

**FARIS TREŠNJO**

**LIDIJA BABIĆ**

**METODA PRITISNUTIH ŠTAPOVA I  
ZATEGA  
RIJEŠENI PRIMJERI**

**AGM knjiga**

**2023**

**Autori:**

Faris Trešnjo, master. ing. građ.  
Građevinski fakultet Univerziteta "Džemal Bijedić" u Mostaru

Doc. dr Lidija Babić  
Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Prištini sa privremenim sedištem u  
Kosovskoj Mitrovici

**Recenzenti:**

Prof. dr. sc. Boris Trogrlić, dipl. ing, građ.  
Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu

Doc. dr Petar Knežević  
Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Prištini sa privremenim sedištem u  
Kosovskoj Mitrovici

**Izdavač:**

AGM knjiga d.o.o.  
Beograd-Zemun  
www.agmknjiga.co.rs  
tel. +381658470725

**Glavni i odgovorni urednik:**

Slavica Sarić Ahmić

**Štampa:**

Donat graf, Grocka

**Tiraž:** 200

**ISBN:** 978-86-6048-048-6

---

Sva prava su zadržana. Nijedan deo ove knjige ne može se kopirati u bilo kojem obliku ili na bilo koji način bez pismenog odobrenja izdavača.

## PREDGOVOR

U ovoj knjizi su prikazani primeri proračuna visokostijenih nosača i armiranih temelja samaca ispod montažnih stubova primenom modela pritisnutih štapova i zatega. Ova metoda se zasniva na postupku idealizacije složenog naponskog stanja elemenata konstrukcije punog nosača modelom rešetke, koja je sastavljena od pritisnutih štapova (*struts*), koji prate trajektoriju napona pritiska, zatega (*ties*) koje predstavljaju armaturu, i čvorova u kojima se oni sustiču. Metoda je implementirana u mnoge savremene norme, među kojima je i Evrokod, EN-1992.

Primena ove metode se preporučuje za dimenzionisanje armiranobetonskih nosača u oblastima smicanja i diskontinuiteta. Može se primenjivati za dimenzionisanje ULS i SLS graničnog stanja kako u B oblasti u kojima važi *Bernoulli*-jeva hipoteza linearne raspodele dilatacija u preseku gde je primenljiva i klasična teorija, tako i u D području gde je raspodela dilatacija nelinearna, što se očekuje u zonama geometrijskog diskontinuiteta, koncentrisanih sila, otvora, oslonaca ili kod ravnog stanja napona. Rezultati proračuna nisu jednoznačni, i tačnost rezultata uz poznavanje mehanizma prenošenja opterećenja umnogome zavisi od inženjerskog iskustva.

Analizirana su tri moguća modela za armiranje temelja ispod montažnih stubova i četiri primera visokostijenih nosača. Prikazano je poređenje količine armature koja je dobijena proračunima prema ranijim propisima za slučaj hrapavih površina čaša temelja u odnosu na količinu armature koja se dobija za isti slučaj hrapavosti prema EN 1992. Navedeni detaljno razrađeni primeri u knjizi, prikazana rešenja i dati planovi armature i detalji armiranja, imaju za cilj da bliže objasne tok sila i pokažu kako da se na jednostan način dobije potrebna količinu armature.

## PREDGOVOR

U ovoj knjizi su prikazani primeri proračuna visokostijenih nosača i armiranih temelja samaca ispod montažnih stubova primenom modela pritisnutih štapova i zatega. Ova metoda se zasniva na postupku idealizacije složenog naponskog stanja elemenata konstrukcije punog nosača modelom rešetke, koja je sastavljena od pritisnutih štapova (*struts*), koji prate trajektoriju napona pritiska, zatega (*ties*) koje predstavljaju armaturu, i čvorova u kojima se oni sustiču. Metoda je implementirana u mnoge savremene norme, među kojima je i Evrokod, EN-1992.

Primena ove metode se preporučuje za dimenzionisanje armiranobetonskih nosača u oblastima smicanja i diskontinuiteta. Može se primenjivati za dimenzionisanje ULS i SLS graničnog stanja kako u B oblasti u kojima važi *Bernoulli*-jeva hipoteza linearne raspodele dilatacija u preseku gde je primenljiva i klasična teorija, tako i u D području gde je raspodela dilatacija nelinearna, što se očekuje u zonama geometrijskog diskontinuiteta, koncentrisanih sila, otvora, oslonaca ili kod ravnog stanja napona. Rezultati proračuna nisu jednoznačni, i tačnost rezultata uz poznavanje mehanizma prenošenja opterećenja umnogome zavisi od inženjerskog iskustva.

