

# Proračunska i konstrukcijska načela armiranja te izrada planova armature

---

Namjesnik, Mihael

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:198964>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-18**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

**Završni rad br. 335/GR/2018**

**Proračunska i konstrukcijska načela armiranja  
te izrada planova armature**

**Mihael Namjesnik, 0981/336**

Varaždin, rujan 2018. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za graditeljstvo

Završni rad br. 335/GR/2018

## Proračunska i konstrukcijska načela armiranja te izrada planova armature

**Student**

Mihael Namjesnik, 0981/336

**Mentor**

Dr. sc. Matija Orešković, dipl. ing. građ.

Varaždin, rujan 2018. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Mihael Namjesnik	MATIČNI BROJ	0981/336
DATUM	30.08.2018.	KOLEGIJ	Betonske konstrukcije II
NASLOV RADA	PRORAČUNSKA I KONSTRUKCIJSKA NAČELA ARMIRANJA TE IZRADA PLANOVA ARMATURE		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Calculation and design principles of reinforcement concrete and reinforcement draft		
MENTOR	dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ.	ZVANJE	viši predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. dr.sc. Aleksej Aniskin, viši predavač 2. dr.sc. Matija Orešković, viši predavač 3. prof.dr.sc. Božo Soldo 4. Željko Kos, predavač 5. _____		

V Ž K C

M M I

## Zadatak završnog rada

BROJ	335/GR/2018
------	-------------

### OPIS

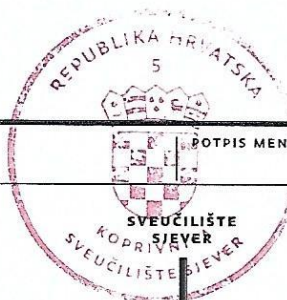
U Završnom radu potrebno je detaljno opisati proračunska i konstrukcijska načela armiranja te proračuna ab konstrukcija te izraditi nacрте (planove) armature za zadani konstrukterski zadatak.

Rad se sastoji od:

1. Uvod
2. Čelik za armiranje
3. Oblikovanje i konstruiranje armiranog čelika
4. Proračunska i konstrukcijska načela armiranobetonskih elemenata
5. Tehnički opis
6. Statički proračun a.b. monolitne konstrukcije proizvodno-skladišne građevine
7. Nacrti i planovi armature
8. Zaključak

ZADATAK URUČEN

11. 9. 2018.



POTPIS MENTORA

*Matija Orešković*

## **Predgovor**

Zahvaljujem svojem mentoru prof. dr. sc. Matiji Oreškoviću na velikoj pomoći oko izrade ovog završnog rada. Hvala Vam za sva održana predavanja, velikom razumijevanju, te za svaki savjet koji ste mi dali u vezi završnog rada i budućeg rada u struci.

Zahvaljujem se i svojoj obitelji na potpori i razumijevanju u periodu izrade završnog rada i općenito na potpori tijekom studiranja.

## **Sažetak**

U radu se prikazuje izrada planove armature na temelju statičkog proračuna armirano betonske konstrukcije proizvodno-skladišne građevine. Izradi tih planova prethodilo je proučavanje i utvrđivanje na koji se način oblikuje i konstruira armatura prema točno utvrđenim pravilima struke. Stoga su korištene Europske norme tj., Eurokod 2 koji se odnosi na projektiranje betonskih konstrukcija.

Na samu preporuku mentora, planovi armature izrađeni su u programu Autodesk Structural Detailing koji služi za izradu projekata armiranobetonskih konstrukcija. Svrha korištenja tog programa donosi sveobuhvatno unapređenje i omogućavanje lakšeg, bržeg i točnog crtanja detalja armiranja koje se kasnije može koristiti u struci.

**Ključne riječi:** beton, armatura, Eurokod 2, AutoDesk Structural Detailing

## **Abstract**

This final paper presents the design of reinforced concrete plans based on the static calculation of the reinforced concrete structure of the production and storage building. The design of these plans was preceded by studying and determining how the framework is shaped and constructed according to the established rules of the profession. Therefore European standards have been used, ie. Eurocode 2, which refers to the design of concrete structures.

At the mentor's own recommendation, reinforcement plans were created in Autodesk Structural Detailing, which is used for the designing of reinforced concrete structures. The purpose of using this program is to provide a comprehensive improvement and enable an easier, faster and accurate drawing of reinforcement details that can be used later in my profession.

**Key words:** concrete, steel, Eurocod 2, AutoDesk Structural Detailing



## Popis korištenih kratica

$A_s$	Površina presjeka armature
$A_{smin}$	Najmanja površina presjeka armature
$A_{sw}$	Površina poprečne armature (vilica;spona)
$b$	Ukupna širina presjeka ili stvarne pojasnice greda oblika T ili L
$b_w$	Širina hrpta I, T i $\Gamma$ presjeka
$b_{eff}$	Sudjelujuća širina grede
$c$	Zaštitni sloj betona
$d$	Statička visina presjeka
$d_g$	Veličina zrna
EC2	Eurocod 2
$E_s$	Proračunska vrijednost modula elastičnosti čelika za armiranje
$F_s$	Vlačna sila u armaturi
$f_{bd}$	Računsk čvrstoća prionljivosti
$F_{bt}$	vlačna sila za granično stanje opterećenja u šipki
$F_{wd}$	Proračunska nosivost vara pri smicanju
$f_{cd}$	Računska čvrstoća betona
$f_{tk}$	Karakteristična vlačna čvrstoća armature
$f_y$	Granica popuštanja čelika
$f_{yd}$	Proračunska granica popuštanja armature
$f_{ywd}$	Proračunska granica popuštanja poprečne armature
$l_b$	Osnovna dužina sidrenja
$l_{bd}$	Proračunska duljina sidrenja
$l_{b,min}$	Minimalna duljina sidrenja
$N_{ed}$	Proračunska vrijednost djelujuće uzdužne sile
$s_w$	Razmak spona
$V_{ed}$	Računska poprečna sila
$V_{rd}$	Računska nosivost na poprečne sile
$V_{rd1}$	Računska nosivost na poprečne sile koja se ostvaruje betonom i uzdužnom armaturom
$V_{rd2}$	Računska nosivost na poprečne sile tlačnih betonskih dijagonala
$x$	Položaj neutralne osi
$z$	Krak unutrašnjih sila u presjeku
$\alpha$	Koeficijent oblika tlačne zone presjeka opterećenog momentom savijanja
$\alpha_1$	Koeficijent za utjecaj oblika šipki, uz odgovarajući zaštitni sloj
$\alpha_2$	Koeficijent za utjecaj minimalnog zaštitnog sloja
$\alpha_3$	Koeficijent za utjecaj ovijanja poprečnom armaturom
$\alpha_4$	Koeficijent za utjecaj jedne ili više zavarenih poprečnih šipki
$\alpha_5$	Koeficijent za utjecaj tlačnog naprezanja okomito na ravninu cijepanja uzduž proračunske duljine sidrenja
$\eta_1$	Koeficijent koji se odnosi na kvalitetu uvjeta prijanjanja
$\eta_2$	Koeficijent koji ovisi o promjeru šipke
$\theta$	Kut između tlačnog štapa betona i osi elementa
$\rho_1$	Koeficijent armiranja
$\rho_w$	Koeficijent armiranja poprečnom armaturom
$\sigma_{cm}$	Naprezanje u betonu usmjeren na obje šipke
$\sigma_c$	Naprezanje u betonu
$\sigma_{sd}$	Proračunsko naprezanje šipke

# SADRŽAJ:

1. UVOD .....	1
2. ČELIK ZA ARMIRANJE .....	2
3. OBLIKOVANJE I KONSTRUIRANJE ARMIRANOG ČELIKA .....	6
3.1 Opća pravila armiranja .....	6
3.2 Razmak šipki .....	6
3.3 Dopušteni promjeri valjaka za savijanje šipki .....	7
3.4 Sidrenje uzdužne armature .....	8
3.5 Sidrenje spona i ostale poprečne armature .....	14
3.6 Sidrenje sa zavarenim šipkama .....	15
3.7 Nastavljanje preklapanjem i mehanički nastavci .....	16
4. PRORAČUNSKA I KONSTRUKCIJSKA NAČELA .....	23
ARMIRANOBETONSKIH ELEMENATA .....	23
4.1 Općenito .....	23
4.2 Grede .....	23
4.3 Pune ploče betonirane na gradilištu .....	30
4.4 Ravne ploče .....	32
4.5 Stupovi .....	34
4.6 Temelji .....	36
4.7 Temeljne grede/zatege .....	38
5. AUTODESK STRUCTURAL DETAILING .....	39
6. TEHNIČKI OPIS .....	40
6.1 Općenito .....	40
6.2 Opterećenje .....	41
6.3 Konstrukcija .....	41
7. STATIČKI PRORAČUN A.B. MONOLITNE KONSTRUKCIJE PROIZVODNO-SKLADIŠNE GRAĐEVINE .....	44
7.1 Statički proračun ploče Poz. 201-203-201 .....	44
7.2 Statički proračun grede Poz. 202-202 .....	44
7.3 Statički proračun a.b. stupa Poz. S1 .....	44
7.4 Proračun duljine preklopa i sidrenja armature greda .....	45
7.5 Proračun duljine preklopa i sidrenja armature stupa .....	47
8. ZAKLJUČAK .....	49
9. LITERATURA .....	51

# 1. UVOD

Tema ovog završnog rada je: "Proračunska i konstrukcijska načela armiranja i izrada planova armiranja." Glavni je cilj bio izraditi planove armature ploče, grede, stupa i temelja armiranobetonske monolitne konstrukcije proizvodno skladišne građevine. Građevina je pravokutnog tlocrta, dimenzija 18,60m x 14,30m, i sastoji se od dvije funkcionalne povezane cjeline: skladišnog dijela u podrumu i proizvodnog dijela u prizemlju. Nacrt karakterističnog kata i poprečni presjek dani su u 8 poglavlju. Tehnički opis konstrukcije kao i materijali za izradu konstrukcije dani su u poglavlju *Tehnički opis*. Analiza opterećenja i mjerodavne kombinacije koje su u korištene u proračunu te dimenzioniranje odabranih elemenata konstrukcije, ploče, grede i stup nalazi se u sedmom poglavlju pod nazivom *Statički proračun*.

Pravilno armiranje je važno jer se osigurava projektirana svojstva armiranobetonskih elemenata i konstrukcija, trajnost konstrukcije, te pravilnim izborom armature i njenim povoljnim razmještajem utječe se na raspored i veličinu pukotina te osiguranje nosivosti i duktilnosti konstrukcije. Stoga pri izradi nacrt armature primjenjuju se određeni propisi i norme. Pravila i propisi koji se zasnivaju na modernim europskim normama a primjenjuju se kod izrada nacrt armature nalaze se u Eurokodu 2. Kao dio završnog rada obrađene su osmo i deveto poglavlje Eurokoda.

Poglavlje *Oblikovanje i konstruiranje armiranog čelika* odnosi se za rebrastu armaturu, zavarene armaturne mreže i šipke za prednapinjanje i sadrži formule za proračun sidrenja uzdužne i poprečne armature te formulu za preklapanje armature. Poglavlje je popraćeno raznim presjecima i detaljima koji pokazuju pravilan smještaj armature. Minimalne i maksimalne površine kao i posebna pravila za određeni armiranobetonski element dani su u poglavlju *Proračunska i konstrukcijska načela a.b. konstrukcija*.

Nacrti armature čine jedan od glavnih dijelova projekta nosive konstrukcije objekta i po njima se na gradilištu izvodi armiranje betonske konstrukcije. Na osnovi proračuna izrađeni su planovi armature sa specifičnim detaljima u programu Autodesk Structural Detailing 2012, a sam program je detaljnije opisan u petom poglavlju.

## 2. ČELIK ZA ARMIRANJE

Za armiranje betonskih konstrukcija rabe se čelici pod nazivom betonski čelik ili čelik za armiranje.

Betonski čelik dijeli se prema:

- profilu, na žice  $\varnothing \leq 12$  mm i šipke  $\varnothing > 12$  mm;
- mehaničkim karakteristikama (granica popuštanja, vlačna čvrstoća i rastezljivost pri slomu probnog uzorka na dijelu njegove dužine  $10 \varnothing$ ), na visoko i normalno duktilne čelike;
- zavarljivosti, na nezavarljiv, zavarljiv pod određenim uvjetima i zavarljiv;
- površinskoj obradi pri izvlačenju, na glatki i rebrasti, uključujući i zavarene mreže;
- vrsti obrade, na toplo valjan, toplo valjan i hladno obrađen i termički poboljšan čelik.

Proizvođač čelika za armiranje garantira ove mehaničke karakteristike:

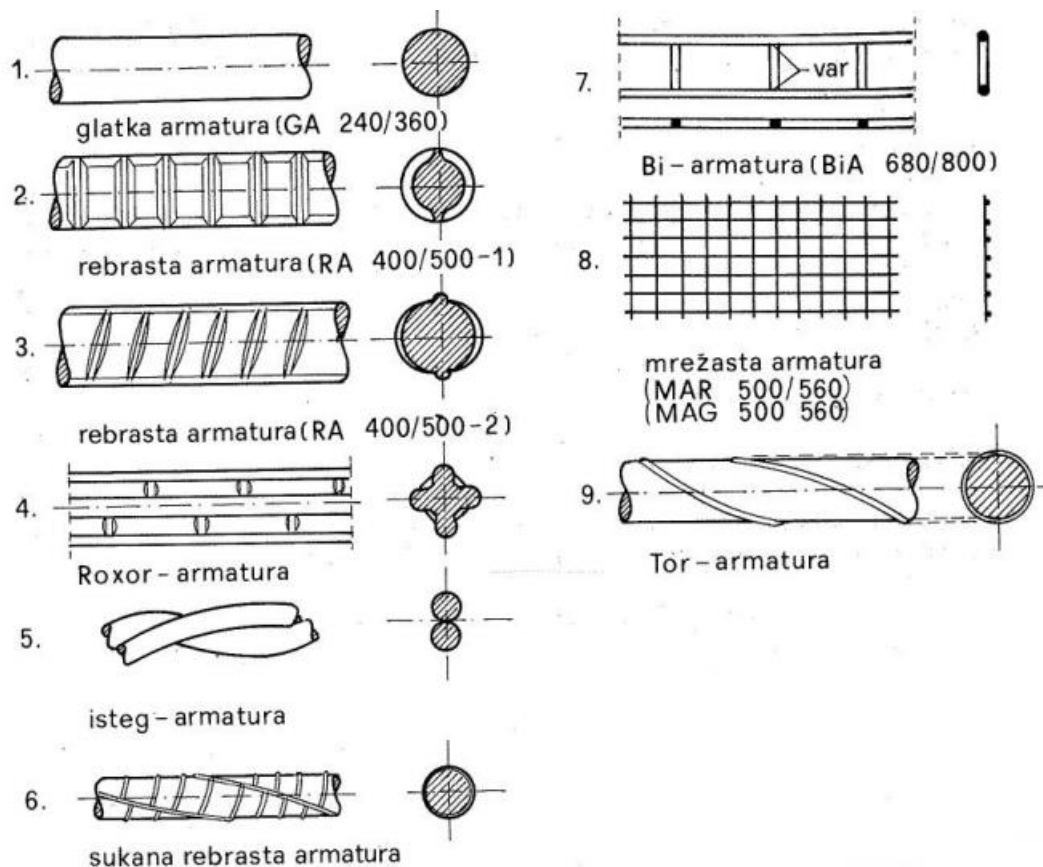
- karakterističnu čvrstoću pri kidanju (vlačna čvrstoća) ( $f_{tk}$ )
- karakterističnu granicu popuštanja ( $f_{yk}$ )
- rastezljivost poslije kidanja na dužini od  $10 \varnothing$
- sposobnost savijanja i povratnog savijanja šipke oko trna određenog promjera s određenim kutom savijanja bez pukotina šipke u vlačnom i tlačnom pojasu;
- karakterističnu dinamičku čvrstoću (granicu zamora)

Dokaz svih nabrojanih mehaničkih svojstava armature obavlja se prema standardima ispitivanja čelika za armiranje. Jedan od glavnih uvjeta armiranobetonskih konstrukcija je potpuno sprezanje između betona i čelika, što znači da ne smije nastupiti klizanje armature u betonu. Pri malim posmičnim naprezanjima između armature i betona zadovoljava glatki okrugli presjek. S izradom kvalitetnijeg čelika rasla je sila u armaturi, pa je sve više prijetila opasnost da se čelik odijeli od betona. Sprečavanje klizanja postiže se upotrebom rebrastih ili sukanih profila te sukano rebrastih profila. Rebrasti čelici imaju znatno bolju prionljivost od glatkih čelika pa dopuštaju upotrebu većih naprezanja s tim da se mogu očekivati pravilno raspoređene pukotine u betonu manjih širina.

Od čelika za armiranje zahtijeva se i velika rastezljivost, tj. veliko relativno produljenje prije sloma. Ona je potrebna u prvom redu radi izravnavanja naprezanja u pojedinim šipkama armature na mjestu pukotina. Svojstvo velike rastezljivosti poželjno je i za nekontrolirano preopterećenje konstrukcije, kad velika rastezanja armature izazivaju u betonu široke pukotine i upućuju na opasnost od sloma. S druge strane, potrebna je velika rastezljivost pri hladnoj izradi kuka i ogiba. Čelične šipke male rastezljivosti moraju se savijati u užarenom stanju, što znatno otežava rad, a kod nekih vrsta čelika time se kvare ili mijenjaju njegova svojstva (hladno obrađeni čelik).

Čelik koji se rabi za armaturu dobavlja se u šipkama, kolotovima i mrežama raznih oblika i presjeka, raznih duljina, a i raznih kvaliteta. Na slici 2.1 prikazano je nekoliko oblika armatura koje se upotrebljavaju u armiranom betonu:

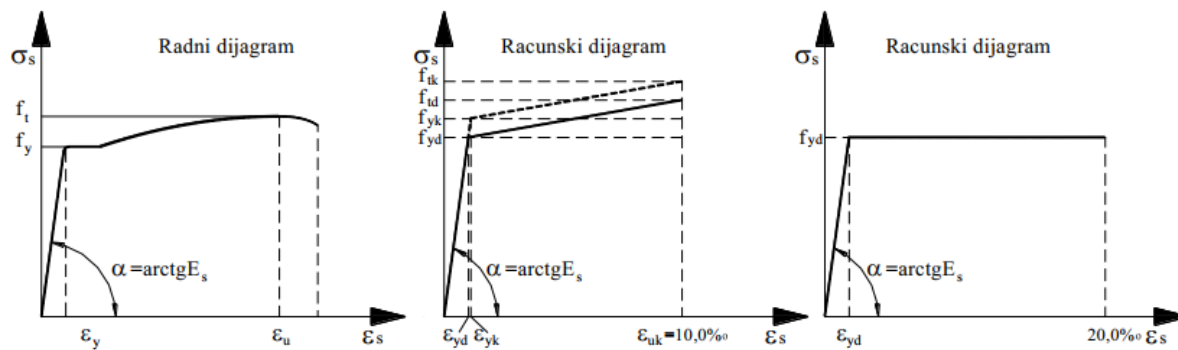
- Glatka armatura je od prirodnog čelika B240, B220 (GA 240/360)
- Rebrasta armatura je od visokovrijednoga prirodno tvrdog čelika dobivenoga prikladnim legiranjem B400, B500 (RA 400/500, RA 500/550)
- Sukani profili su hladno obrađeni čelici
- Mrežasta armatura je također od hladno obrađenih glatkih i rebrastih žica koje se zavaruju točkasto elektrootporom u krutu mrežu MAG 500/560 i MAR 500/560
- Bi-armatura sastoji se od dvije hladno obrađene žice međusobno spojene poprečnim šipkama od prirodnog čelika i zavarene. Nije dopuštena za dinamičko opterećene konstrukcije i konstrukcije koje moraju biti nepropusne za vodu B680 (BiA- 680/800)



Slika 2.1: Oblici armature

Rebrasta armatura isporučuje se u snopovima ravnih šipaka duljine od 12 do iznimno 14m, a po narudžbi kupaca profili od 8, 10, 12 i 14 mm u kolutovima duljine do 50 m.

Radni dijagram naprezanje-deformacija za meki čelik (sl.2.15), vrijednost  $f_{tk}$  znači karakterističnu vlačnu čvrstoću čelika, a  $f_{yk}$  karakterističnu granicu popuštanja koja odgovara naprezanju za koje je nepovratna deformacija 0.2%.



Slika 2.2: Radni i računski dijagrami armature

Za modul elastičnosti predlaže se stalna veličina  $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$ , a za temperaturni koeficijent  $\alpha_{T,s} = 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  kod temperatura od  $-20^\circ$  do  $200^\circ\text{C}$ .

