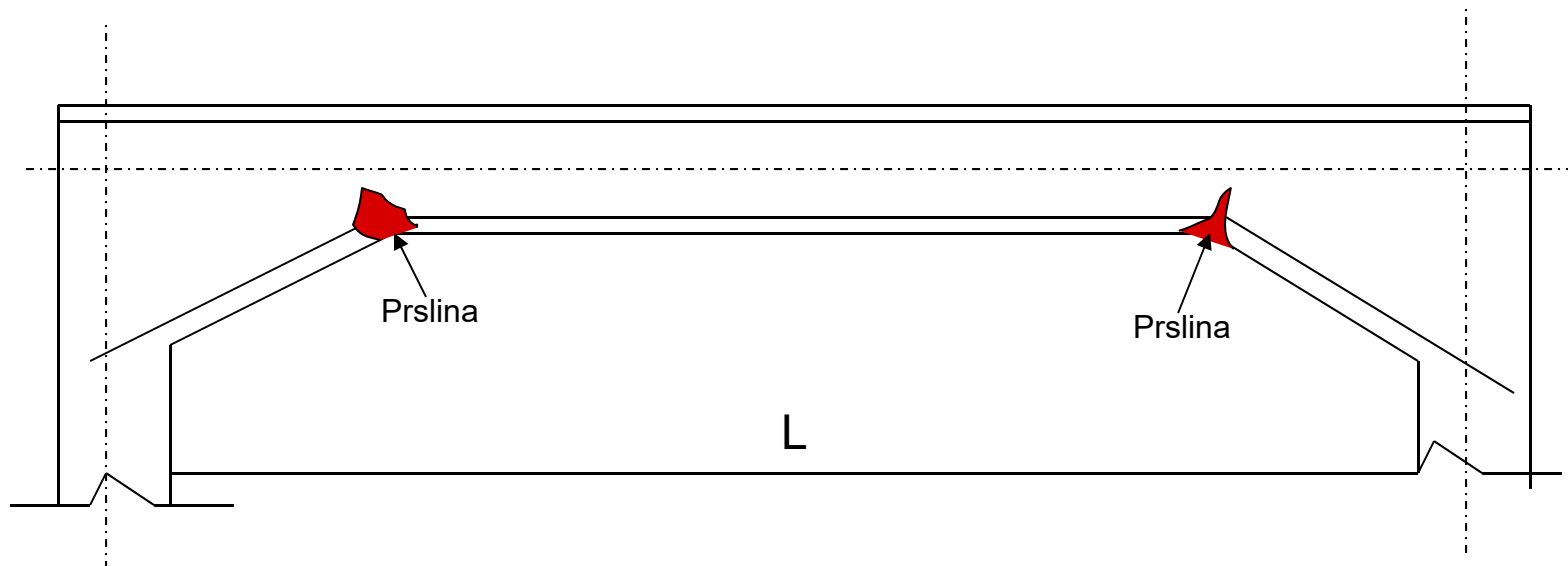
PRENOS OPTEREĆENJA SA PLOČE NA PODVLAKE

Oslonački pritisak pravougaonih ploča na podvlake (ili zidove) kontinuirano je promenljiv (parabola).

Za potrebe u svakodnevnoj praksi dovoljno je tačno ako se zameni trapeznim (uz dužu stranu ploče) ili trougaonim (uz kraću stranu ploče) opterećenjem, a koje je ograničeno simetralama uglova i simetralom kraćeg raspona ploče:







NEISPRAVNO