Analizirana su tri moguća modela za armiranje temelja ispod montažnih stubova i četiri primera visokostijenih nosača. Prikazano je poređenje količine armature koja je dobijena proračunima prema ranijim propisima za slučaj hrapavih površina čaša temelja u odnosu na količinu armature koja se dobija za isti slučaj hrapavosti prema EN 1992. Navedeni detaljno razrađeni primeri u knjizi, prikazana rešenja i dati planovi armature i detalji armiranja, imaju za cilj da bliže objasne tok sila i pokažu kako da se na jednostan način dobije potrebna količinu armature.

Namera autora je da detaljno urađeni primeri budu od koristi kako kolegama u inženjerskoj praksi, tako i studentima kao pomoćni materijal u savladavanju ove oblasti.

Sa zahvalnošću ćemo prihvatiti sva eventualna zapažanja i primedbe čitalaca.

Posebnu zahvalnost dugujemo prof. dr Borisu Trogrliću i doc. dr Petru Kneževiću, na uloženom vremenu, trudu i korisnim sugestijama pri recenziji rukopisa.

Autori

## IZVOD IZ RECENZIJE 1

...Za aproksimaciju rješenja i jednostavnije, proračun 2D problema, odnosno plošnih armirano-betonskih nosača (visokostjenih nosača, visokih greda, detalja greda i slično), odavno se koristi „metoda tlačnih štapova i zatega“. Metoda slijedi analogiju trajektorija glavnih tlačnih i glavnih vlačnih naprezanja u ravanskim problemima, odnosno zamjene „pojaseva“ glavnih naprezanja štapovima i zategama.

U prvom poglavlju su prikazane teorijske osnove metode. U drugom poglavlju su prikazani primjeri primjene metode na armiranim temeljima samcima ispod montažnih stupova. U trećem poglavlju su prikazani primjeri primjene metode na visokostjenim nosačima, a u četvrtom poglavlju je zaključak i zatim literatura.

Detaljno razrađeni primjeri proračuna nekih a-b konstrukcija prema Eurokodu (EN 1992), kao i brojne skice i nacrti armature, mogu biti praktična literatura studentima i inženjerima za proračun a-b konstrukcija...

*Prof. dr sc. Boris Trogrlić, dipl. ing. građ.*

*Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije u Splitu*

## IZVOD IZ RECENZIJE 2

...Rešenja kompleksnih strukturnih problema (naprezanje zidnih nosača, zidova čašica montažnih temelja, visokih greda i sl.) se mogu dati primenom Metode pritisnutih štapova i zatega. Ova metoda je izvrsna inženjerska metoda koja je našla primenu i u EN 1992, zbog svoje jednostavnosti i jasnoće u pogledu toka sila u konstrukciji. Ovim je omogućeno da inženjer uz razumno iskustvo može ponuditi jednostavna rešenja za kompleksne strukturne probleme. Metoda daje ekonomičnija rešenja u pogledu utroška armature u odnosu na stare propise.

Predmetna skripta, autora Farisa Trešnje i Lidije Babić, METODA PRITISNUTIH ŠTAPOVA I ZATEGA - RIJESENI PRIMJERI, praktična je literatura za studente i inženjere za proračun armirano-betonskih konstrukcija.

Skripta sadrži 4 poglavlja, 115 stranica, 51 crtež i 26 tabela.

Skripta ima detaljno razrađene primere proračuna temelja samaca ispod montažnih stubova i zidnih nosača prema Eurokodu (EN 1992), sa pratećim planovima armature.

Na temelju pregledanog, Izdavaču se preporučuje skriptu objaviti...