Prema važećim hrvatskim normama čelici za armiranje dijele se u razrede s obzirom na granicu popuštanja i duktilnost samog čelika. Oznake za čelik za armiranje jesu: B500A, B500B i B450C pri čemu je: B – oznaka da se radi o betonskom čeliku (od njem. Betonstahl), 500 i 450 su vrijednosti karakteristične granice popuštanja u  $\text{N/mm}^2$ , A, B i C su razredi duktilnosti pri čemu se razlikuje:

- obična duktilnost B500A:  $f_{yk} \geq 500 \text{ N/mm}^2$ ,  $\varepsilon_{yk} \geq 25 \text{ ‰}$ ,  $k = (f_t/f_y)_k \geq 1,05$
- velika duktilnost B500B:  $f_{yk} \geq 500 \text{ N/mm}^2$ ,  $\varepsilon_{yk} \geq 50 \text{ ‰}$ ,  $k = (f_t/f_y)_k \geq 1,08$
- vrlo velika duktilnost B450C:  $f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$ ,  $\varepsilon_{yk} \geq 75 \text{ ‰}$ ,  $1,15 \leq k = (f_t/f_y)_k < 1,35$ .

Kod rekonstrukcija postojećih građevina često se susreću stare oznake čelika: GA 240-360, RA 400/500, RA 500/550, MAG 500/560, MAR 500/560 i sl. U pravilu slova označavaju tip armature, npr.: GA – glatka armatura, RA – rebrasta armatura, MAG – mrežasta armatura od glatkih šipki, MAR – mrežasta armatura od rebrastih šipki i sl. Brojevi iza označavaju karakterističnu granicu popuštanja i karakterističnu vlačnu čvrstoću. Tako npr. 240/360 znači da je  $f_{yk} = 240 \text{ N/mm}^2$ , a  $f_{tk} = 360 \text{ N/mm}^2$ . U pogledu duktilnosti svi su stari čelici obične i visoke duktilnosti. Pravilo je sljedeće: što materijal ima manju čvrstoću, duktilniji je jer ima manje ugljika u svom sastavu. Stoga je čelična armatura do granice popuštanja  $f_{yk} = 400 \text{ MPa}$  u pravilu čak vrlo velike duktilnosti, C, dok su veće granice popuštanja rezultirale velikom duktilnosti, B, a mrežasta je armatura zbog zavarivanja bila obične duktilnosti, A.

# 3.OBLIKOVANJE I KONSTRUIRANJE ARMIRANOG ČELIKA

## 3.1 Opća pravila armiranja

Pravila navedena u ovom odjeljku primjenjuju se za rebrastu armaturu, zavarene armaturne mreže i šipke za prednapinjanje podvrgnute dominantnom statičkom opterećenju. Pravila se primjenjuju za uobičajene zgrade i mostove .

Ta pravila mogu da budu nedovoljna za:

- elemente izložene dinamičkom opterećenju uslijed seizmičkih utjecaja ili vibracija stroja, udarnih opterećenja i
- elemente s armaturom zaštićenom posebnim premazima, epoksima ili galvanizacijom.

## 3.2 Razmak šipki

Razmak šipki mora biti najmanje toliki da se beton može na zadovoljavajući način ugraditi i zbiti te da je osigurano dovoljno prijanjanje betona i čelika. Svijetli razmak (horizontalno i vertikalno) između usporednih pojedinačnih šipki ili horizontalnih slojeva paralelnih šipki ne smije biti manji od promjera najveće ili 20 mm. Za  $d_g > 32$  mm ovi razmaci ne smiju biti manji od  $d_g + 5$  mm.

Ako su šipke raspoređene u odvojenim horizontalnim slojevima, šipke svakog sloja treba postaviti jednu iznad druge. Između ostalog, treba predvidjeti dovoljno prostora između susjednih šipki kako bi se omogućio pristup vibratorima i dobro zbijanje betona. Šipke armature koje se nastavljaju preklapanjem, mogu da budu u neposrednom kontaktu na dužini preklapanja.



### 3.3 Dopušteni promjeri valjaka za savijanje šipki

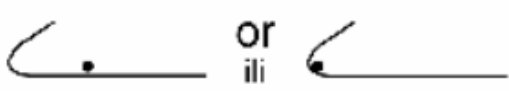
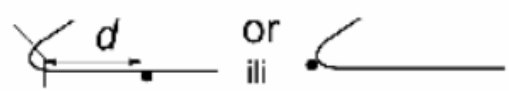
Minimalni promjer trna za savijanja šipki mora se tako odrediti da ne dođe do pukotina u šipki uslijed savijanja i da se izbjegne cijepanje betona ili drobljenje u području savijanja te. Da ne bi došlo do oštećenje armature promjer savijanja šipki (promjer valjka) ne treba da bude manji od  $\Theta_{m,min}$ .

Napomena: Vrijednosti  $\Theta_{m,min}$  koje se primjenjuju u određenoj zemlji date su u njenom nacionalnom dodatku. Preporučene vrijednosti dane su u tablici 3.1.

Tablica 3.1: Minimalni promjer valjka za savijanje da bi se izbjeglo oštećenje armature  
a) za šipke i žicu

Promjer šipki	Minimalni promjer valjka za kuke, ravne kuke i petlje (vidjeti sliku 8.1)
$\varnothing \leq 16 \text{ mm}$	4 $\varnothing$
$\varnothing > 16 \text{ mm}$	7 $\varnothing$

b) za zavarenu savijenu armaturu i armaturne mreže savijene nakon zavarivanja

Minimalni promjer trna za povijanje	
	
5 $\varnothing$	$d \geq 3\varnothing$ : 5 $\varnothing$ $d < 3\varnothing$ ili zavarivanje u zoni luka: 20 $\varnothing$
Napomena: Kada se armatura zavaruje u zoni luka, promjer valjka može da se smanji na 5 $\varnothing$ ako se zavarivanje vrši u skladu sa EN ISO 17660.	

Promjer valjka nije potrebno provjeravati s obzirom na lom betona unutar luka savijene šipke ukoliko su ispunjeni sljedeći uvjeti:

- sidrenje šipke ne zahtijeva dužinu dijela šipke poslije kraja luka veću od 5 $\varnothing$
- šipka se ne nalazi u uglu betonskog presjeka (ravnina savijanje šipke nije blizu površine betona) i postoji poprečna šipka promjera  $\geq \varnothing$  unutar luka
- promjer valjka je najmanje jednak preporučenim vrijednostima datim u tablici 3.1.

Ako ti uvjeti nisu ispunjeni, promjer valjka  $\emptyset_{m,min}$  treba da se poveća prema izrazu:

$$\emptyset_m \geq F_{bt} [(1/a_b) + (1/2 \emptyset)] / f_{cd} \quad (1)$$

gdje je:

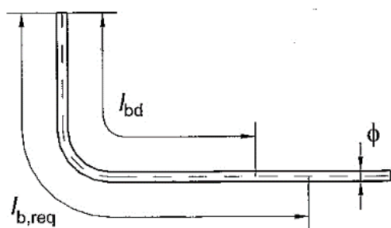
$F_{bt}$  vlačna sila za granično stanje opterećenja u šipki ili grupi šipki koje su u kontaktu na početku luka

$a_b$  za datu šipku, (ili grupu šipki), je polovica udaljenosti od osi do osi razmaka između šipki (ili grupu šipki) okomito na ravninu luka. Za šipke ili grupu šipki uz susjedne stranice elementa,  $a_b$  treba da se uzme da je jednako zaštitnom sloju plus  $\emptyset/2$ .

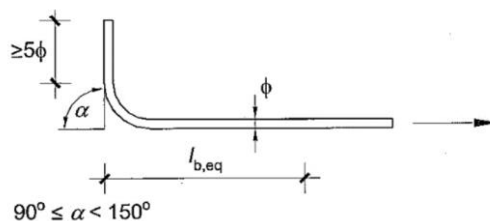
Vrijednosti  $f_{cd}$  nije potrebno uzeti veću od one koja odgovara klasi C55/67.

### 3.4 Sidrenje uzdužne armature

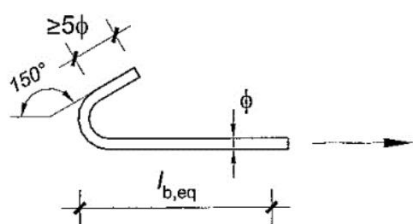
Armaturene šipke, armaturene žice ili zavarene mreže moraju se sidriti tako da se sile prijanjanja betona i čelika sigurno prenesu na beton, te da se isključi stvaranje uzdužnih pukotina ili odlamanja betona u području sidrenja. Potrebna poprečna armatura određena je posebnim pravilima. Načini sidrenja prikazani su na slici 1.1 (vidi i 1.8 (3)).



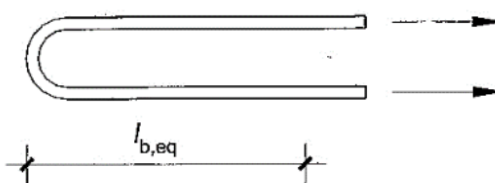
a) Osnovna duljina sidrenja vlačni šipki  $l_{b,req}$  za sve oblike mjereno uzduž središnje linije



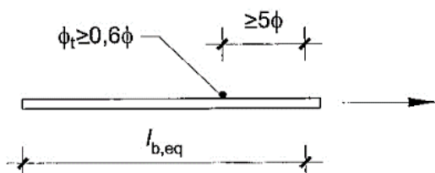
b) Jednakovrijedna duljina sidrenja za standardno savijanje (ravna kuka)



c) Jednakovrijedna duljina sidrenja za standardnu kuku



d) Jednakovrijedna duljina sidrenja za standardnu petlju



e) Jednakovrijedna duljina sidrenja uz zavarenu poprečnu šipku

Slika 3.1: Metode sidrenja za šipke koje nisu ravne

Razlikujemo više vrsta sidrenja armature, ravnom šipkom, šipkom s kukom, šipkom s ravnom (pravokutnom) kukom i šipkom s petljom. Za tlačnu armaturu dopuštene su samo ravne šipke za sidrenje. Kada se koriste mehanička sredstva za sidrenje, zahtjevi za testiranje treba da budu u skladu s odgovarajućim standardom proizvoda ili Europskim tehničkim odobrenjem. Šipke promjera  $\varnothing > 32$  mm moraju se sidriti kao ravne šipke ili posebnim sidrenim elementima. Zabranjeno je sidrenje u vlačnim područjima.

### 3.4.1. Prionljivost betona i armature

Prionljivost betona i armature ovisi o površini armature, dimenzijama elemenata te položaju i nagibu armature tijekom betoniranja.

Dobra prionljivost armature i betona ostvarena je kada:

- su sve šipke armature s nagibom od  $45^\circ$  do  $90^\circ$  prema vertikali tijekom betoniranja
- su sve šipke armature s nagibom od  $0^\circ$  do  $45^\circ$  prema vertikali tijekom betoniranja:
  - ugrađene u elemente kojima debljina, u smjeru betoniranja, ne prelazi 250 mm
  - ugrađene u elemente debljine 250 - 600 mm, a koji su bili najviše  $h/2$  iznad donje plohe svježeg betona
  - ugrađene u elemente debljine veće od 600 mm, ali više od 300 mm ispod gornje plohe odsječka betoniranja
- se štapni konstrukcijski elementi (npr. stupovi) izvode u ležećem položaju, vibriraju vibracijskom iglom i čije vanjske izmjere nisu veće od 500 mm.

U svim se drugim slučajevima prionljivost armature i betona označava umjerenom. U konstrukcijskim elementima, koji se izvode kliznom oplatom, za sve šipke armature prionljivost armature i betona označava se umjerenom.

Granična vrijednost prionljivosti je ona koja u graničnom stanju nosivosti osigurava dostatnu sigurnost da se ne dogodi zakazivanje prionljivosti, a u graničnom stanju uporabljivosti osigurava da nema značajnih pomaka između betona i armature.

Proračunsku vrijednost prionljivosti  $f_{bd}$  za rebraste šipke određuje se prema:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} \quad (2)$$

gdje je:

$f_{ctd}$  - proračunska vrijednost čvrstoće betona pri tlaku. Uslijed povećanja krutosti betona viših klasa čvrstoće, treba u ovom slučaju ograničiti na vrijednost koja odgovara C60/75, osim ako može da se dokaže da se srednja vrijednost čvrstoće prijanjanja povećava iznad te granice

$\eta_1$  - koeficijent koji se odnosi na kvalitetu uvjeta prijanjanja i položaj šipke za vrijeme betoniranja

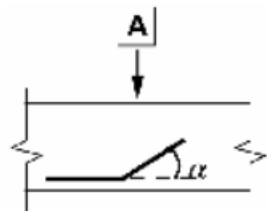
$\eta_1 = 1,0$  kada su uvjeti "dobri" i

$\eta_1 = 0,7$  za sve ostale slučajeve i za šipke u konstrukcijskim elementima koji se betoniraju u kliznoj oplati, ukoliko se ne dokaže da su uvjeti "dobri"

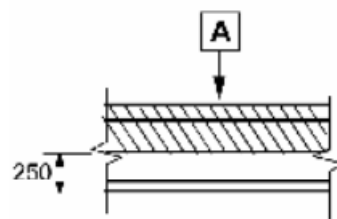
$\eta_2$  - koeficijent koji ovisi o promjeru šipke:

$\eta_2 = 1,0$  za  $\varnothing \leq 32$  mm

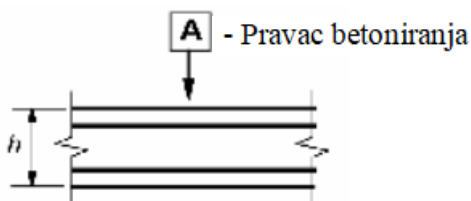
$\eta_2 = (132 - \varnothing)/100$  za  $\varnothing \geq 32$  mm



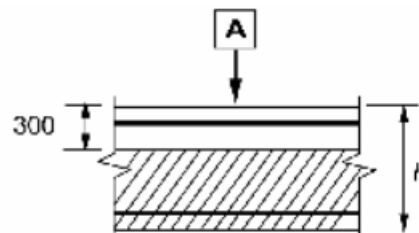
a)  $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$



c)  $h > 250$  mm



b)  $h \leq 250$  mm



d)  $h > 600$  mm

a) i b) "Dobri" uvjeti prijanjanja za sve šipke

c) i d)  
 Nešrafirana zona - "dobri" uvjeti prijanjanja  
 Šrafirana zona - "loši" uvjeti prijanjanja

Slika 3.2: Uvjeti prijanjanja (zone dobre i loše prionjivosti - šrafirano)

### 3.4.2 Osnovna duljina sidrenja

U proračunu potrebne duljine sidrenja mora da se uzme u obzir vrsta čelika i svojstva prijanjanja šipki. Osnovna vrijednost sidrenja armature  $l_{b,rqd}$  je duljina sidrenja ravne šipke koja je potrebna za sidrenje sile  $A_s \cdot \sigma_{sd}$ , uz pretpostavku konstantne proračunske prionljivosti  $f_{bd}$  uzduž i po opsegu šipke.

Osnovna vrijednost duljina sidrenja jedne šipke iznosi:

$$l_{b,rqd} = (\sigma_{sd} / f_{bd}) \cdot \varnothing \quad (3)$$

gdje je:

$\sigma_{sd}$  - proračunsko naprezanje šipke na položaju od kojeg se mjeri sidrenje  $\sigma_{sd} \leq f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$

Vrijednosti za  $f_{bd}$  date su u potpoglavlju 3.4.1. Za savijene šipke osnovna duljina sidrenja  $l_b$ , i proračunska duljina  $l_{bd}$ , treba da se mjeri duž osi šipki. (vidi sliku 3.1 a). Za zavarene mreže od betonskog čelika s dvostrukim šipkama promjer  $\varnothing$  u izrazu (1.3) mora se zamijeniti s ekvivalentnim promjerom  $\varnothing_n = \varnothing \cdot \sqrt{2}$ .

### 3.4.3. Proračunska duljina sidrenja

Proračunska duljina sidrenja  $l_{bd}$  data je izrazom:

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} \geq l_{b,min} \quad (4)$$

gdje su  $\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5$  koeficijenti dani u tablici 3.2:

$\alpha_1$  - je za utjecaj oblika šipki, uz odgovarajući zaštitni sloj (vidi sliku 3.1)

$\alpha_2$  - za utjecaj minimalnog zaštitnog sloja (vidi sliku 3.3)

$\alpha_3$  - za utjecaj ovijanja poprečnom armaturom

$\alpha_4$  - za utjecaj jedne ili više zavarenih poprečnih šipki ( $\varnothing_t > 0,6\varnothing$ ) uzduž proračunske duljine sidrenja  $l_{bd}$

$\alpha_5$  - za utjecaj tlačnog naprezanja okomito na ravninu cijepanja uzduž proračunske duljine sidrenja

Umnožak ( $\alpha_2 \alpha_3 \alpha_5$ ) mora biti  $\geq 0,7$ .

$l_{b,rqd}$  dobivamo iz izraza (4)

$l_{b,min}$  je minimalna duljina sidrenja, ako se ne primjenjuju nikakva druga ograničenja:

- za sidrenje u vlačnom području:

$$l_{b,min} \geq \max(0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\emptyset; 100 \text{ mm})$$

- za sidrenje u tlačnom području:

$$l_{b,min} \geq \max(0,6 \cdot l_{b,rqd}; 10\emptyset; 100 \text{ mm})$$

Kao pojednostavljena alternativa za izraz (4) sidrenje pojedinih oblika vlačne armature, prikazanih na slici 3.1, može da se osigura ekvivalentnom duljinom sidrenja  $l_{b,eq}$ .

Duljina  $l_{b,eq}$  je definirana na slici 3.1 i može da se uzme da iznosi:

-  $\alpha_1 \cdot l_{b,rqd}$  za oblike prikazane na slikama 3.1b do 3.1d (vidi tablicu 3.2 za vrijednosti  $\alpha_1$ )

-  $\alpha_4 \cdot l_{b,rqd}$  za oblike prikazane na slici 3.1e (vidi tablicu 3.2 za vrijednosti  $\alpha_4$ )

gdje su:

$\alpha_1$  i  $\alpha_4$  definirane u tekstu iznad

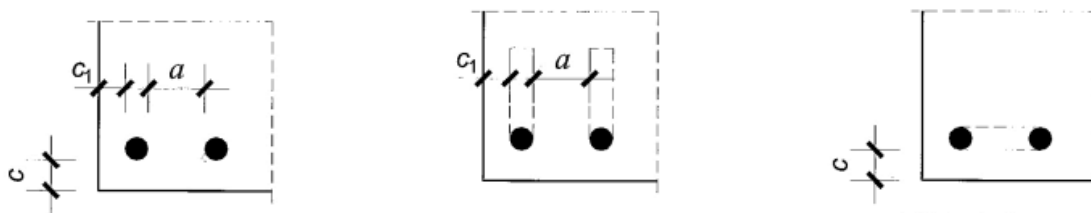
$l_{b,rqd}$  - osnovna duljina sidrenja ravne šipke, izračunata prema izrazu (4)

Utjecaj	Vrsta sidrenja	Armatura šipka	
		Vlačna	Tlačna
Oblik šipke	Ravno	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
	Nije ravno (vidi sliku 1.1b), c) i d))	$\alpha_1 = 0,7$ ako je $c_d > 3 \varnothing$ inače je $\alpha_1 = 1,0$ (vidi sliku 1.3 za vrijednosti $c_d$ )	$\alpha_1 = 1,0$
Zaštitni sloj betona	Ravno	$\alpha_1 = 1 - 0,15 (c_d - \varnothing) / \varnothing$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_2 = 1,0$
	Nije ravno (vidi sliku 1.1b), c) i d))	$\alpha_1 = 1 - 0,15 (c_d - \varnothing) / \varnothing$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$ (vidi sliku 1.3 za vrijednosti $c_d$ )	$\alpha_2 = 1,0$
Ovijeno poprečnom armaturom koja nije zavarena za glavnu armaturu	Svi tipovi	$\alpha_3 = 1 - K\lambda$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_3 = 1,0$
Ovijeno zavarenom poprečnom armaturom*	Svi tipovi, položaj i veličina kao na slici 1.1(e)	$\alpha_4 = 0,7$	$\alpha_4 = 0,7$
Djelovanje poprečnog tlaka*	Svi tipovi	$\alpha_5 = 1 - 0,04 p$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	-

gdje je:  
 $\lambda = (\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,min}) / A_s$   
 $\Sigma A_{st}$  površina poprečnog presjeka poprečne armature uzduž proračunske duljine sidrenja  $l_{bd}$   
 $\Sigma A_{st,min}$  površina poprečnog presjeka najmanje poprečne armature =  $0,25A_s$  za grede i 0 za ploče  
 $A_s$  površina jedne uzdužne sidrene šipke najvećeg promjera  
 $K$  vrijednost prikazane na slici 1.4  
 $p$  poprečni tlak [MPa] u graničnom stanju nosivosti, na dužini  $l_{bd}$ .