*Ass. prof. dr Petar Knežević*

*Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Prištini  
sa privremenim sedištem u Kosovskoj Mitrovici*

## SADRŽAJ

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1.</b> | <b>OPĆENITO O METODI PRITISNUTIH ŠTAPOVA I ZATEGA</b> .....                       | <b>11</b> |
| <b>2.</b> | <b>ARMIRANI TEMELJI SAMCI ISPOD MONTAŽNIH STUBOVA</b> .....                       | <b>14</b> |
| 2.1       | Dimenzionirati zadani temelj samac ispod montažnog stuba.....                     | 16        |
| 2.1.1     | Zidovi „čashiće“ i uglavljenog dijela stuba su potpuno glatki (primjer 1).....    | 16        |
|           | Proračun zaštitnog sloja betona.....  | 17        |
|           | Opterećenja temelja.....  | 18        |
|           | Proračun dubine usađivanja stuba.....   | 18        |
|           | Proračun presječnih sila u zidovima „čashiće“ temelja.....                        | 19        |
|           | Proračun armature u zidovima „čashiće“ temelja.....                               | 20        |
|           | Provjera C-C-C ( $N_1$ ) čvora.....   | 22        |
|           | Provjera C-T-T ( $N_2$ ) čvora.....   | 22        |
|           | Smičuća nosivost stuba unutar čaše.....   | 22        |
|           | Proračun presječnih sila u temeljnoj ploči.....                                   | 24        |
|           | Opterećenje u težištu temeljne stope na koti fundiranja.....                      | 24        |
|           | Proračun napona u tlu.....  | 24        |
|           | Momenti savijanja u temeljnoj ploči.....  | 26        |
|           | Dimenzioniranje temeljne ploče.....   | 27        |
|           | Dokaz sigurnosti protiv probijanja.....   | 28        |
|           | Nosivost temelja na poprečne sile.....  | 31        |
|           | Sidrenje armature.....  | 31        |
|           | Nacrt armature.....   | 33        |
| 2.2       | Dimenzionirati zadani temelj samac ispod montažnog stuba.....                     | 34        |
| 2.2.1     | Model prema EN 1992 - glatki zidovi čaše i usađenog dijela stuba (primjer 2)..... | 34        |
|           | Proračun zaštitnog sloja betona.....  | 34        |
|           | Proračun dubine usađivanja stuba.....   | 34        |
|           | Proračun presječnih sila u zidovima „čashiće“ temelja.....                        | 35        |
|           | Proračun armature u zidovima „čashiće“ temelja.....                               | 37        |

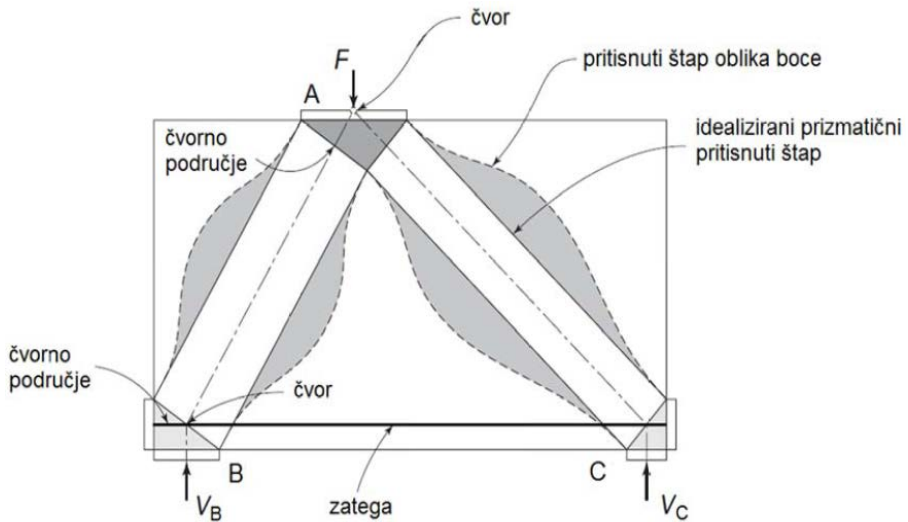


|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
|           | Provjera C-C-C ( $N_1$ ) čvora.....   | 38        |
|           | Provjera C-T-T ( $N_2$ ) čvora.....   | 38        |
|           | Smičuća nosivost stuba unutar čaše .....                                    | 39        |
|           | Dimenzioniranje temeljne ploče.....   | 40        |
|           | Dokaz sigurnosti protiv probijanja.....                                     | 41        |
|           | Nosivost temelja na poprečne sile .....                                     | 41        |
|           | Sidrenje armature .....   | 41        |
|           | Nacrt armature.....   | 43        |
| 2.3       | Čaša i dio stuba koji se u nju uglavljuje su nazubljeni<br>(primjer 3)..... | 44        |
|           | Proračun zaštitnog sloja betona.....  | 44        |
|           | Proračun presječnih sila u zidovima „čashiće“ temelja.....                  | 45        |
|           | Proračun armature u zidovima „čashiće“ temelja .....                        | 47        |
|           | Proračun dubine usađivanja stuba .....                                      | 48        |
|           | Proračun presječnih sila u temeljnoj ploči .....                            | 49        |
|           | Opterećenje u težištu temeljne stope na koti fundiranja.....                | 49        |
|           | Proračun napona u tlu.....  | 49        |
|           | Proračun napona pritiska u tlu bez vlastite težine temelja i nasipa .       | 51        |
|           | Momenti savijanja u temeljnoj ploči.....                                    | 51        |
|           | Dimenzioniranje temeljne ploče.....   | 52        |
|           | Dokaz sigurnosti protiv probijanja.....                                     | 53        |
|           | Nosivost temelja na poprečne sile .....                                     | 55        |
|           | Sidrenje armature .....   | 56        |
|           | Nacrt armature.....   | 57        |
| <b>3.</b> | <b>VISOKOSTIJENI NOSAČI.....</b>  | <b>58</b> |
| 3.1       | Primjer 1.....  | 60        |
|           | Podaci za proračun .....  | 60        |
|           | Određivanje kraka unutrašnjih sila $z$ .....                                | 61        |
|           | Proračun oslonačkih reakcija.....   | 63        |
|           | Model za proračun sila u štapovima.....                                     | 63        |
|           | Dimenzioniranje nosača .....  | 65        |
|           | Minimalna ortogonalna raspodijeljena armatura.....                          | 65        |
|           | Glavna podužna armatura.....  | 66        |
|           | Armatura za vješanje opterećenja.....                                       | 67        |
|           | Provjera C-C-T čvora (oslonac A).....                                       | 67        |
|           | Sidrenje glavne podužne armature .....                                      | 68        |
|           | Nacrt armature.....   | 70        |
| 3.2       | Primjer 2.....  | 71        |

|     |  |     |
|-----|--|-----|
|     | Podaci za proračun .....   | 71  |
|     | Određivanje kraka unutrašnjih sila $z$ .....   | 72  |
|     | Proračun oslonačkih reakcija (sa vlastitom težinom zida) .....   | 72  |
|     | Model za proračun sila u štapovima .....   | 72  |
|     | Dimenzioniranje nosača .....   | 74  |
|     | Minimalna ortogonalna raspodijeljena armatura .....  | 74  |
|     | Glavna podužna armatura .....  | 75  |
|     | Armatura za prihvatanje koncentrisanog opterećenja .....   | 75  |
|     | Vertikalna zatega $T_2$ .....  | 77  |
|     | Provjera C-C-T čvora (oslonci A i B) .....   | 78  |
|     | Sidrenje glavne podužne armature .....   | 80  |
|     | Sidrenje armature za prihvatanje koncentrisanog opterećenja .....  | 81  |
|     | Sidrenje sile zatezanja u zatezi $T$ .....   | 82  |
|     | Nacrt armature .....   | 82  |
| 3.3 | Primjer 3 .....  | 83  |
|     | Podaci za proračun .....   | 83  |
|     | Određivanje kraka unutrašnjih sila $z$ .....   | 84  |
|     | Proračun oslonačkih reakcija .....   | 84  |
|     | Model za proračun sila u štapovima .....   | 84  |
|     | Dimenzioniranje nosača .....   | 86  |
|     | Minimalna ortogonalna raspodijeljena armatura .....  | 86  |
|     | Podužna armatura (polje 1 i 3) .....   | 86  |
|     | Podužna armatura (polje 2) .....   | 87  |
|     | Podužna armatura (oslonac) .....   | 87  |
|     | Provjera C-C-T čvora (oslonac A) .....   | 88  |
|     | Provjera C-C-T i C-C-C čvora (oslonac B) .....   | 90  |
|     | Sidrenje glavne podužne armature (oslonac a) .....   | 94  |
|     | Sidrenje glavne podužne armature (oslonac B) .....   | 95  |
| 3.4 | Usporedba rezultata ako se usvoji isti krak unutrašnjih sila u poljima i nad osloncem (približan postupak) ..... | 96  |
| 3.5 | Usporedba rezultata ako se oslonačke reakcije izračunaju prema teoriji vitkih greda .....                        | 97  |
|     | Nacrt armature .....   | 98  |
| 3.6 | Primjer 4 .....  | 98  |
|     | Podaci za proračun .....   | 98  |
|     | Proračun oslonačkih reakcija .....   | 99  |
| 3.7 | Štapni modeli i proračun sila u štapovima .....  | 100 |
|     | Dimenzioniranje nosača .....   | 103 |