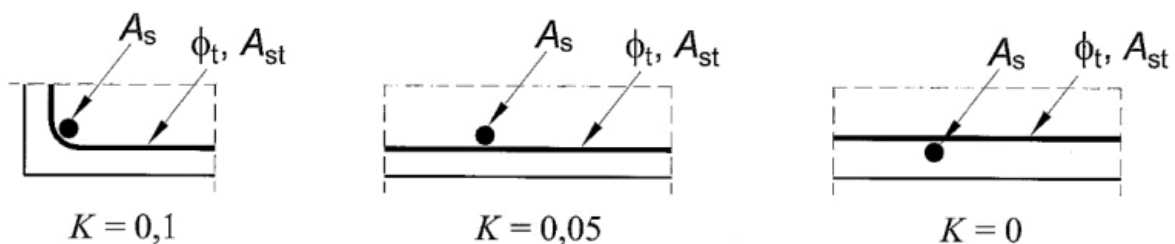
\* Za izravno oslanjanje  $l_{bd}$  se može uzeti manji od  $l_{b,min}$  uz uvjet da je najmanje jedna poprečna šipka zavarena najmanje 15 mm od lica oslonca, unutar oslonca.

Tablica 3.2: Vrijednosti koeficijenata  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  i  $\alpha_5$



a) ravne šipke  $c_d = \min (a/2, c_1, c)$     b) savijene šipke ili šipke s kukom    c) šipke koje oblikuju petlju  $c_d = c$   
 $c_d = \min (a/2, c_1)$

Slika 3.3: Vrijednosti  $c_d$  za grede i ploče



Slika 3.4: Vrijednosti  $K$  za grede i ploče

### 3.5 Sidrenje spona i ostale poprečne armature

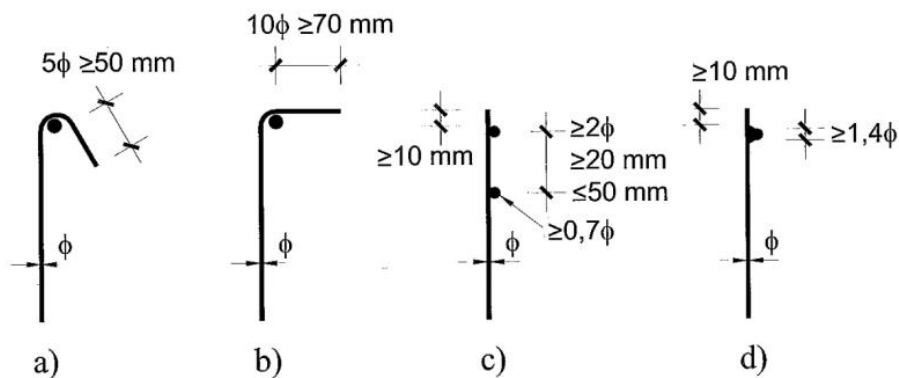
Sidrenje spona i poprečne armature izvodi se savijanjem i kukom ili zavarenom poprečnom armaturom. Unutar kuke ili kutne kuke treba predvidjeti poprečnu šipku.

Sidrenje treba da bude u skladu sa slikom 3.5. Zavarivanje treba da bude izvršeno prema EN ISO 17660.

Sidrenje se općenito smatra zadovoljavajućim:

- ako se na zakrivljeni dio kuke ili kutne kuke nastavlja ravni komad čija duljina nije manja od
  - $5\phi$  ili 50 mm ako se priključuje na kut od  $135^\circ$  ili više (vidi sliku 3.5. a))
  - $10\phi$  ili 70 mm ako se priključuje na kut od  $90^\circ$  (vidi sliku 3.5. b))
- ako su blizu kraja ravne šipke položene
  - ili dvije navarene poprečne šipke (vidi sliku 3.5. c))
  - ili jedna poprečna šipka čiji promjer nije manji od 1.4 -strukog promjera spona (vidi sliku 3.7.d))

Za definiranje kutova savijanja vidi sliku 3.1.



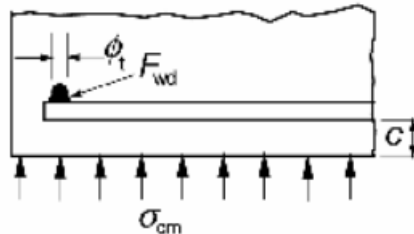
Napomena: Za c) i d) zaštitni sloj betona ne smije biti manji od  $3\phi$  ili 50 mm.

Slika 3.5: Sidrenje spona



### 3.6 Sidrenje sa zavarenim šipkama

Osim prema izrazu (4), sidrenje može da se izvede i sa poprečno zavarenim šipkama (vidi sliku 3.6) koje se oslanjaju na beton. Treba dokazati da je kvaliteta zavarenih spojeva zadovoljavajuća.



Slika 3.6: Sidrenje sa zavarenom poprečnom šipkom

Nosivost sidrenja jedne poprečne šipke (promjera 14mm do 32 mm), zavarene sa unutrašnje strane glavne šipke, jednaka je  $F_{btd}$ .

Preporučena vrijednost određuje se prema izrazu:

$$F_{btd} = l_{td} \phi_t \sigma_{sd} \quad \text{ali ne veći od } F_{wd} \quad (5)$$

gdje je:

$F_{wd}$  proračunska nosivost vara pri smicanju (data kao sila  $A_s f_{yd}$  pomnožena sa određenim koeficijentom, na primjer,  $0.5 A_s f_{yd}$ , gdje je  $A_s$  površina presjeka usidrene šipke a  $f_{yd}$  njena proračunska granica razvlačenja)

$l_{td}$  proračunska dužina poprečne šipke

$$l_{td} = 1,16 \phi_t (f_{yd} / \sigma_{td})^{0.5} \leq l_t$$

$l_t$  dužina poprečne šipke, ali ne veća od razmaka šipki koje se na taj način usidruju

$\phi_t$  promjer poprečne šipke

$\sigma_{td}$  naprezanje u betonu:  $\sigma_{td} = (f_{ctd} + \sigma_{cm}) \leq 3 f_{cd}$

$\sigma_{cm}$  tlak u betonu usmjeren na obje šipke (srednja vrijednost, pozitivan za tlak)

$y$  funkcija:  $y = 0,015 + 0,14 e^{(-0,18x)}$

$x$  funkcija kojom se uzima u obzir geometrija  $x = 2 (c / \phi_t) + 1$

$c$  zaštitni sloj betona, usmjeren na obje šipke

Ako su dvije poprečne šipke istog promjera zavarene sa suprotnih strana šipke koja se sidri, nosivost sidrenja data izrazom (5) može da se udvostruči, pod uvjetom da je zaštitni sloj šipke s vanjske strane u skladu s odredbama Eurocoda u 4. poglavlju. Ako su dvije poprečne šipke zavarene s iste strane šipke koja se sidri, na razmaku od najmanje  $3\varnothing$ , nosivost sidrenja jedne poprečne šipke treba da se pomnoži sa 1,41.

Za normalne promjere šipki 12 mm i manje, nosivost sidrenja sa zavarenom poprečnom šipkom uglavnom zavisi od proračunske nosivosti zavarenog spoja i može da se izračuna prema izrazu:

$$F_{btd} = F_{wd} \leq 16 A_s f_{cd} \varnothing_t / \varnothing_1 \quad (6)$$

gdje je:

$F_{wd}$  proračunska nosivost vara pri smicanju (vidi (1.5))

$\varnothing_t$  nominalni promjer poprečne šipke:  $\varnothing_t \leq 12$  mm

$\varnothing_1$  nominalni promjer šipke koja se sidri:  $\varnothing_1 \leq 12$  mm

Ako su dve poprečne šipke zavarene na minimalnom razmaku  $\varnothing_t$ , nosivost sidrenja data izrazom (6) treba da se pomnoži sa 1,41.

### 3.7 Nastavljanje preklapanjem i mehanički nastavci

Sile u armaturi nekog elementa prenose se s jedne šipke na drugu na sljedeće načine:

- preklapanjem šipki, sa ili bez pravougljih ili polukružnih kuka
- zavarivanjem
- mehaničkim nastavcima, kojima se osigurava prenošenje vlačnih i tlačnih sila ili samo tlaka.

#### 3.7.1 Preklapanje

Konstruktivski detalji nastavljanja šipki preklapanjem moraju biti takvi da:

- je osiguran prijenos sila između dvije nastavljene šipke armature
- u području nastavljanja nema odlamanja betona
- širina pukotina na kraju preklopa ne premašuje granične vrijednosti dane propisima

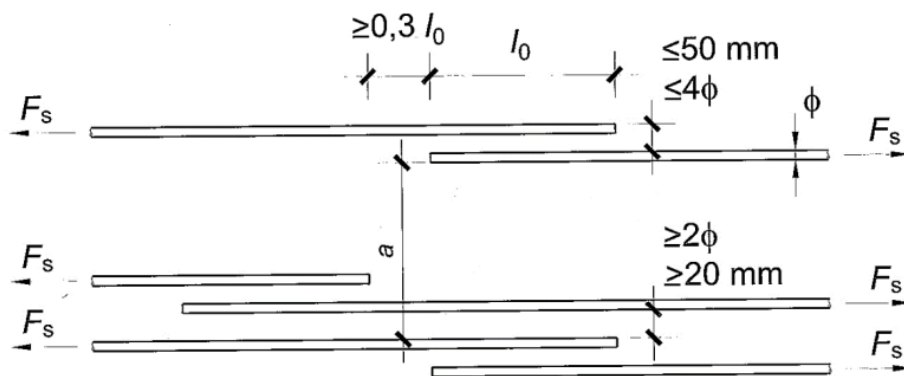
Kada je moguće treba preklope:

- postaviti izmaknuto; ne bi se trebali nalaziti u područjima velikih naprezanja zglobova
- postaviti u svakom presjeku simetrično i paralelno prema vanjskoj površini elementa.

Raspored šipki koje se nastavljaju preklapanjem treba da je u skladu sa slikom 3.7:

- razmak između šipki koje se nastavljaju preklapanjem ne smiju da budu veće od  $4\phi$  ili 50 mm; u suprotnom, dužina preklapanja treba da se poveća za dužinu jednaku čistom razmaku između šipki.
- uzdužni razmak između dva susjedna nastavka preklapanjem ne smiju da bude manje od 0,3 duljine preklapanja  $l_0$
- u slučaju susjednih nastavaka preklapanjem razmak između susjednih šipki ne smije biti manji od  $2\phi$  ili 20 mm

Kada su sve šipke koje se nastavljaju preklapanjem u istoj razini, i kada konstrukcijski detalji ispunjavaju uvjete date u prethodnom tekstu, dopušteni postotak nastavaka preklapanjem može da bude 100%. Kada su šipke raspoređene u više slojeva, taj postotak treba da se smanji na 50%. Sve šipke u tlačnoj zoni i sekundarna (razdjelna) armatura smiju se preklapati u istom mjestu.



Slika 3.7: Susjedni preklopi šipki armature

### 3.7.2 Duljina preklapanja

Proračunska duljina preklopa  $l_0$  računa se izrazom:

$$l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min} \quad (7)$$

gdje je:

$l_{b,rqd}$  osnovna duljina preklapanja, izračunata prema izrazu (1.3)

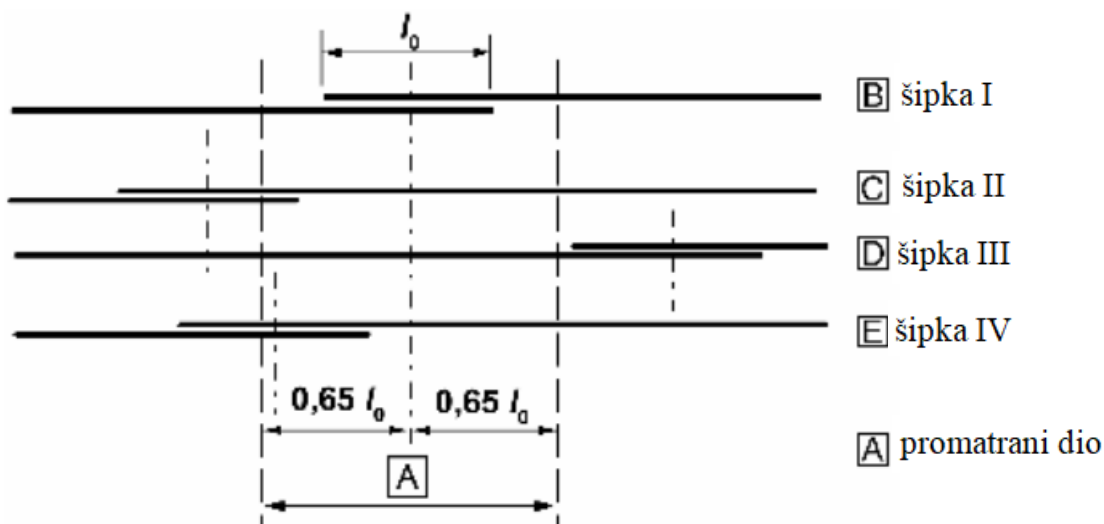
$l_{0,min} > \max (0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}; \quad 15\phi; \quad 200 \text{ mm})$

Vrijednosti koeficijenata  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  i  $\alpha_5$  mogu da se uzmu iz tablice 3.2; međutim, za izračunavanje  $\alpha_3$ , za  $\Sigma A_{st,min}$  treba uzeti  $1,0 A_s$  ( $\sigma_{sd}/f_{yd}$ ), gdje je  $A_s$  površina jedne šipke koja se nastavlja preklapanjem.

$\alpha_6 = (\rho_1/25)^{0,5}$ , ali ne veće od 1,5, niti manje od 1,0, gdje je  $\rho_1$  postotak armature koja je preklapljena unutar duljine od  $0,65 l_0$  od središta duljine promatranog preklopa. (vidi sliku 3.8). Vrijednosti  $\alpha_6$  date su u tablici 3.3.

Postotak preklapljenih šipki u odnosu na ukupnu površinu poprečnog presjeka šipki	<25%	33%	50%	>50%
$\alpha_6$	1	1.15	1.4	1.5
Napomena: Međuvrijednosti se smiju odrediti interpolacijom				

Tablica 3.3: Vrijednosti koeficijenta  $\alpha_6$



Slika 3.8: Primjer preklopa armature

Na slici 3.8 šipke C i D se nalaze izvan promatranog presjeka A tako da možemo uzeti da se 50% armature nastavlja u jednom presjeku. U tom slučaju koeficijent  $\alpha_6$  iznosi 1,4.

### 3.7.3. Poprečna armatura u zoni preklapanja

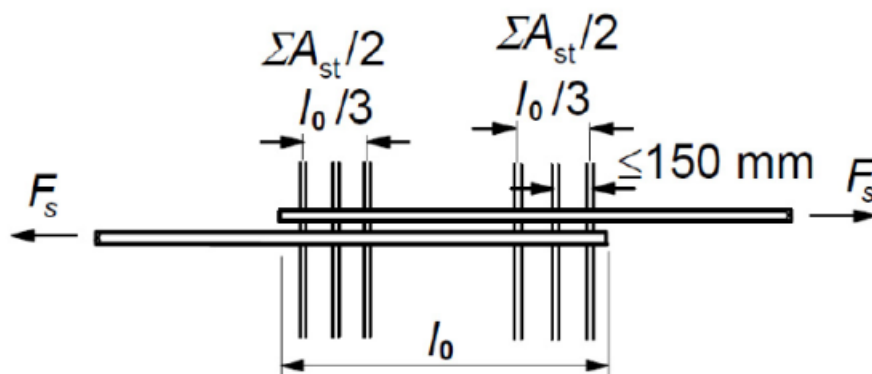
#### 3.7.3.1 Poprečna armatura za šipke u vlačnoj zoni

U području preklopa vlačne armature zahtijeva se poprečna armatura radi preuzimanja poprečnih vlačnih sila. Ako je promjer preklapljenih šipki manji od 20 mm, ili je postotak preklapljenih šipki u bilo kojem presjeku manji od 25%, tada se smije smatrati da je sva poprečna armatura ili spona nužne iz ostalih razloga dovoljna za poprečne vlačne sile bez posebne provjere.

Ako je promjer preklapljenih šipki veći ili jednak 20 mm, poprečna armatura treba imati ukupnu površinu  $\Sigma A_{st}$  (zbroj svih krakova paralelnih sloju preklopljene armature), ne manju od površine  $A_s$  jedne preklopljene šipke ( $\Sigma A_{st} \geq 1.0 A_s$ ). Poprečnu armatura treba postaviti okomito na smjer preklopljene armature.

Ako je više od 50% armature preklopljeno na mjestu i ako je razmak između susjednih preklopa u promatranom dijelu  $\leq 10 \varnothing$  poprečnu armaturu treba razraditi sa sponama ili šipkama oblika sidrenim unutar poprečnog presjeka.

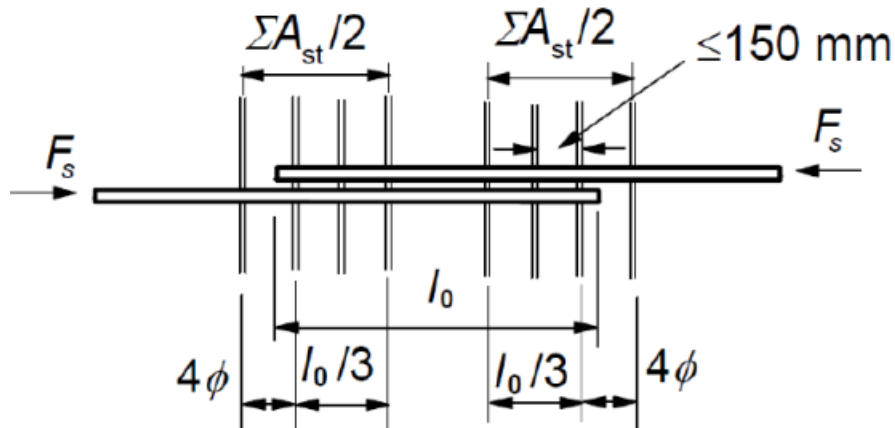
Poprečna armatura predviđena prema zahtjevima u prethodnom tekstu, treba da se rasporedi u presjecima u zoni krajeva preklapanja, kako je prikazano na slici 3.9



Slika 3.9: Raspored poprečne armature za nastavljajanje preklapanjem - vlačna armatura

### 3.7.3.2 Poprečna armatura za šipke u stalnom tlačnom djelovanju

Kod poprečne armature za šipke koje su stalno u tlaku, osim pravila za vlačne šipke jednu šipku poprečne armature treba postaviti izvan svakog kraja duljine preklopa i unutar  $4\phi$  od kraja duljine preklapanja. (slika 3.10).

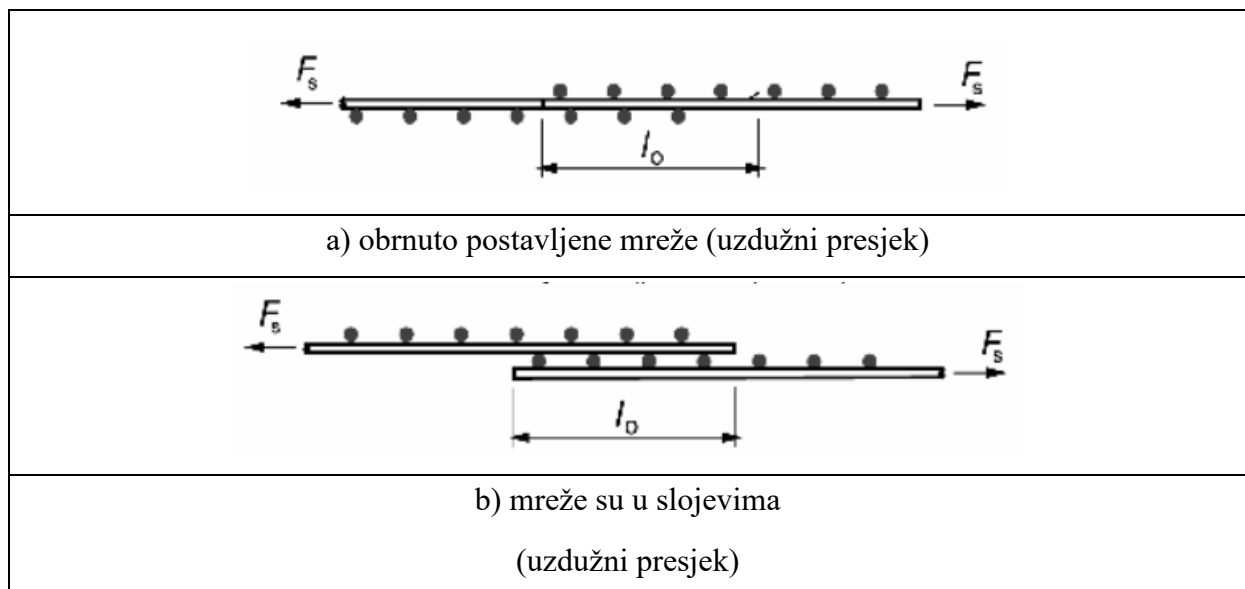


Slika 3.10: Raspored poprečne armature za nastavljanje preklapanjem - tlačna armatura

### 3.7.4 Nastavljanje preklapanjem zavarenih armaturnih mreža od rebrastih šipki

#### 3.7.4.1 Nastavljanje preklapanjem glavne armature

Nastavljanje preklapanjem može da bude sa glavnom armaturom u istoj ravnini ili sa mrežama u slojevima, jednoj iznad druge.



Slika 3.11: Preklop zavarenih mreža

Kada je element opterećen na zamor, treba usvojiti nastavljjanje u istoj ravnini. Za nastavljjanje u istoj ravnini dispozicija preklapanja glavnih uzdužnih šipki treba da bude u skladu sa 3.7.1. Pozitivni utjecaji poprečnih šipki treba da se zanemare, tako da je potrebno da se uzme  $\alpha_3 = 1.0$ .

Za mreže u slojevima, preklopi glavne armature trebaju općenito biti smješteni u područjima gdje proračunavamo naprezanje armature u graničnom stanju nosivosti nije veće od 80% proračunske granice popuštanja.

Ako nije ispunjen gornji uvjet, tada se kod dokaza graničnog stanja nosivosti u proračun stavlja ona proračunska visina presjeka, koja odgovara udaljenosti od tlačnog ruba betona do armature najudaljenije od vlačnog ruba. Osim toga, kada se kontroliraju pukotine u blizini kraja nastavka preklapanjem, naprezanje u čeliku koji se koriste u tablicama 7.2 i 7.3 Eurocoda 2 treba da se povećaju za 25% zbog diskontinuiteta na krajevima preklapanja.

Postotak nastavljanja glavne armature u bilo kojem presjeku mora biti usklađeno sa sljedećim uvjetima:

- za nastavljjanje armaturne mreže u istoj ravnini važe vrijednosti date u tablici 3.3.
- za nastavljjanje armaturne mreže u više slojeva, dopušteni postotak glavne armature koja može da se nastavi preklapanjem u istom presjeku ovisi o specifičnoj površini poprečnog presjeka armaturne mreže u presjeku  $(A_s/s)_{prov}$ , gdje je  $s$  razmak žica.
  - 100% ako je  $(A_s/s)_{prov} \leq 1200 \text{ mm}^2/\text{m}$
  - 60% ako je  $(A_s/s)_{prov} > 1200 \text{ mm}^2/\text{m}$

Nastavke višeslojnih armatura treba razmaknuti za  $1.3 l_o$ . Dodatna poprečna armatura u zoni preklapanja nije potrebna.

### 3.7.4.2 Nastavljanje poprečne armature

Nastavljanje ukupne poprečne armature izvodi se u jednom presjeku. Minimalne vrijednosti za dužine preklopa navedene su u tablici 3.4. Najmanje dvije uzdužne šipke moraju se nalaziti unutar preklopa (jedan razmak).

Promjer šipke (mm)	Dužine preklapanja
$\emptyset \leq 6$	$\geq 150$ mm, najmanje jedno polje mreže
$6 \leq \emptyset \leq 8.5$	$\geq 250$ mm, najmanje dva polja mreže
$8.5 \leq \emptyset \leq 12$	$\geq 350$ mm, najmanje dva polja mreže

Tablica 3.4: Potrebna duljima preklapanja za poprečne šipke armaturnih mreža



## 4. PRORAČUNSKA I KONSTRUKCIJSKA NAČELA ARMIRANOBETONSKIH ELEMENATA

### 4.1 Općenito

Zahtjevi u pogledu sigurnosti, uporabljivosti i trajnosti zadovoljeni su ako se postupa prema pravilima koja su data u ovom odjeljku, kao i prema općim pravilima datim u drugim poglavljima EC2. Konstrukcijski detalji elemenata moraju biti podudarani sa usvojenim proračunskim modelima. Minimalne površine armature date su da bi se spriječio krti lom, pukotine velikih širina i da bi se prihvatile sile uslijed spriječenih djelovanja. Pravila data u ovom odjeljku važe najvećim dijelom za armiranobetonske zgrade.

### 4.2 Grede

#### 4.2.1 Uzdužna armatura

##### 4.2.1.1 Minimalne i maksimalne površine armature

Površina uzdužne armature ne smije da bude manja od  $A_{s,min}$ . Vrijednosti  $A_{s,min}$  za grede, koja se primjenjuje u određenoj zemlji, data je u njenom Nacionalnom dodatku. Preporučena vrijednost data je izrazom:

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \text{ ali ne manje od } 0.0013 \cdot b_t \cdot d \quad (8)$$

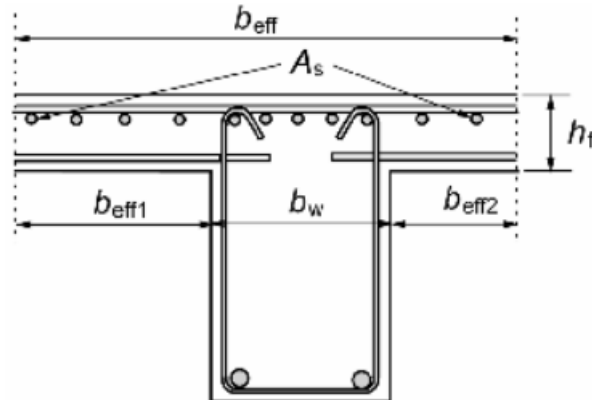
gdje je:

- $b_t$  srednja širina vlačne zone: za T-gredu sa tlačnom zonom za proračun vrijednosti  $b_t$  uzima se u obzir samo debljina rebra
- $f_{ctm}$  treba da se odredi u ovisnosti od odgovarajuće klase čvrstoće betona

Alternativno, za sekundarne elemente za koje se može prihvatiti izvjestan rizik od krtog loma, za vrijednosti  $A_{s,min}$  može da se usvoji površina 1.2 puta veća od površine izračunate za GSN. Presjeke s manjom armaturom od one koja je navedena u gornjoj jednadžbi, treba uzeti kao nearmiranim. Površina presjeka vlačne ili tlačne armature u pravilu ne smiju biti veće od  $0.04A_c$  uz iznimku područja nastavaka.

#### 4.2.1.2 Daljnji podaci za razradbu pojedinosti

U monolitno izvedenim elementima i kod pretpostavke slobodno okretljivih ležajeva presjeci na ležajevima trebaju se dimenzionirati na moment djelomične upetosti, koji iznosi najmanje 25 % od najvećeg momenta u polju. Među ležajevima kontinuiranih greda može se ukupna površina presjeka vlačne armature  $A_s$  nosača T približno raspodijeliti na jednake dijelove na vanjskom i unutarnjem dijelu poprečnoga presjeka ploče (vidi sliku 4.1.)



Slika 4.1: Raspored vlačne armature u poprečnom presjeku sa pločom

#### 4.2.1.3 Duljina uzdužne vlačne armature

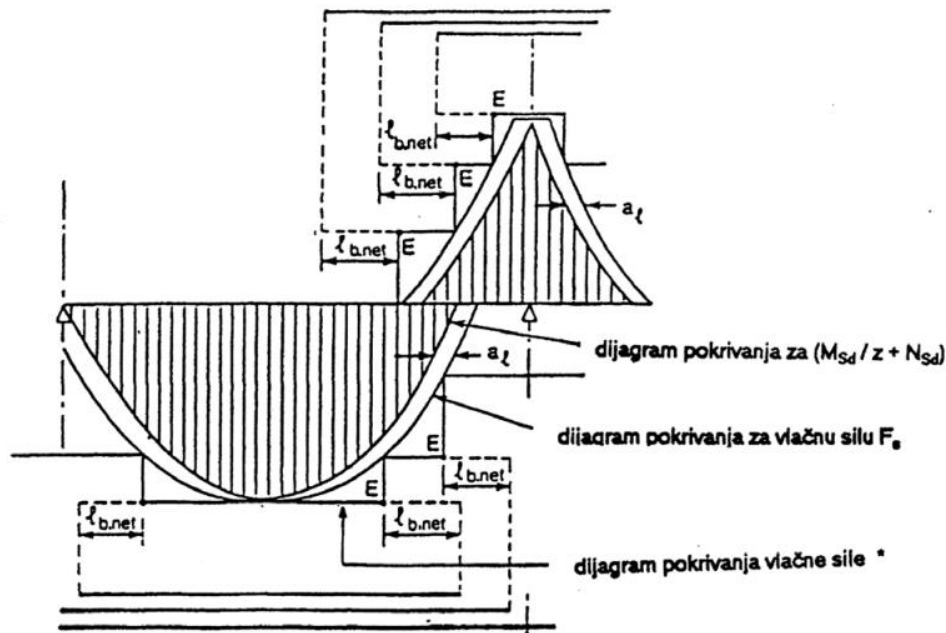
U svim presjecima mora se osigurati armatura dovoljna za prihvaćanje anvelope vlačnih sila u presjeku uključujući utjecaj kosih pukotina u rebrima i pločama. Za elemente sa armaturom za smicanje mora se izračunati dodatna vlačna sila,  $\Delta F_{td}$  može da se uzme u obzir horizontalnog pomicanja dijagrama sile  $F_s$  za  $a_1$ . To "pravilo pomicanja" može da se koristi i kao alternativa za elemente sa armaturom za smicanje, gdje je:

$$a_1 = z (\text{ctg } \theta - \text{ctg } \alpha) / 2 \quad (9)$$

gdje je:

$\theta$  - kut između tlačnog štapa betona i osi elementa.

Općenito se može pretpostaviti  $z = 0.9 d$



Slika 4.2 Crta pokrivanja vlačne sile i duljine sidrenja

Nosivost šipki na dužinama sidrenja može da se uzme u obzir u proračunu pretpostavljajući linearnu promjenu sile. Na strani sigurnosti je da se taj doprinos zanemari. Duljine sidrenja povinutih šipki za prihvat poprečnih sila ne trebaju biti manji od  $1.3 l_{bd}$  u vlačnom području i manja od  $0.7 l_{bd}$  u tlačnom području. Ta duljina se mjeri od presječne točke osi savijene šipke i uzdužne armature.

#### 4.2.1.4 Sidrenje armature iz polja na krajnjim osloncima

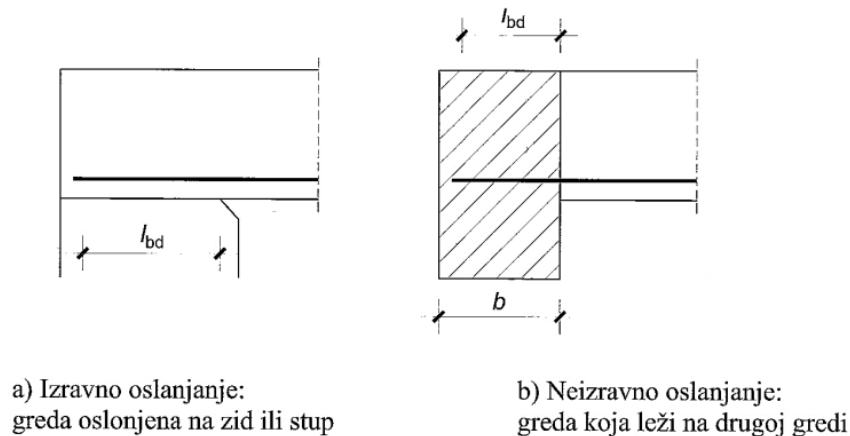
Površina donje armature na krajnjim osloncima, na kojima u proračunu nije pretpostavljeno ili je uzeto u obzir samo djelomično uklještenje, treba da bude najmanje jednaka površini armature koja je potrebna u rasponu, umanjenoj sa koeficijentom  $\beta_2$ . Vrijednosti za grede, koje se primjenjuju u određenoj zemlji data je u njenom Nacionalnom dodatku. Preporučena vrijednost je 0.25.

Usidrenjem armatura treba preuzeti vlačnu silu:

$$F_e = V_{ed} \cdot a_1/z + N_{ed} \quad (10)$$

gdje je  $N_{ed}$  proračunska uzdužna sila.

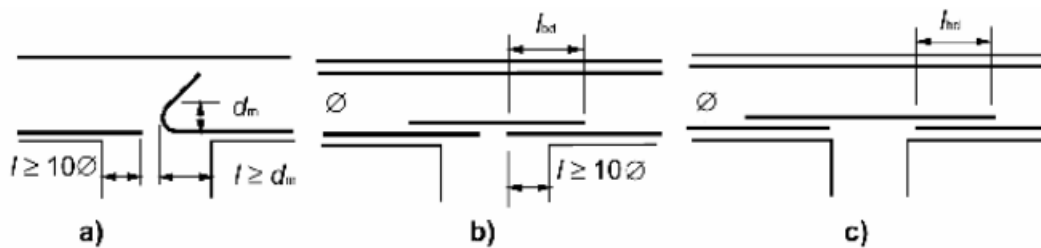
Duljina sidrenja donje armature na krajnjim osloncima  $l_{bd}$ , određuje se prema 8.4.4. EC2, i mjeri se od presjecišta donjeg ruba grede i njenog ležaja.



Slika 4.3: Sidrenje donje armature na krajnjim osloncima

#### 4.2.1.5 Sidrenje donje armature na unutarnjim ležajevima

Preko ležajeva mora se provući najmanje četvrtina armatura iz polja. Duljina sidrenja treba biti najmanje  $10 \varnothing$  za ravne šipke, ili ne manja od promjera trna (kuke i kutne kuke za šipke minimalnog promjera 16 mm), ili od dvostrukog promjera trna za ostale slučajeve. Ako se predviđa djelovanje koje može prouzročiti nastanak pozitivnog momenta (npr. slijeganje oslonca ili eksplozija) potrebno je predvidjeti armaturu za preuzimanje istog. Dodatno se preporučuje da se armatura izvodi neprekinuto a šipke mogu da se nastave preklapanjem (vidi slike 4.4 b) i c) ).

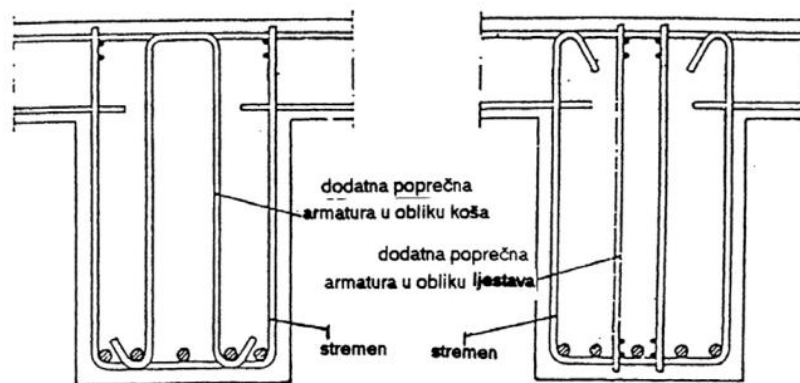


Slika 4.4: Sidrenje na srednjim osloncima

## 4.2.2 Poprečna armatura

Poprečna armatura treba s osi elementa tvoriti kut od  $45^\circ$  do  $90^\circ$ . Dopušteno je da se poprečna armatura sastoji iz kombinacija ovih armatura:

- spona koje obuhvaćaju uzdužnu vlačnu armaturu i tlačno područje
- povinutih šipki
- dodataka za preuzimanje poprečne sile u obliku koševa, ljestava itd. od rebrastih šipki, koje su položene bez obuhvaćanja uzdužne armature (vidi sliku 4.5.), ali trebaju biti dovoljno usidrene u tlačnom i vlačnom području.



Slika 4.5: Primjeri za kombinacije spona

Spone trebaju biti djelotvorno usidrene. Nastavci na preklop na vanjskoj strani hrpta dopušteni su samo kod primjene rebrastih šipki. Najmanje 50 % potrebne poprečne armature mora se sastojati od spona.

Koeficijent armiranja za preuzimanje poprečne sile dobiva se iz jednadžbe:

$$\rho_w = A_{sw} / (s \cdot b_w \cdot \sin\alpha) \quad (11)$$

gdje je:

- $\rho_w$  koeficijent armiranja poprečnom armaturom
- $A_{sw}$  površina presjeka poprečne armature na duljini  $s$
- $s$  razmak poprečne armature ( u uzdužnom smjeru elementa)
- $b_w$  širina rebra elementa
- $\alpha$  kut između poprečne i glavne armature ( za vertikalne spona  $\alpha = 90^\circ$ , a  $\sin\alpha = 1$ )

Najmanje vrijednosti  $\rho_{w,min}$  date su u Nacionalnom dodatku a preporučena vrijednost data je izrazom:  $\rho_{w,min} = \frac{0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$ . (12)

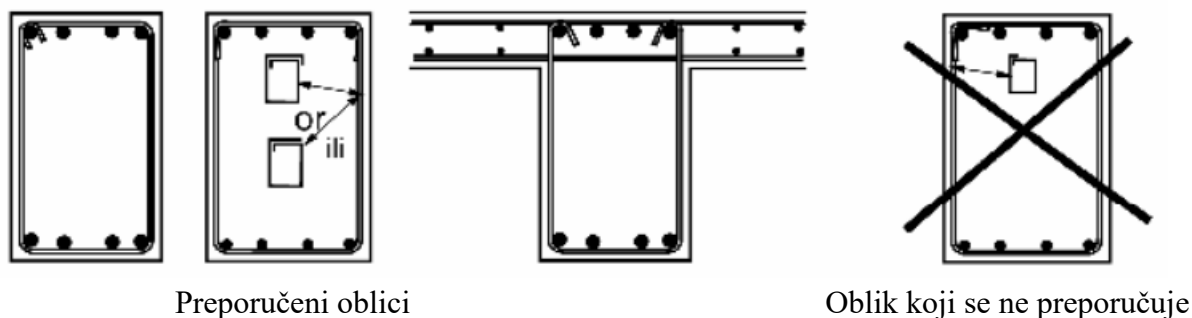
Maksimalni uzdužni razmak između poprečne armature ne smije da bude veće od  $s_{l,max}$ . Vrijednosti  $s_{l,max}$  date su u Nacionalnom dodatku a preporučena vrijednost data je izrazom:  $s_{l,max} = 0.75 d (1 + ctg\alpha)$ . (13)

Maksimalni uzdužni razmak koso povijenih šipki ne smije da bude veće od  $s_{b,max}$ . Vrijednosti  $s_{b,max}$  date su u Nacionalnom dodatku a preporučena vrijednost data je izrazom:  $s_{b,max} = 0.6 d (1 + ctg\alpha)$ . (14)

Poprečni razmak vertikalnih krakova spona ne smije premašiti vrijednost  $s_{t,max}$ . Vrijednosti  $s_{t,max}$  date su u Nacionalnom dodatku a preporučena vrijednost data je izrazom:  $s_{t,max} = 0.75 d \leq 600 \text{ mm}$ . (15)

### 4.2.3 Torzijska armatura

Torzijske spone trebaju biti zatvorene i sidrene na preklop ili prema slici 4.6, one trebaju tvoriti kut od  $90^\circ$  s osi elementa.



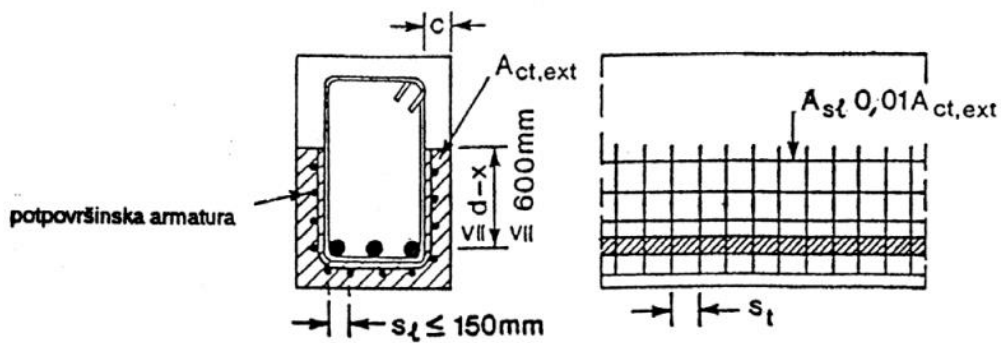
Slika 4.6: Primjeri oblika torzijske armature

Spone trebaju biti djelotvorno usidrene. Nastavci na preklop na vanjskoj strani hrpta dopušteni su samo kod primjene rebrastih šipki. Najmanje 50% potrebne poprečne armature mora se sastojati od spona. Uzdužne šipke treba rasporediti tako da bar jedna šipka bude u svakom uglu a da su ostale šipke jednoliko raspoređene duž unutrašnje strane vilica, na međusobnom razmaku koji nije veći od 350 mm.

#### 4.2.4. Potpovršinska armatura

U određenim slučajevima može postavljanje potpovršinske armature biti potrebno da se izbjegne raspucavanje betona ili da se ograniče pukotine.

Potpovršinska armatura za ograničavanje pukotina treba se predvidjeti kod greda viših od 1 m. Potpovršinska armatura za izbjegavanje odlamanja, npr. zbog djelovanja požara ili kod primjene snopova šipki ili šipki promjera preko 32 mm, treba biti od zavarenih mreža ili rebrastih šipki malih promjera i treba se nalaziti izvan spona, kako je to prikazano na slici 4.7.