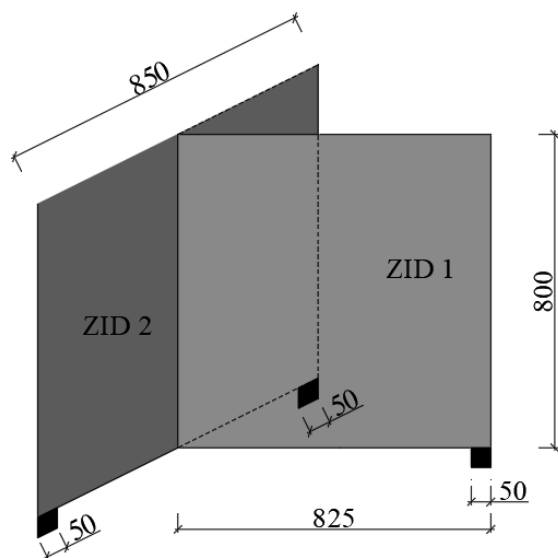
|  |            |
|--|------------|
| Minimalna ortogonalna raspodijeljena armatura (zid 1 i zid 2).....         | 103        |
| Glavna podužna armatura (zid 1).....                                       | 104        |
| Glavna podužna armatura (zid 2).....                                       | 104        |
| Armatura za prihvatanje koncentrisanog opterećenja od zida 1.....          | 105        |
| Vertikalna zatega $T_3$ .....  | 106        |
| Armatura u oslonačkoj zoni zida 1.....                                     | 107        |
| Provjera C-C-T čvora (oslonac B).....                                      | 108        |
| Provjera C-C-T čvora (oslonci C i D).....                                  | 110        |
| Sidrenje glavne podužne armature (zid 1).....                              | 111        |
| Sidrenje glavne podužne armature (zid 2).....                              | 112        |
| Sidrenje armature za prihvatanje koncentrisanog opterećenja od zida 1..... | 113        |
| Nacrt armature.....  | 113        |
| <b>4. ZAKLJUČAK.....</b>   | <b>115</b> |
| <b>LITERATURA.....</b>   | <b>116</b> |

S obzirom da se štapni model može koristiti za bilo koju geometriju i raspodjele napona koje su moguće u D-područjima to predstavlja istovremeno prednost i izazov pri primjeni ove metode.



**Slika 1.1 Model pritisnutih štapova i zatega visokog nosača**

Na Slici 1.2 dati su koraci potrebni za određivanje prikladnog štapnog modela.



Slika 3.6.1

### Materijali:

Beton C 45/55

Armatura: S500

### Proračun oslonačkih reakcija

- Zid 1**

Statički sistem zida 1 je prosta greda raspona  $l = 8 \text{ m}$  opterećena kontinuiranim opterećenjem  $g_{z,2}$  i  $q_{z,2}$ .

$$R_A = R_B = F_{Ed} = \frac{(1,35 \cdot g_{z,1} + 1,5 \cdot q_{z,1}) \cdot l}{2} = \frac{(1,35 \cdot 150,00 + 1,5 \cdot 200,00) \cdot 8,0}{2}$$

$$R_A = R_B = F_{Ed} = 2010 \text{ kN}$$

- Zid 2**

Statički sistem zida 2 je prosta greda raspona  $l=8 \text{ m}$  opterećena koncentrisanim opterećenjem ( $F_{Ed}$ ).

## Sidrenje armature za prihvatanje koncentrisanog opterećenja od zida 1

Dužina sidrenja za prihvatanje koncentrisanog opterećenja bit će izračunata za punu silu zatezanja.