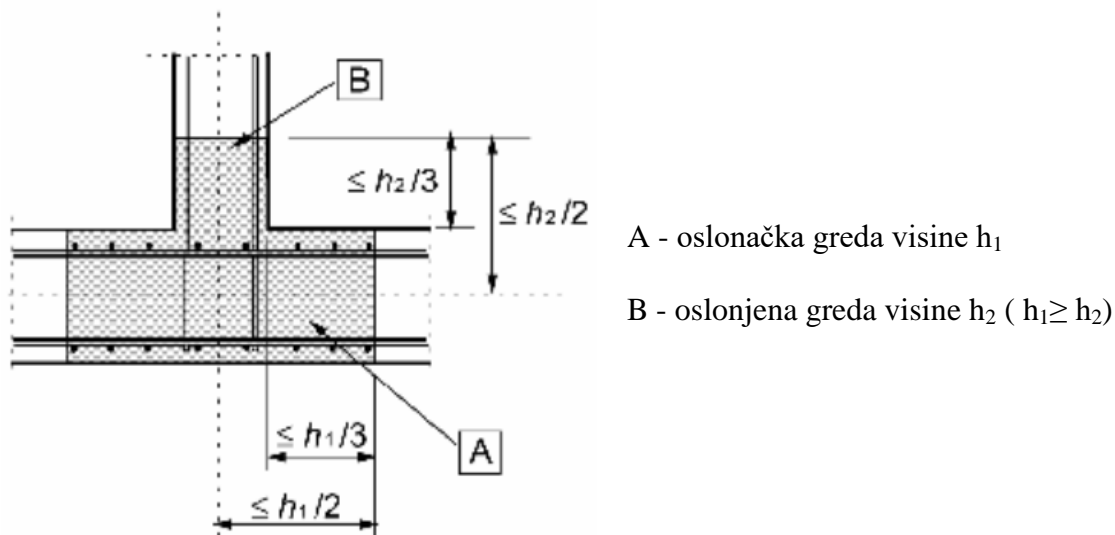


Slika 4.7: Potpovršinska armatura

#### 4.2.5. Armiranje neizravnih oslonaca

Kada je greda oslonjena na drugu gredu a ne na zid ili stup, potrebno je da se predvidi i izračuna posebna armatura i detalji za prihvaćanje međusobnih utjecaja ta dva elemenata. Ta armatura je dodatna armatura u odnosu na armaturu koja se zahtjeva iz drugih razloga. Ovo pravilo se odnosi i na ploču koja nije oslonjena na gornju stranu grede.

Oslonačka armatura između takve dvije grede ( oslonjene grede i oslonačke grede), treba se sastojati od vilica koje obuhvaćaju glavnu armaturu oslonačke grede. Dio tih vilica može da se rasporedi izvan betona koji je zajednički za obje grede.



Slika 4.8: Postavljanje osloničke armature na spojnom području dviju greda

### 4.3 Pune ploče betonirane na gradilištu

Ovo poglavlje odnosi se na pune ploče koje nose u jednom pravcu i u dva pravca, čije dimenzije  $b$  i  $l_{\text{eff}}$  nisu manje od  $5h$ .

#### 4.3.1 Armatura za savijanje

Za postavljanje glavne armature vrijedi sve što je rečeno za grede u točki 3.2.1. uz  $a_1 = d$ . U jednoosno napreznim pločama treba biti predviđena razdjelna armatura. Razdjelna armatura ne smije biti manja od 20% glavne armature. U zonama u blizi oslonaca, za glavnu armaturu u gornjoj zoni razdjelna armatura nije potrebna, ukoliko nema transverzalnih momenata savijanja. Međusobni razmak šipki armature ne treba da bude veće od  $s_{\text{max,slabs}}$ .

Preporučene vrijednosti su:

- za glavnu armaturu,  $3h \leq 400$  mm, gdje je  $h$  ukupna debljina ploče
- za razdjelnu armaturu,  $3.5h \leq 450$  mm,

Na dijelovima ploče sa koncentriranim opterećenjima, ili u zonama maksimalnih momenata savijanja, ove vrijednosti su:

- za glavnu armaturu,  $2h \leq 250$  mm
- za razdjelnu armaturu,  $3h \leq 400$  mm



#### 4.3.1.1 Armatura ploča na osloncima

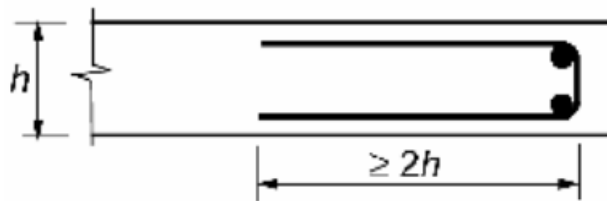
Kod ploča treba najmanje polovinu potrebne armature polja provući preko ležajeva i tamo usidriti. Kod djelomične upetosti uzduž jedne strane ploče, koja kod proračuna nije bila uzeta u obzir, treba postaviti gornju armaturu, koja može preuzeti najmanje četvrtinu najvećeg momenta iz polja s kojim graniči. Ta armatura se postavlja uzduž jedne strane ploče a ne smije biti kraća od 0.2-struke duljine polja mjereno od lica oslonca.

#### 4.3.1.2 Kutna armatura ploča

Armaturom postavljenom u kutevima želimo spriječiti odizanje ploče u kutevima. Ovu armaturu na osloncu vertikalno sidrimo u oslonac (zid ili grede).

#### 4.3.1.3 Armatura ploča na slobodnim rubovima

Ploča treba duž slobodnog (neoslonjenog) kraja imati uzdužnu i poprečnu armaturu prema slici 4.9. Dopušteno je, u pravilu, postojeću armaturu ploče računati kao rubnu armaturu.



Slika 4.9: Rubna armatura za ploču

#### 4.3.2 Armatura za preuzimanje posmičnih naprezanja

Posmična armatura u ploči predviđa se ako je debljina ploče najmanje 200 mm. Pri konstruiranju posmične armature važe minimalne vrijednosti i koeficijenti armiranja dati u 4.2.1.1, ukoliko u sljedećim odredbama to nije izmijenjeno.

Ako je u pločama  $V_{Ed} \leq 1/3 V_{Rd,max}$ , može se posmična armatura u cijelosti sastojati od povijenih šipki ili od dodatne posmične armature.

Maksimalni razmak uzastopnog niza vilica dato je izrazom:

$$s_{\max} = 0.75 d (1 + \operatorname{ctg}\alpha) \quad (16)$$

gdje je  $\alpha$  nagib posmične armature.

Maksimalni razmak uzastopnog koso povijenih šipki dato je izrazom:

$$s_{\max} = d \quad (17)$$

Maksimalni poprečni razmak posmične armature ne smije biti veći od  $1.5d$ .

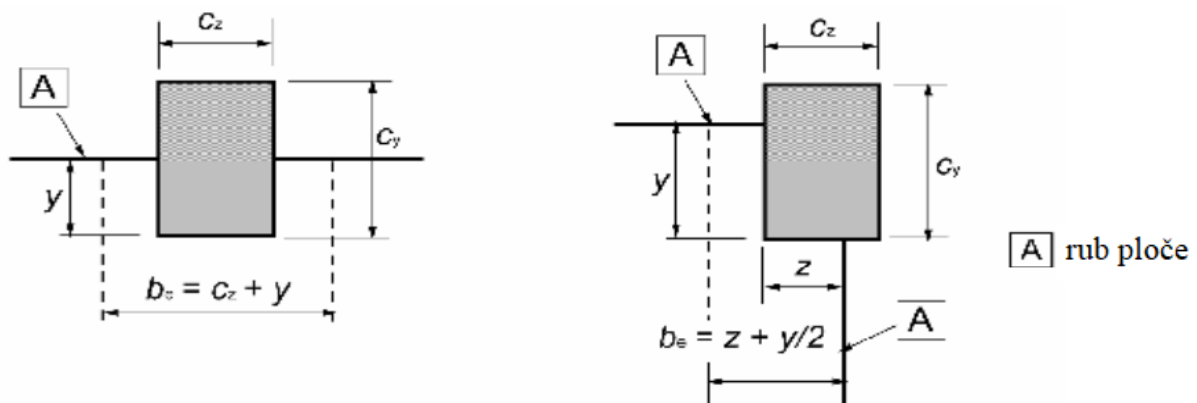
## 4.4 Ravne ploče

### 4.4.1 Ploča nad unutarnjim stupovima

Raspored armature u konstrukcijama ravnih ploča mora odgovarati ponašanju u stanjima u eksploataciji. Generalno, to zahtjeva koncentraciju armature nad stupovima. Nad unutrašnjim stupovima, osim kada su sprovedene strožije analize ponašanja u stanjima u eksploataciji, gornja armatura, površine  $0.5 \cdot A_t$ , treba da se rasporedi na širini jednakoj zbroju  $0.125$  raspona (širine) polja ploče s obje strane stupa.  $A_t$  je površina armature koja je potrebna da prihvati ukupan negativan moment, jednak zbroju momenata na polovinama širine polja ploče s obje strane stupa.

### 4.4.2 Ploča nad rubnim i ugaonim stupovima

Armiranje okomito na slobodni rub, koja je potrebna da prenese momente savijanja iz ploče u rubni ili ugaoni stup, treba rasporediti na efektivnoj širini  $b_e$  koja je prikazana na slici 4.10.



Napomena:  $y$  može biti  $> c_y$

Napomena:  $z$  može biti  $> c_z$  i

$y$  može biti  $> c_y$

Slika 4.10: Efektivna širina  $b_e$  ravne ploče

#### 4.4.3 Posmična armatura za osiguranje od proboja

Kada je potrebna armatura za osiguranje od proboja tu armaturu treba rasporediti između opterećene površine/stupa i konture na razmaku  $k \cdot d$  unutar kontrolnog perimetra na kojem posmična armatura više nije potrebna. Na toj površini vilice treba da se rasporede duž najmanje dvije širine parametra. Međusobni razmak širine po kojoj je raspoređena posmična armatura ne smije da bude veća od  $0.75d$ .

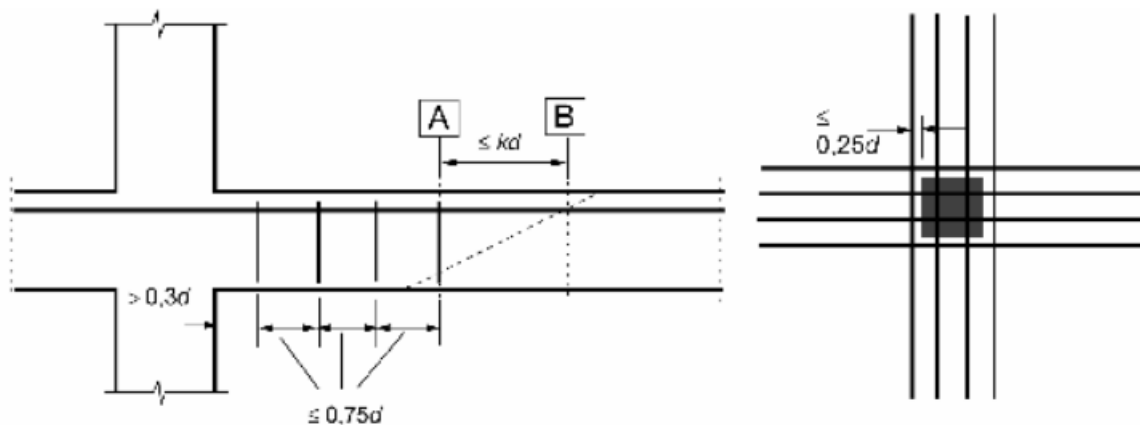
Međusobni razmak vilica duž konture prvog kontrolnog perimetra ( $2d$  od opterećene površine), ne smije biti veći od  $1.5d$ , a duž ostalih oboda, dalje od prvog kontrolnog perimetra, na dijelu na kojem je još potrebna posmična armatura za osiguranje od proboja, ne smije biti veći od  $2d$ . Kada se za armaturu koriste povijene šipke iz gornje u donju zonu, raspoređene kao na slici 4.11 b), može da se smatra da je jedna vilica dovoljna.

Ako je potrebna poprečna armatura, onda je površina jednog kraka spona (ili jednakovrijedna površina)  $A_{sw,min}$ , data je izrazom:

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}} \div f_{yk} \quad (18)$$

gdje je:

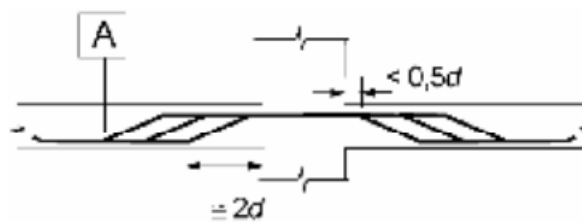
- $\alpha$  kut između poprečne armature i glavne armature ( za vilice  $\alpha = 90^\circ$  i  $\sin\alpha = 1$ )
- $s_r$  razmak poprečnih spona u radijalnom smjeru
- $s_t$  razmak poprečnih spona u tangencijalnom smjeru
- $f_{ck}$  u MPa



A - kontrolni perimetar na kojem je potrebna poprečna armatura

B - prvi kontrolni perimetar na kojem nije potrebna poprečna armatura

a) Razmak vilica



b) razmak povijenih šipki iz gornje u donju zonu

Slika 4.11: Maksimalni razmaci poprečne armature za posmični proboj

U proračunu posmika mogu da se uzmu u obzir vertikalne komponente samo onih kablova za prethodno naprezanje koji prolaze na razmaku od stupa koje nije veća od  $0,5 \cdot d$ . Savijene šipke koje prolaze kroz opterećenu površinu, ili na razmaku ne većem od  $0,25 \cdot d$  od te površine, mogu da se koriste kao armatura od probijanja. (vidi gornju skicu na slici 4.11 b)). Razmak između ruba oslonca, ili opseg opterećene površine, i najbliže posmične armature koja je uzeta u obzir u proračunu, ne smije biti veća od  $d/2$ . Taj razmak treba da se mjeri na nivou vlačne armature. Ukoliko je predviđena samo jedna linija koso povijenih šipki, njihov nagib može da se smanji na  $30^\circ$ .

#### 4.5 Stupovi

Ovo poglavlje odnosi se na stupove čija veća dimenzija poprečnog presjeka  $h$  nije veća od četverostruke manje dimenzije  $b$ .

#### 4.5.1 Uzdužna armatura

Promjer uzdužnih šipki ne treba da bude manji od  $\varnothing_{\min}$ . Preporučena vrijednost  $\varnothing_{\min}$  je 8 mm. Ukupna površina uzdužne armature ne treba da bude manja od  $A_{s, \min}$ .

$$A_{s, \min} = \frac{0.10 \cdot N_{ed}}{f_{yd}} \text{ ili } 0.002 \cdot A_c \quad (19)$$

gdje je:

$f_{yd}$  proračunska granica razvlačenja armature

$N_{ed}$  proračunska uzdužna sila

Preporučena vrijednost izvan zona nastavljanja armature preklapanjem je  $0.04 A_c$ , osim ako može da se dokaže da se kompaktnost betona ne dovodi u pitanje i da može da se postigne puna čvrstoća u GSN. Ova granična vrijednost možda da se poveća na  $0.08 A_c$  u presjecima u kojima se armatura nastavlja preklapanjem. U stupovima poligonalnoga presjeka mora u svakom kutu biti najmanje jedna šipka. U stupovima kružnoga presjeka treba postaviti najmanje 6 šipki.

#### 4.5.2 Poprečna armatura

Promjer poprečne armature (spona, petlji ili zavojnica) treba biti najmanje 6 mm, ili četvrtina najvećega promjera uzdužne armature; mjerodavna je veća vrijednost. Promjer žica kod mreže koje se rabe kao spona treba biti najmanje 5 mm. Poprečna armatura treba biti dovoljna usidrena.

Razmaci spona ne smiju premašiti ove vrijednosti:

- 12-struki minimalni promjer uzdužnih šipki
- manja dimenzija poprečnog presjeka stupa
- 300 mm

Ti razmaci moraju se umanjiti faktorom 0.6:

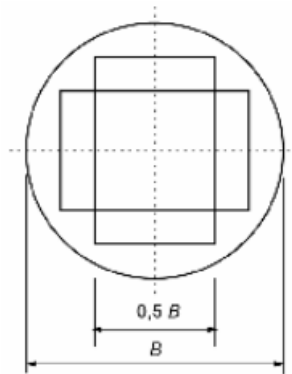
- u područjima neposredno iznad i ispod greda ili ploča na visini jednakoj većoj izmjeri presjeka stupa
- kod nastavljanja na preklop kad je najveći promjer uzdužnih šipki veći od 14 mm

Kod promjene smjera uzdužne armature (npr. kod promjene dimenzija presjeka stupa) treba razmak poprečne armature utvrditi uzimanjem u obzir skretnih sila. Svaka uzdužna šipka (ili grupa uzdužnih šipki) mora u kutovima biti pridržana poprečnom armaturom. Najviše 5 šipki u svakom kutu ili u blizini svakog kuta može se osigurati protiv izvijanja jednostrukom sponom.

## 4.6 Temelji

### 4.6.1 Temeljne stope stupova i zidova

Glavna armatura treba biti sidrena sa zahtjevima u 3.4 i 3.5. Treba predvidjeti minimalni promjer šipke  $\varnothing_{\min}$ . Glavna armatura kružnih temeljnih stopa može biti ortogonalna i skoncentrirana u sredini stope, na širini  $50\% \pm 10\%$  promjera stupa, vidi sliku 4.12. U tom slučaju, za potrebe proračuna, može da se smatra da su nearmirani dijelovi elemenata od nearmiranog betona.

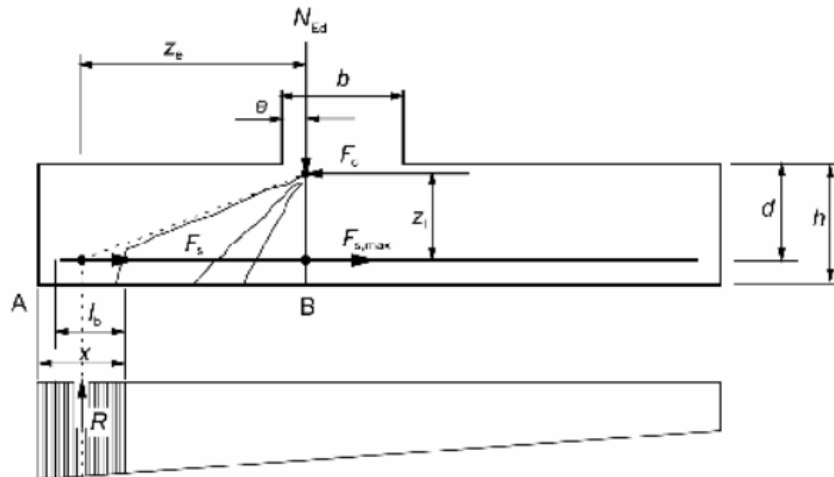


Slika 4.12: Ortogonalna armatura u kružnoj temeljnoj stopi na tlu

Ako djelovanja uzrokuju zatezanja na gornjoj površini temeljne stope, resultantna vlačna naprezanja treba se proračunati i odabrati potrebnu armaturu.

## 4.6.2 Sidrenje šipki

Vlačna sila u armaturi određuje se iz uvjeta ravnoteže, uzimajući u obzir utjecaj kosih pukotina, vidi sliku 4.13. Vlačna sila  $F_s$  u presjeku  $x$  treba se sidriti u beton na istoj toj dužini  $x$  od ruba temeljne stope.



Slika 4.13: Model za vlačnu silu sa uzimanjem u obzir kosih pukotina

Vlačna sila koja treba da se sidri data je izrazom:

$$F_s = R \cdot z_e / z_i \quad (20)$$

gdje je:

$R$  rezultanta pritiska na tlo na dužini  $x$

$z_e$  krak vanjskih sila, odnosno razmak između  $R$  i vertikalne sile  $N_{ed}$

$N_{ed}$  vertikalna sila koja odgovara ukupnom pritisku na tlo između presjeka  $A$  i  $B$

$z_i$  krak unutrašnjih sila, odnosno razmak između armature i horizontalne sile  $F_c$

$F_c$  tlačna sila koja odgovara maksimalnoj sili zatezanja  $F_{s,max}$ .

Krak vanjskih sila  $z_e$  i krak unutrašnjih sila  $z_i$  mogu da se odrede iz uvjeta potrebnih površina tlačnih zona za  $N_{ed}$  odnosno za  $F_c$ . Kao pojednostavljenje,  $z_e$  može da se odredi pretpostavljajući  $e = 0.15b$ , vidi sliku 4.13, a  $z_i$  može da se uzme da je jednako  $0.9d$ .