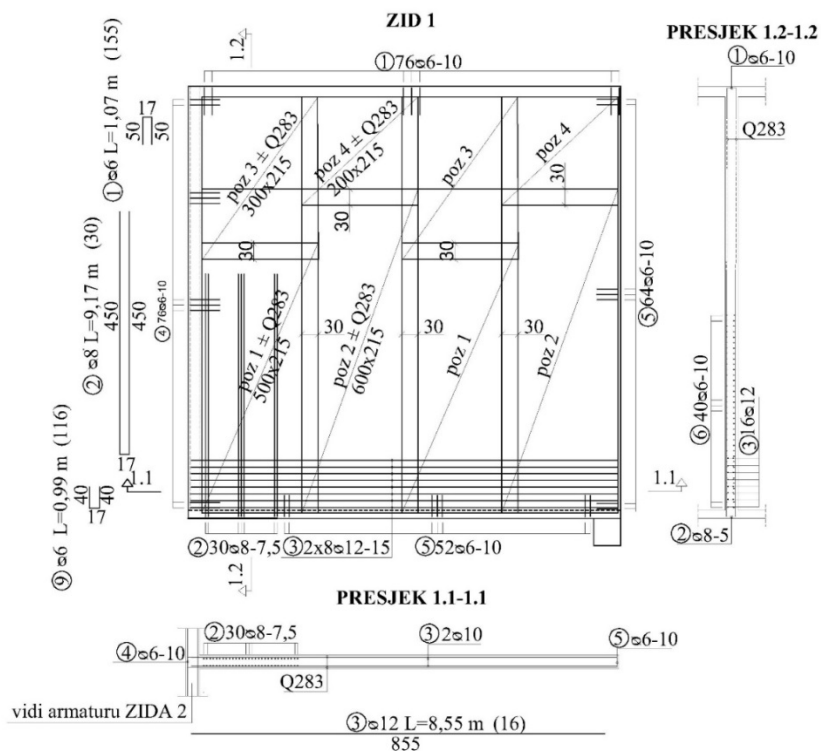
Za marku betona C45/55 i bolje uvjete sidrenja dobivamo:

$$27\varnothing = 27 \cdot 1,0 = 27 \text{ cm}$$

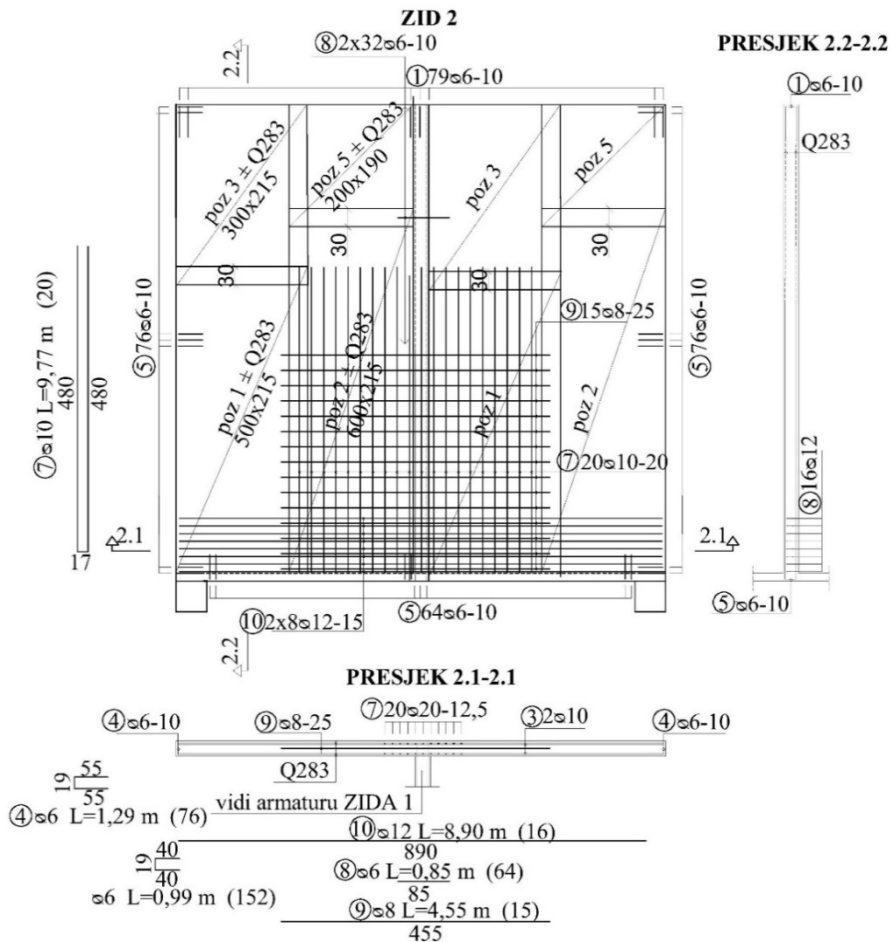
Usvojena dužina sidrenja od 30 cm.

Armatura za vješanje sidrit će se od ruba čvora (tačka E).

### Nacrt armature



Slika 3.7.8 Nacrt armature (primjer 4 – zid 1)



*Slika 3.7.9 Nacrt armature (primjer 4 – zid 2)*

#### 4. ZAKLJUČAK

Zbog svoje jednostavnosti i jasnoće u pogledu toka sila u konstrukciji metoda „strut and tie“ je našla primjenu u EN 1992 gdje je potrebno dimenzionirati zatege i provjeriti nosivost idealiziranih čvornih područja.

Da bi se pronašao konkretni štapni model potrebno je stanovito iskustvo, jer je u raznim slučajevima moguće formirati mnogo štapnih modela, kao što smo vidjeli u Primjeru 3. (kontinuirani visokostijeni nosač) gdje se za različit odabir modela pritisnutih štapova i zatega dobijaju potpuno drugačije sile u štapovima.

Može se zaključiti da metoda pritisnutih štapova i zatega ne daje jedinstveno rješenje, već daje mogućnost korisniku da svojim odabirom modela izvrši preraspodjelu sila u konstrukciji.

Analizirajući sve urađene primjere i poredeći sa proračunima prema prijašnjim propisima dolazi se do zaključka da metoda pritisnutih štapova i zatega daje bolji uvid u tok sila u konstrukciji.

Količina armature koja se dobije proračunima prema prijašnjim propisima za slučaj hrapavih površina čaša temelja i stuba je mnogo veća u odnosu na količinu armature koja se dobije za isti slučaj hrapavosti prema EN 1992.

Metoda pritisnutih štapova i zatega je izvrsna inženjerska metoda u kojem inženjer uz razumno iskustvo može ponuditi jednostavna rješenja za kompleksne strukturne probleme.



## LITERATURA

- [1] Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. The European Standard EN 1992-1-1:2004.
- [2] Hasanović, V.: „Betonske konstrukcije.“, Mušanović d.o.o., Brčko Distrikt, Sarajevo, Januar 2007.
- [3] Hadrović, A.; Hasanović, V.: Betonske konstrukcije: Prvi dio, Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru, Građevinski fakultet, Mostar, 2016.
- [4] Hadrović, A.; Hasanović, V.: Betonske konstrukcije: Drugi dio, Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru, Građevinski fakultet, Mostar, 2022.
- [5] Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. German version DIN EN 1992-1-1:2011-01.
- [6] Hasanović, V.: „Proračun armiranobetonskih konstrukcija prema EC 2 i DIN 1045-1.“, Građevinski fakultet Univerziteta „Džemal Bijedić“ u Mostaru, Mostar, 2010.
- [7] Hasanović, V.: „Betonske konstrukcije: zbirka riješenih zadataka“, Šejtarija, Sarajevo, 2005.

**AGM knjiga doo Beograd-Zemun**  
**www.agmknjiga.co.rs**

**telefoni:**  
**+381658470725; +381638470725**  
**+381112618554**

CIP - Каталогизација у публикацији Народна библиотека Србије,  
Београд

624.072.2.012.45

ТРЕШЊО, Фарис, 1994-

Metoda pritishnutih štapova i zatega / Faris Trešnjo, Lidija Babić.

- Beograd: AGM knjiga, 2023 (Beograd : Donat graf). - 117

str. : ilustr. ; 24 cm

Tiraž 200. - Bibliografija: str. 116.

ISBN 978-86-6048-048-6

1. Бабић, Лидија, 1966- [autor]

а) Бетонске греде

COBISS.SR-ID 126289161