Raspoloživa dužina sidrenja za ravne šipke označena je sa  $l_b$  na slici 4.13. Ako ta dužina nije dovoljna za sidrenje sile  $F_s$ , šipka može da se savije, da bi se povećala raspoloživa dužina, ili mogu da se predvide uređaji za sidrenje na kraju šipke.

Za ravne šipke šipke najkritičnija je minimalna vrijednost  $x$ . Kao pojednostavljenje može se pretpostaviti da  $x_{\min} = h/2$ . Za drugačije načine sidrenja veće vrijednosti  $x$  mogu da budu kritičnije.

#### **4.7 Temeljne grede/zatege**

Temeljne grede/zatege (vezne grede, grede za ukrućenje temelja) mogu da se koriste da se eliminira ekscentricitet opterećenja na temelje. Grede treba proračunati da mogu da prihvate rezultujuće momente savijanja i posmične sile. Za armaturu za savijanje treba predvidjeti minimalni promjer šipke  $\varnothing_{\min}$ . Preporučena vrijednost je 8 mm. Temeljne grede/zatege treba proračunavati i za minimalno vertikalno opterećenje  $q_1$ , ako djelovanje uređaja za zbijanje tla može da izazove takve utjecaje na temeljne grede. Preporučena vrijednost je 10 kN/m.



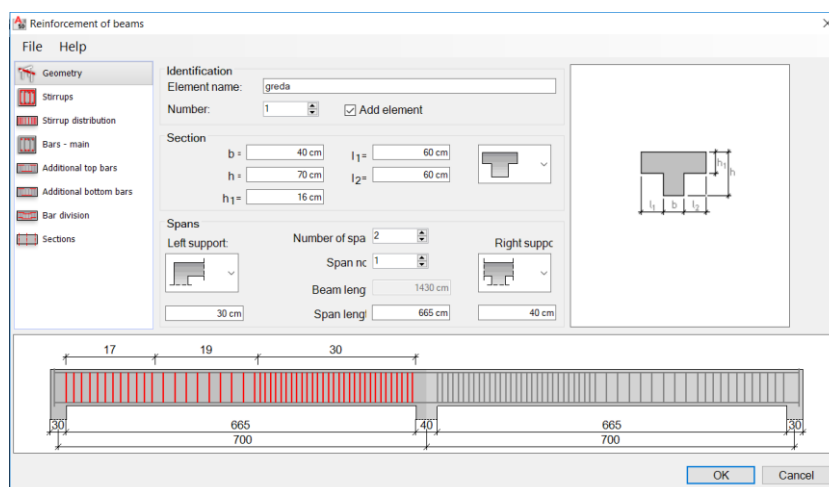
## 5. AUTODESK STRUCTURAL DETAILING

AutoCAD Structural Detailing, izrađen na poznatoj AutoCAD bazi, pomaže projektantima konstrukcija pri izradi radioničkih nacрта čeličnih i armiranobetonskih konstrukcija. AutoCAD Structural Detailing poboljšava točnost kroz alate koji automatiziraju stvaranje cjelovitih detalja i nacрта. Program nudi alate koji pomažu u automatizaciji izrade radioničkih nacрта armature i čelika. AutoCAD Structural Detailing podržava BIM proces za projektiranje konstrukcija.

Program Structural Detailing omogućuje lakši, brži, točniji proces crtanja detalja armiranja. Tu spada crtanje, pozicioniranje, kotiranje, obilježavanje i uređivanje šipki, serija šipki i mrežaste armature. Također program korisnika oslobađa najnapornijeg dijela posla - razvrstavanja, pozicioniranja, obilježavanja, brojanja, oblikovanja i sidrenja. Program preko naredbi omogućava automatsko generiranje armiranobetonskih elementata te armature unutar njih, što precizno i točno prikazuje geometriju i količinu svake od upotrebljenih pozicija šipki na crtežu. Zajedno sa specifikacijom, automatski se generira i rekapitulacija armature koji predstavlja zbirni prikaz količine armature.

Program je podijeljen na tri dijelova opisanih u nastavku:

1. Izrada crteža ili dijela crteža (projekcije, presjeci, itd.) - uključujući dodatne elemente za crtanje, korekcija postojećih elemenata strukture, dodavanje strukture dimenzije elemenata
2. Izrada konačnih crteža
3. Upravljanje ispisom



Slika 5.1: Naredba za armiranje greda

## 6. TEHNIČKI OPIS

### 6.1 Općenito

Građevina je pravokutnog tlocrta, osnovnih dimenzija 18,60m x 14,30m. Konstrukcija je monolitna armirano betonska. Strop iznad podruma je puna a.b. ploča nosiva u jednom smjeru, debljine 16cm. Vanjski zidovi podruma su armirano betonski debljine 30cm, a u nivou prizemlja su izvedeni od blok opeke d - 30cm, povezani sa horizontalnim i vertikalnim serklažima. Na vanjskim zidovima izvedena je atika iznad nivoa nosive krovne ploče 90cm. Fasada je toplinska sustav Fasaterm d-8cm. Krovnu konstrukciju čini a.b.ploča d - 18 cm koja je ujedno nosiva iznad prizemlja s slojevima; laganim betonom za pad, toplinskom izolacijom i hidroizolacijskim slojem kao Sika. Pad krovne konstrukcije izvesti blagog nagiba od 1% , prema unutarnjem dijelu građevine gdje su i smještene dvije krovne vertikale, pa je prikupljanje oborinske vode predviđeno sistemom "Pluvia".

Ova građevina se sastoji od dvije funkcionalno povezane cjeline: skladišnog dijela u podrumu i proizvodnog dijela u prizemlju. Skladišni dio većim je dijelom jednovolumenski (podrumljeni), a na prizemnom dijelu objekta, nalaze se tehničke i upravne prostorije kao pratnja proizvodnom ciklusu građevine. Građevina je najvećim dijelom u podrumu, namijenjena za skladištenje robe, maksimalne korisne visine 3.38 m, netto površine 246,60 m<sup>2</sup>. Podrum je djelomično ukopan tako da je udaljenost od kote terena do poda podruma 2,27m, dok je udaljenost od kote prizemlja do terena 1,40m. U prizemlju su smješteni administrativni prostori (tehnički blok s kotlovnicom, strojarnicom i elektro prostorijama i proizvodni dio). Korisna visina prizemlja iznosi 3,30 m. U proračunu statike građevina je tretirana kao građevina samostalna slobodnostojeća sa dvije etaže: skladište u podrumu i proizvodnja u prizemlju. Predviđeni uporabni vijek građevine iznosi 50godina.

## 6.2 Opterećenje

1. Opterećenje snijegom :  $s = 1,25 \text{ kN/m}^2$
2. Opterećenje vjetrom:  $v_{\text{ref}} = 26 \text{ m/s}$ ;  $W = 0,42 \text{ kN/m}^2$ , objekt u III zoni vjetra
3. Korisno opterećenje:  
 $q = 5,0 \text{ kN/m}^2$  ( kategorija C5-Površine na kojima je moguće okupljanje ljudi 5. podrazreda prema vjerojatnoj gustoći okupljanja i gužve) odnosi se na prizemni dio građevine.  
 $q = 6,0 \text{ kN/m}^2$  - podrumljeni dio građevine kategorije E (površine za skladištenje)
4. Seizmičko opterećenje:
  - VIII zona seizmičnosti  $\alpha = 0,20$
  - faktor važnosti  $\gamma_f = 1,00$  (poslovna građevina)

## 6.3 Konstrukcija

### 6.3.1. Krovna konstrukcija

Nosivu krovnu konstrukciju čine a.b. puna kontinuirana ploča d-18cm iznad prizemlja sa slojevima krova u nagibu od 1%. Ploča se izvodi monolitno preko tri jednaka raspona u iznosu od 6,90m a u drugom nenosivom smjeru raspon je 14m. Ploča se oslanja na rubne vanjske grede i djelomično na zidove od blok opeke d-30cm koju su povezani s horizontalnim i vertikalnim serklažima. U srednjem dijelu građevine a.b. ploča oslonjena je na a.b. grede koje preuzimaju cjelokupna opterećenja uključujući i horizontalne sile potresa. Iznad a.b.ploče prizemlja, izvodi se lagana betonska podloga u padu, na koju se postavlja se parna brana, a zatim slojevi toplinske izolacije d-20cm u nagibu. Preko toplinske izolacije slijedi horizontalna hidroizolacija kao Sika.

Gradiva; armatura B500B, Beton C30/37, XC1

### 6.3.2 Zidovi

Vanjski armiranobetonski zidovi u nivou podruma debljine su 30 cm, zajedno povezani s a.b. vertikalnim i horizontalnim serklažima. Zidovu u cijelosti preuzimaju opterećenja od stropne konstrukcije uključujući horizontalne sile potresa. U nivou prizemlja zidovi se izvode od blok opeke d - 30cm.

Blokovi su normalizirane tlačne čvrstoće  $f_b = 15\text{N/mm}^2$ . Zidovi su na spoju sa stropnom konstrukcijom povezuju s horizontalnim serklažima ili sa rubnim gredama. Vertikalni serklaži izvedeni su dimenzija 30/30 cm izvode se na svim spojevima i križanjima zidova. Armirano betonska-zidovi, vertikalni i horizontalni serklaži izvedeni su od sljedećih gradiva; armatura B 500 B, Beton C30/37, XC1.

### **6.3.3 Međukatna konstrukcija**

A.b.ploča prizemlja kao i krovna u statičkom sustavu čine kontinuirani nosač preko tri jednaka raspona. Ploče su debljine 16 i 18 cm, oslonjene na vanjske uzdužne armiranobetonske zidove i grede, zidove od opeke povezane hor. a.b.serklažima. Ploču kruto na vanjskim rubovima povezati s armirano betonskim zidovima prizemnog dijela i katnog dijela ili rubnim gredama. Unutarnje armirano betonske grede koje preuzimaju cjelokupno opterećenje također su kontinuirani nosači preko dva jednaka raspona od 7,0 m međusobno povezani s pločom u jednu nosivu stabilnu cjelinu.

Gradivo:beton C30/37, XC2, Armatura B500B.

### **6.3.4 Temeljenje**

Temeljenje građevine izvesti će se na temeljima samcima i to srednji stupovi, dok će se zidovi temeljiti na trakastim temeljima. Nosivost temeljnog tla iznosi  $300\text{ kn/m}^2$  za glavno + dopunsko opterećenje.

Gradivo: beton C25/30, XC2, armatura B500B.

### **6.3.5 Prostorna stabilnost**

Građevina se izvodi u VII zoni seizmičnosti. Prostorna stabilnost objekta osigurana je armirano betonskim stupovima, gredama i pločom koji se međusobno kruto povezani, betonom C30/37, XC1, armaturom B00B i prenose cjelokupno opterećenje na temelje samce i trakaste temelje.

U statičkom smislu ploča se tretira kao kontinuirani nosač oslonjen preko četiri ležaja.Ploče se izvode kao monolitne, debljine 16 cm od betona kvalitete C 30/37 i armiraju sa B-500. A.b. grede preuzimaju opterećenje od armirano betonskih ploča i sljedećih su dimenzija; širine 40cm i visine zajedno sa pločom h-70 ili 60 cm.

Grede se tetiraju također kao kontinuirani nosači oslonjene na tri ležaja. Srednja greda je visine 70 cm i oslanja se na srednji stup dim. 40/40 cm i na vanjske obodne zidove. Rubne grede visoke su 60 cm i izvode se u širini zida  $d - 30$  cm.

Gradivo: Beton C30/37, XC1, Armatura B500B

### **6.3.6 Podna ploča**

Armirana betonska podna ploča je debljine 15 cm kruto povezana s temeljnim trakama. Ploča preuzima opterećenje od  $q = 6,0 \text{ kN/m}^2$ - građevine kategorije E (površine za skladištenje)

Gradivo: Beton C30/37, XC2-temeljna konstrukcija, Armatura B500B

## 7. STATIČKI PRORAČUN A.B. MONOLITNE KONSTRUKCIJE PROIZVODNO-SKLADIŠNE GRAĐEVINE

### 7.1 Statički proračun ploče Poz. 201-203-201

Stalno opterećenje:  $g = 7.27 \text{ kN/m}^2$

Korisno opterećenje:  $q = 5.0 \text{ kN/m}^2$

Dimenzije elemenata:

Širina: 100 cm, visina: 16 cm, zaštitni sloj: 2 cm, razred izloženosti XC1

Kakvoća materijala:

beton C30/37,  $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$ , armatura B500B,  $f_{yk} = 50 \text{ kN/cm}^2$

Proračun uzdužne armature u polju (polje Poz.201 i Poz.203):

Odabrana glavna armatura polje Poz.201;  $\emptyset 12/9 \text{ cm}$ ,  $(A_{s1,od} = 12.57 \text{ cm}^2) > 11.57 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Odabrana glavna armatura polje Poz.203;  $\emptyset 12/20 \text{ cm}$ ,  $(A_{s1,od} = 5.65 \text{ cm}^2) > 5.51 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Odabrana razdijelna armatura polje Poz.201 i 203;  $\emptyset 8/20 \text{ cm}$ ,  $(A_{raz} = 2.51 \text{ cm}^2) > 2.31 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Proračun uzdužne armature na ležaju Poz201-203:

Odabrana glavna armatura na ležaju;  $\emptyset 12/8 \text{ cm}$ ,  $(A_{s1,od} = 14.14 \text{ cm}^2) > 12.58 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Odabrana razdijelna armatura na ležaju;  $\emptyset 8/18 \text{ cm}$ ,  $(A_{s1,od} = 2.79 \text{ cm}^2) > 2.66 \text{ cm}^2/\text{m}'$

### 7.2 Statički proračun grede Poz. 202-202

Odabrana glavna armatura polje Poz.202;  $4\emptyset 25 \text{ cm}$ ,  $(A_{s1,od} = 19.64 \text{ cm}^2) > 18.61 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Odabrana glavna armatura, ležaj Poz.202-202;  $6\emptyset 25 \text{ cm}$ ,  $(A_{s1,od} = 29.45 \text{ cm}^2) > 28.72 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Proračun poprečne armature:

Ležaj A:

Odabrana razdijelna armatura:  $\emptyset 8/15 \text{ cm}$ ,  $m=2$

Ležaj A:

Odabrana razdijelna armatura:  $\emptyset 8/10 \text{ cm}$ ,  $m=2$

### 7.3 Statički proračun a.b. stupa Poz. S1

Geometrija a.b. stupa:

širina presjeka: 40cm, duljina presjeka 40 cm, visina stupa: 625 cm

Odabrana armatura:  $3\emptyset 22$  ( $A_{s1,od} = 11.40 \text{ cm}^2$ ) po jednoj stranici stupa

Ukupna armatura:  $3\emptyset 22 + 3\emptyset 22 + 2\emptyset 22 = 30.41 \text{ cm}^2$

Odabrana poprečna armatura:

$\emptyset 8/ 7.5\text{cm} / 60\text{cm}$  - pri vrhu i podnožju

$\emptyset 8/ 15\text{cm}$  - u sredini

## 7.4 Proračun duljine preklopa i sidrenja armature greda

Proračun duljine sidrenja armature:

Izraz za osnovnu duljinu sidrenja armature:

$$l_b = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{\phi \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{2.5 \cdot 43.48}{4 \cdot 0.30} = 90.58 \text{ cm}$$

Minimalna dužina sidrenja za sidrenje vlačnih i tlačnih šipki:

$$l_{b,\min} = \max(0.3 \cdot l_b, 10\phi, 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,\min} = \max(0.3 \cdot 90.58, 10 \cdot 2.5, 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,\min} = \max(27.17 \text{ cm}, 25 \text{ cm}, 10 \text{ cm}) = 30 \text{ cm}$$

Proračunska duljina sidrenja  $l_{bd}$  iznosi:

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,\text{rqd}} \geq l_{b,\min}$$

$$c_d = \min(a/2, c_1, c) = \min(8.1/2 = 4.05 \text{ cm}, 2.0 \text{ cm}, 2.0 \text{ cm})$$

$$c_d = 2.0 < 3\phi = 3 \cdot 2.5 = 7.5 \text{ cm}$$

$$\underline{\alpha_1 = 1.0}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15(c_d - \phi)/\phi$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15(2.0 - 2.5)/2.5 = 1.03 \text{ uzimamo da je } \alpha_2 = 1$$

$$\underline{\alpha_2 = 1.00}$$

$$\alpha_3 = 1 - K \cdot \lambda$$

$$K = 0.1$$

$$\text{Za poprečnu armaturu } \phi 8, A_{st} = 0.5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Za glavnu armaturu } \phi 25, A_s = 4.91 \text{ cm}^2, \Sigma A_{st,\min} = 0.25 \cdot A_s = 0.25 \cdot 4.91 = 1.2275 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma A_{st} = (l_{b,\text{rqd}}/s) \cdot A_{st} = (90.58 / 15) \cdot 0.5 = 3.0193 \text{ cm}^2$$

$$\lambda = (\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,\min}) / A_s = (3.0193 - 1.2275) / 4.91 = 0.361$$

$$\alpha_3 = 1 - K \cdot \lambda = 1 - 0.1 \cdot 0.361 = 0.96$$

$$\underline{\alpha_3 = 0.96}$$

$$\underline{\alpha_4 = \alpha_5 = 1} \text{ (Poprečna armatura nije zavarena na glavnu i nema poprečnog tlaka)}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,\text{rqd}} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.96 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 90.58 \text{ cm} = 86.95 \text{ cm}$$

### Proračun duljine preklopa armature:

$$l_o = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{o,min}$$

Najmanja duljina preklopa:

$$l_{o,min} = \max(0.3 \cdot \alpha_6 \cdot l_b, 15\phi, 200 \text{ mm})$$

$$l_{o,min} = \max(0.3 \cdot 1.5 \cdot 90.58, 15 \cdot 2.5, 200 \text{ mm})$$

$$l_{o,min} = \max(40.76 \text{ cm}, 37.50 \text{ cm}, 20 \text{ cm}) = 41 \text{ cm}$$

$$\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 = 1.0 \cdot 0.97 \cdot 0.96 = 0.93 \geq 0.7$$

$$\alpha_4 = \alpha_5 = 1$$

$$\alpha_6 = 1.50$$

$$l_o = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 0.93 \cdot 1.0 \cdot 1.50 \cdot 90.58 = 126.36 \text{ cm}$$

### LEŽAJ A

Duljina područja (x) na kojem je potreban proračun poprečne armature dobiva se iz ujeta:

$$V_{Ed} - x \cdot q_{Ed} = V_{Rd,c}$$

$$x = \frac{V_{Ed} - V_{Rd,c}}{q_{Ed}} = \frac{337.95 - 135.47}{120.12} = 1.69 \text{ m}$$

Na udaljenosti  $x = 1.69$  od osi ležaja A nalazi se poprečna sila  $V_{Rd,c}$ . Iz tog područja poprečna armatura odabire se prema kriterijima minimalne armature.

### LEŽAJ B

Duljina područja (x) na kojem je potreban proračun poprečne armature dobiva se iz ujeta:

$$V_{Ed} - x \cdot q_{Ed} = V_{Rd,c}$$

$$x = \frac{V_{Ed} - V_{Rd,c}}{q_{Ed}} = \frac{525.55 - 157.50}{120.12} = 3.06 \text{ m}$$

Na udaljenosti  $x = 3.06$  od osi ležaja A nalazi se poprečna sila  $V_{Rd,c}$ . Iz tog područja poprečna armatura odabire se prema kriterijima minimalne armature.



## 7.5 Proračun duljine preklopa i sidrenja armature stupa

Proračun duljine sidrenja armature:

Izraz za osnovnu duljinu sidrenja armature:

$$l_b = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{\phi \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}} = \frac{2.2 \cdot 43.48}{4 \cdot 0.30} = 79.71 \text{ cm}$$

Minimalna dužina sidrenja za sidrenje vlačnih i tlačnih šipki:

$$l_{b,\min} = \max(0.3 \cdot l_b, 10\phi, 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,\min} = \max(0.3 \cdot 79.71, 10 \cdot 2.5, 100 \text{ mm})$$

$$l_{b,\min} = \max(23.91 \text{ cm}, 25 \text{ cm}, 10 \text{ cm}) = 25 \text{ cm}$$

Proračunska duljina sidrenja  $l_{bd}$  iznosi:

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,\text{rqd}} \geq l_{b,\min}$$

$$c_d = \min(a/2, c_1, c) = \min(13.9/2 = 6.95 \text{ cm}, 2.0 \text{ cm}, 2.0 \text{ cm})$$

$$c_d = 2.0 < 3\phi = 3 \cdot 2.2 = 6.6 \text{ cm}$$

$$\underline{\alpha_1 = 1.0}$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15 (c_d - \phi)/\phi$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15 (2.0 - 2.2)/2.2 = 1.0136 \text{ uzimamo da je } \alpha_2 = 1$$

$$\underline{\alpha_2 = 1.00}$$

$$\alpha_3 = 1 - K \cdot \lambda$$

$$K = 0.1$$

Za poprečnu armaturu  $\phi 8$ ,  $A_{st} = 0.5 \text{ cm}^2$

Za glavnu armaturu  $\phi 22$ ,  $A_s = 3.80 \text{ cm}^2$ ,  $\Sigma A_{st,\min} = 0.25 \cdot A_s = 0.25 \cdot 3.80 = 0.95 \text{ cm}^2$

$$\Sigma A_{st} = (l_{b,\text{rqd}}/s) \cdot A_{st} = (79.71 / 15) \cdot 0.5 = 2.657 \text{ cm}^2$$

$$\lambda = (\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,\min}) / A_s = (2.657 - 0.95) / 3.80 = 0.449$$

$$\alpha_3 = 1 - K \cdot \lambda = 1 - 0.1 \cdot 0.449 = 0.96$$

$$\underline{\alpha_3 = 0.96}$$

$\underline{\alpha_4 = \alpha_5 = 1.0}$  (Poprečna armatura nije zavarena na glavnu i nema poprečnog tlaka)

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,\text{rqd}} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.96 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 79.71 \text{ cm} = 76.52 \text{ cm}$$

Proračun duljine preklopa armature:

$$l_o = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{o,min}$$

Najmanja duljina preklopa:

$$l_{o,min} = \max (0.3 \cdot \alpha_6 \cdot l_b, 15\phi, 200 \text{ mm})$$

$$l_{o,min} = \max (0.3 \cdot 1.5 \cdot 79.71, 15 \cdot 2.2, 200 \text{ mm})$$

$$l_{o,min} = \max (35.87 \text{ cm}, 33 \text{ cm}, 20 \text{ cm}) = 40 \text{ cm}$$

$$\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.96 = 0.96 \geq 0.7$$

$$\alpha_4 = \alpha_5 = 1$$

$$\alpha_6 = 1.50$$

$$l_o = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} = 0.96 \cdot 1 \cdot 1.50 \cdot 79.71 = 114.78 \text{ cm}$$

## 8. ZAKLJUČAK

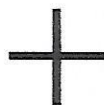
Svojom današnjom visokom kvalitetom armirani beton omogućuje ostvarenje najsloženijih ideja, bogatstvo oblika i konstrukcija. Čelične šipke postavljene na područjima u kojima se očekuju vlačna i posmična naprezanja preuzele su na sebe ta djelovanja pa je kompletnom proizvodu, armiranom betonu, povećana nosivost posebice na tlačna djelovanja. Povoljnim rasporedom i količinom armature uzduž nosača i u presjeku nosivost se presjeka armiranih nosača u odnosu na nearmirane nosače može povećati i za nekoliko desetaka puta. Pri tome valja voditi računa da postoji gornje (max.) i donje (min.) ograničenje armature u presjeku. Osim armature koja preuzima vlačna naprezanja, potrebno je iz sasvim praktičnih razloga ugraditi i armaturu kojom fiksiramo i osiguravamo položaj glavne vlačne armature prilikom betoniranja, a to su stremenovi (spone) i montažna armatura u gredama, odnosno razdjelna armatura i nosači gornje armature u pločama.

Konstruiranje elemenata i konstrukcija u armiranom betonu mora odgovarati pretpostavkama u statičkom proračunu kao što su neprekinutost i povezanost armature na mjestima kontinuiteta i uklještenja, potpuno pokrivanje armaturom pomaknutog dijagrama vlačnih sila i posmičnih naprezanja uz propisano sidrenje, realiziranje pravih ili fiktivnih zglobova s odgovarajućim armiranjem.

Radom u Autodesk Structural Detailing omogućeno je lakši, brži i točniji proces crtanja detalja armature. Program korisnika oslobađa od najupornijeg djela posla - razvrstavanja, pozicioniranja, obilježavanja, oblikovanja, sidrenja i kontrole grešaka. Omogućeno je automatsko generiranje armature te program precizno i točno prikazuje geometriju i pozicije šipki na crtežu. Zajedno sa specifikacijom, automatski se generira i rekapitulacija armature koja predstavlja zbirni prikaz količina armature.

U Varaždinu, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(vlastoručni potpis)

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Mihael Namjesnik (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/~~ica~~ završnog/~~diplomskog~~ (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Proračunska i konstrukcijska načela armiranja te izrada planova armature (*upisati naslov*) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(*upisati ime i prezime*)

Mihael Namjesnik  
(*vlastoručni potpis*)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Mihael Namjesnik (*ime i prezime*) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/~~diplomskog~~ (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Proračunska i konstrukcijska načela armiranja te izrada planova armature (*upisati naslov*) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(*upisati ime i prezime*)

Mihael Namjesnik  
(*vlastoručni potpis*)

## 9. LITERATURA

Knjige:

- [1] Behaim, B. (1995): Armirani beton, Kratis, Zagreb.

Norme:

- [1] HRN ENV 1991-1, EUROKOD 2. (2004): Projektiranje betonskih konstrukcija - 1.1 dio: Opća pravila i pravila za zgrade, Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo.

Doktorski, magistarski i diplomski radovi:

- [1] Vitez, D. (2010): Statički proračun a.b. monolitne konstrukcije proizvodno-skladišne građevine, Završni rad, Sveučilište Sjever, Varaždin.
- [2] Štefec, J. (2016): Izrada plana armature okvirne a.b. građevine s 4 kata, Diplomski specijalistički rad, Građevinski fakultet, Osijek.

Internet izvori:

- [1] Autodesk, Inc. (2010): Getting Started with AutoCAD Structural Detailing, Reinforcement module.
- [2] Autodesk, Inc. (2010): AutoCAD Structural Detailing - Reinforcement - User Guide.
- [3] Harapin, A., Radnić J. (2013): Osnove betonskih konstrukcija - Interna skripta, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split.
- [4] Hasukić, A. (2013): Betonske konstrukcije - Priručnik, Scribd.
- [5] Gukov, I. (2017): Betonske konstrukcije 1 - Predavanja, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb.

## POPIS SLIKA

Slika 2.1: Oblici armature .....	10
Slika 2.2: Radni i računski dijagrami armature .....	10
Slika 3.1: Metode sidrenja za šipke koje nisu ravne.....	14
Slika 3.2: Uvjeti prijanjanja (zone dobre i loše prionjivosti - šrafirano) .....	16
Slika 3.3: Vrijednosti $c_d$ za grede i ploče.....	19
Slika 3.4: Vrijednosti $K$ za grede i ploče.....	19
Slika 3.5: Sidrenje spona .....	20
Slika 3.6: Sidrenje sa zavarenom poprečnom šipkom.....	21
Slika 3.7: Susjedni preklopi šipki armature.....	23
Slika 3.8: Primjer preklopa armature.....	24
Slika 3.9: Raspored poprečne armature za nastavljjanje preklapanjem - vlačna zona .....	25
Slika 3.10: Raspored poprečne armature za nastavljjanje preklapanjem - tlačna zona .....	26
Slika 3.11: Preklop zavarenih mreža .....	26
Slika 4.1: Raspored vlačne armature u popre;nom presjeku sa pločom .....	30
Slika 4.2: Crta pokrivanja vlačne sile i duljine sidrenja .....	31
Slika 4.3: Sidrenje donje armature na krajnjim osloncima.....	32
Slika 4.4: Sidrenje na srednjim osloncima .....	32
Slika 4.5: Primjeri za kombinacija spona .....	33
Slika 4.6: Primjeri oblika torzijske armature.....	34
Slika 4.7: Potpovršinska armatura.....	35
Slika 4.8: Postavljanje oslonačke armature na spojnom području dviju greda .....	36
Slika 4.9: Rubna armatura za ploču.....	37
Slika 4.10: Efektivna širina $b_e$ ravne ploče.....	38
Slika 4.11: Maksimalni razmaci poprečne armature za posmični proboj.....	40
Slika 4.12: Ortogonalna armatura u kružnoj temeljnoj stopi na tlu.....	42
Slika 4.13: Model za vlačnu silu sa uzimanjem u obzir kosih pukotina.....	43
Slika 5.1: Naredba za armiranje greda .....	45

## POPIS TABLICA

Tablica 3.1: Minimalni promjer valjka za savijanje armature.....	13
Tablica 3.2: Vrijednosti koeficijenata $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ i $\alpha_5$ .....	19
Tablica 3.3: Vrijednosti koeficijenta $\alpha_6$ .....	24
Tablica 3.4: Potrebna duljima preklapanja za poprečne šipke armaturnih mreža .....	28

## **PRILOZI**

Tlocrt građevine

Presjek građevine

Plan armature ploče Poz. 201-203-201, donja zona

Plan armature ploče Poz. 201-203-201, gornja zona

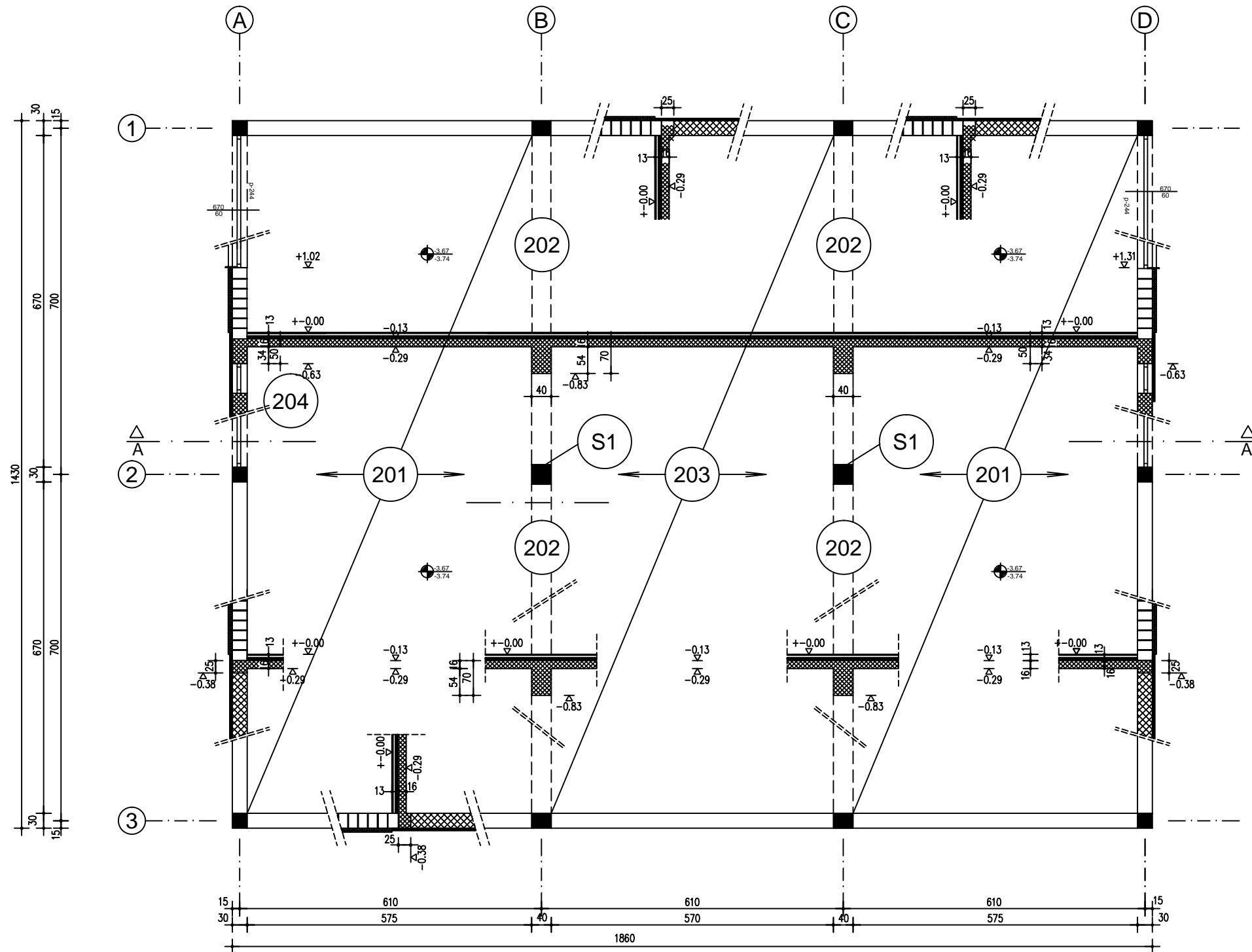
Plan armature grede Poz. 202-202

Plan armature stupa Poz. S1

Plan armature temelja



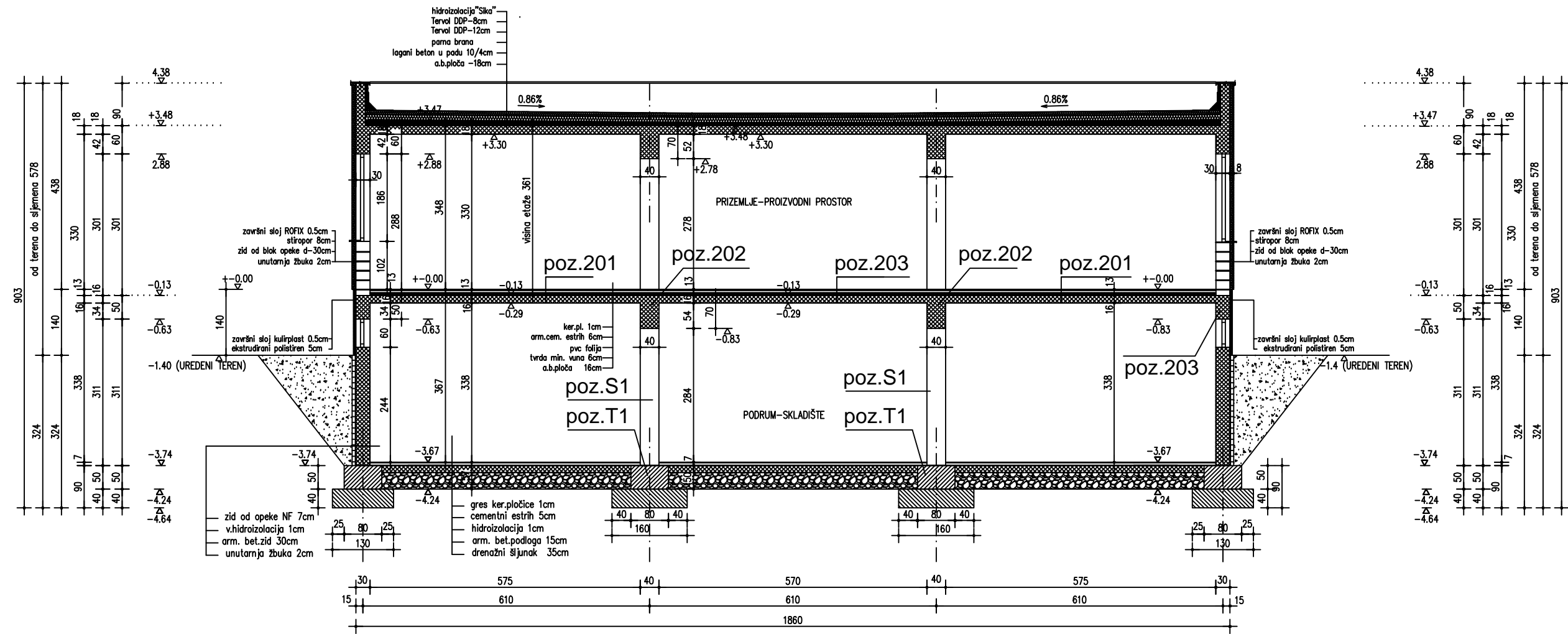
# TLOCRT PODRUMA MJERILO 1:100



PLAN OPLATE I PLAN POZICIJA A.B.PLOČE  
IZNAD PODRUMA (na koti +0.00)

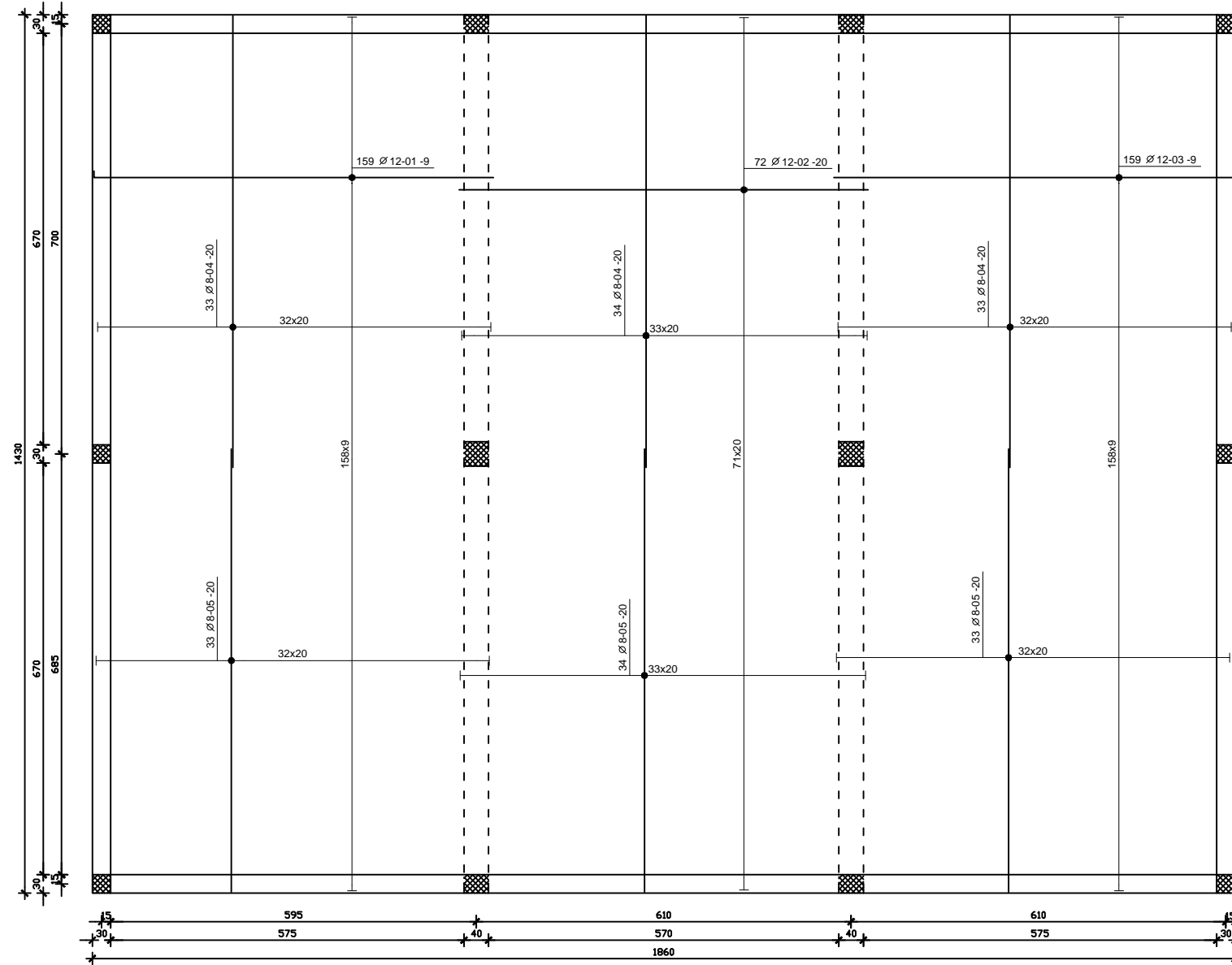
ZAVRŠNI RAD	
SADRŽAJ	TLOCRT PODRUMA
MJERILO	1:100
IZRADIO	MIHAEL NAMJESNIK
MENTOR	MATIJA OREŠKOVIĆ
SVEUČILIŠTE SJEVER	AKADEMSKA GODINA 17/18

# PRESJEK A-A MJERILO 1:100



ZAVRŠNI RAD	
SADRŽAJ	PRESJEK A-A
MJERILO	1:100
IZRADIO	MIHAEL NAMJESNIK
MENTOR	MATIJA OREŠKOVIĆ
SVEUČILIŠTE SJEVER	AKADEMSKA GODINA 17/18

### Armatura stropa podruma - donja zona

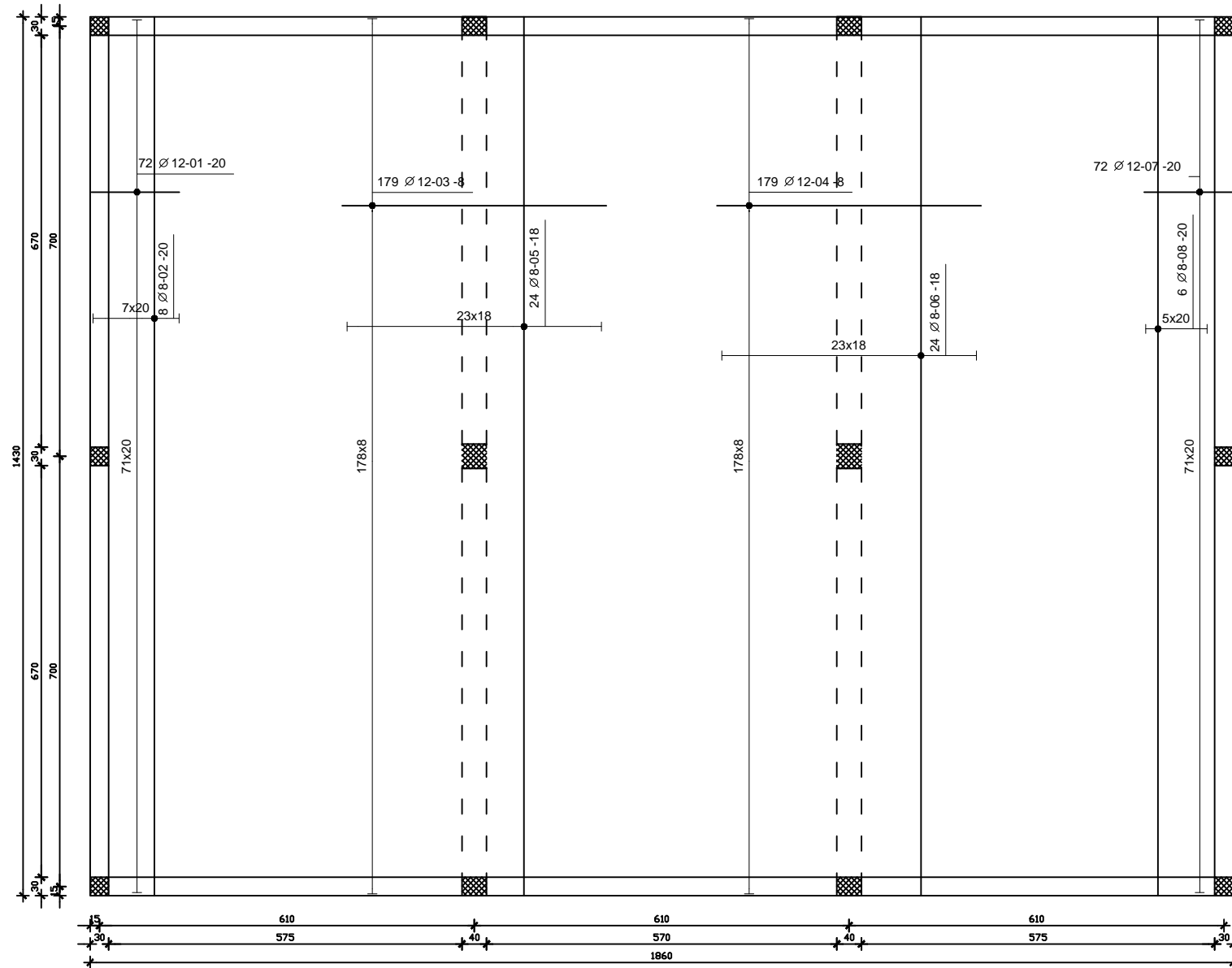


Position	Length (cm)	Total length (cm)	total	Symbol (cm)	A (cm)	B (cm)
01	660	104940	159		11	651
02	665	47880	72		666	
03	660	104940	159		651	11
04	735	73500	100		735	
05	720	72000	100		721	

B500B	Ø 8	Ø 12
Unit weight (kg/m)	0,40	0,89
Total length (cm)	145500	257760
Total weight (kg)	574,73	2288,91

ZAVRŠNI RAD	
SADRŽAJ	PLAN ARMATURE PLOČE POZ. 201-203-201
MJERILO	1:100
IZRADIO	MIHAEL NAMJESNIK
MENTOR	MATIJA OREŠKOVIĆ
SVEUČILIŠTE SJEVER	AKADEMSKA GODINA 18/19

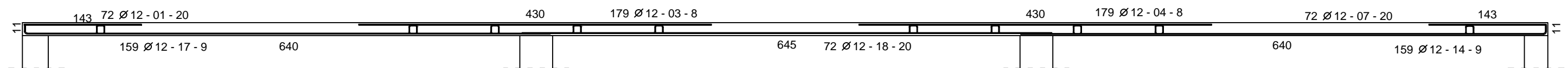
### Armatura stropa podruma - gornja zona



Position	Length (cm)	Total length (cm)	total	Symbol (cm)
01	143	10260	72	LM
02	1430	11440	8	LM
03	430	76970	179	LM
04	430	76970	179	LM
05	1430	34320	24	LM
06	1430	34320	24	LM
07	143	10260	72	LM
08	1430	8580	6	LM

B500B	Ø 8	Ø 12
Unit weight (kg/m)	0,40	0,89
Total length (cm)	88660	174460
Total weight (kg)	350,21	1549,20

Presjek ploče: MJ. 1:50

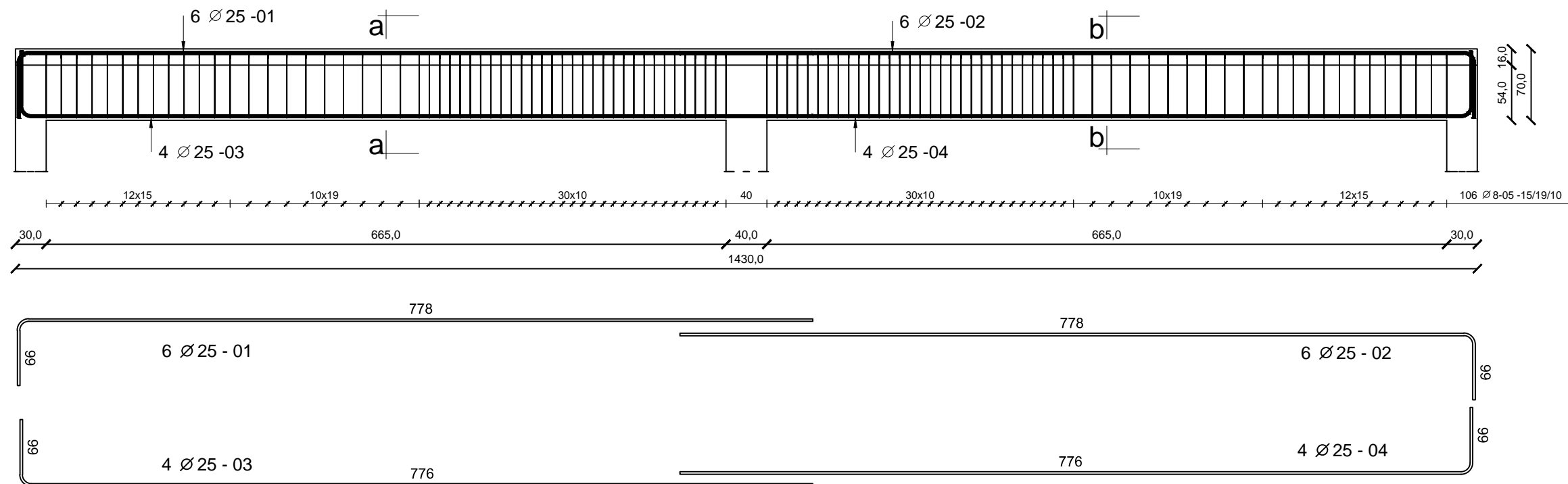


Predvidjeti broj gornjih nosača armature:  $\geq 4 \text{ kom/m}^2$   $\overset{10}{\curvearrowright}$

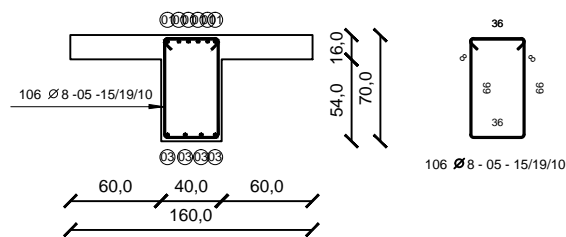
ZAVRŠNI RAD	
SADRŽAJ	PLAN ARMATURE PLOČE POZ. 201-203-201
MJERILO	1:100; 1:50
IZRADIO	MIHAEL NAMJESNIK
MENTOR	MATIJA OREŠKOVIĆ
SVEUČILIŠTE SJEVER	AKADEMSKA GODINA 17/18

# Greda

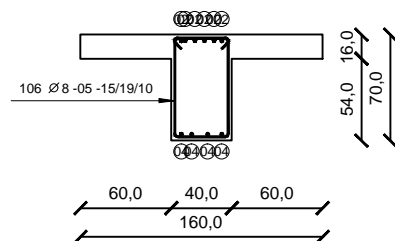
## Mjerilo 1 : 50



Presjek:  
**A-A**



Presjek:  
**B-B**



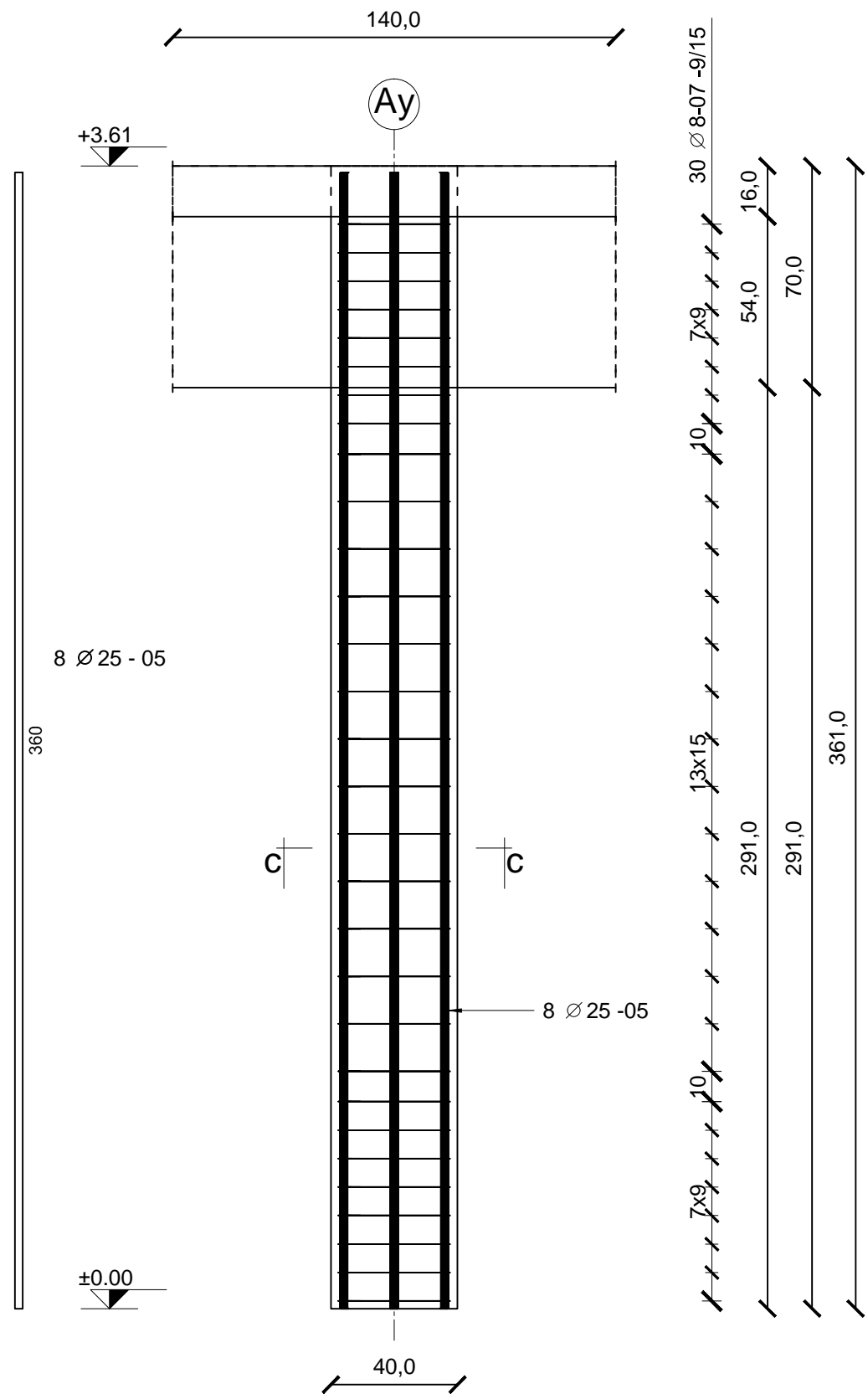
Bar mark	Type and size	Total no.	Length of each bar mm	Symbol (m)	Subtotal (m)
01	25	6	838		50,25
02	25	6	838		50,25
03	25	4	835		33,40
04	25	4	835		33,40
05	8	106	248		262,35

B500B	Ø 8	Ø 25
Unit weight (kg/m)	0,40	3,85
Total length (cm)	26235	16730
Total weight (kg)	103,63	644,11

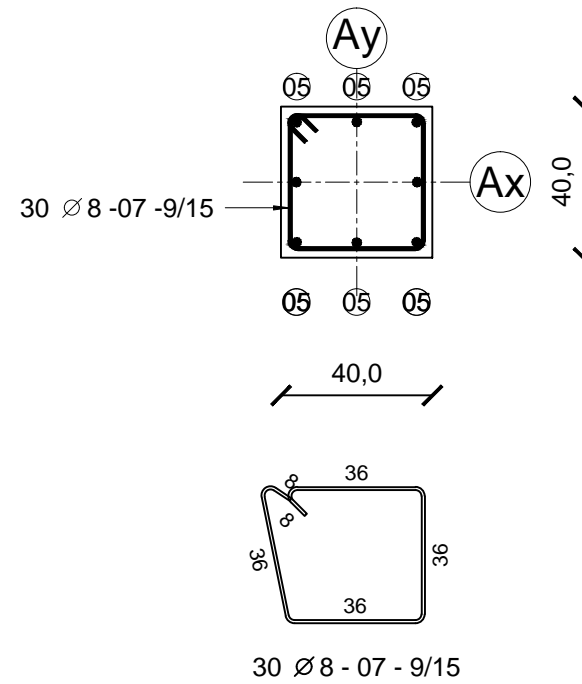
ZAVRŠNI RAD	
SADRŽAJ	PLAN ARMATURE GREDE POZ. 202-202
MJERILO	1:50
IZRADIO	MIHAEL NAMJESNIK
MENTOR	MATIJA OREŠKOVIĆ
SVEUČILIŠTE SJEVER	AKADEMSKA GODINA 17/18

# Stup

## Mjerilo 1 : 20



### Presjek: C-C



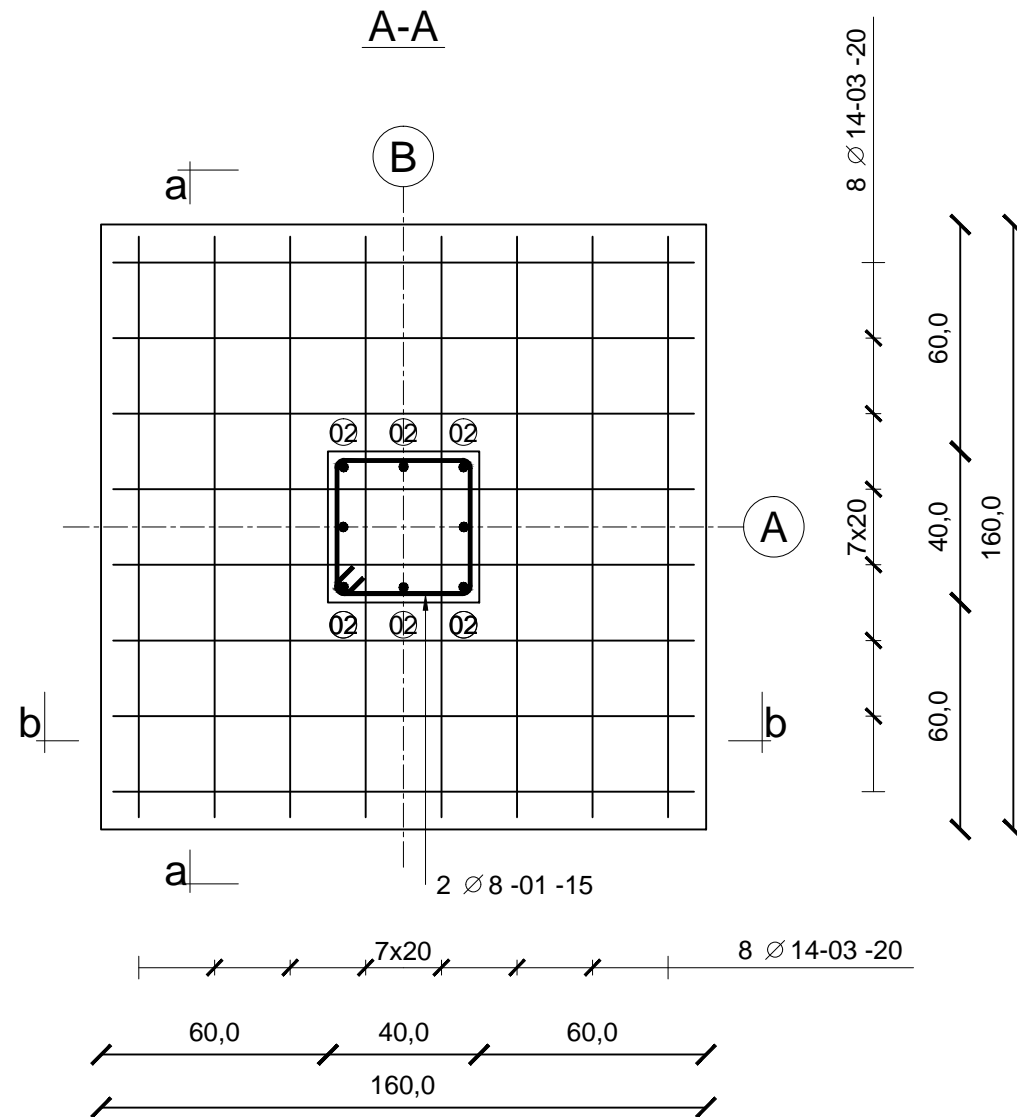
Bar mark	Type and size	Total no.	Length of each bar mm	Symbol (cm)	Subtotal (m)
05	25	8	360		28,80
07	8	32	153		48,80

B500B	Ø 8	Ø 25
Unit weight (kg/m)	0,40	3,85
Total length (cm)	4880	2880
Total weight (kg)	19,28	110,88

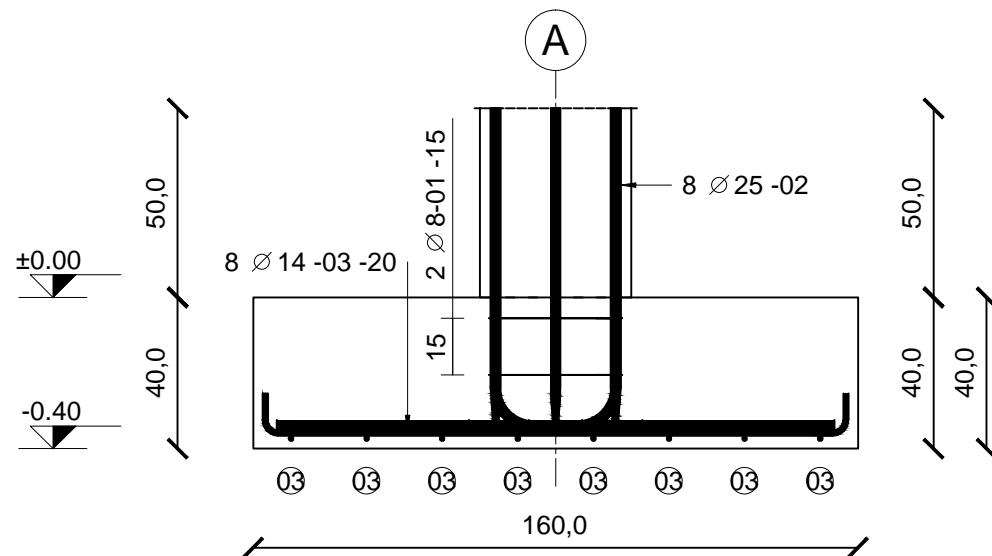
ZAVRŠNI RAD	
SADRŽAJ	PLAN ARMATURE STUPA POZ. S1
MJERILO	1:20
IZRADIO	MIHAEL NAMJESNIK
MENTOR	MATIJA OREŠKOVIĆ
SVEUČILIŠTE SJEVER	AKADEMSKA GODINA 17/18

# Temelj

## Mjerilo 1 : 20



### Presjek: B-B



Bar mark	Type and size	Total no.	Length of each bar mm	Subtotal (cm)	Symbol (cm)
01	8	2	153	305	
02	25	8	170	1360	
03	14	16	173	2760	

B500B	Ø 8	Ø 14	Ø 25
Unit weight (kg/m)	0,40	1,21	3,85
Total length (cm)	305	2760	1360
Total weight (kg)	1,20	33,40	52,36

ZAVRŠNI RAD	
SADRŽAJ	PLAN ARMATURE TEMELJA
MJERILO	1:20
IZRADIO	MIHAEL NAMJESNIK
MENTOR	MATIJA OREŠKOVIĆ
SVEUČILIŠTE SJEVER	AKADEMSKA GODINA 17/18