

Proračun mosta na prometno opterećenje prema starijim normama i usporedba sa zahtjevima Eurokoda

Banić, Tomislav

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:358406>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-07**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Tomislav Banić

**Proračun mosta na prometno
opterećenje prema starijim
normama i usporedba sa
zahtijevima Eurokoda**

ZAVRŠNI ISPIT

Zagreb, 2024



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Tomislav Banić i

**Proračun mosta na prometno
opterećenje prema starijim
normama i usporedba sa
zahtijevima Eurokoda**

ZAVRŠNI ISPIT

Ana Mandić Ivanković

Dominik Skokandić

Zagreb, 2024



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Tomislav Banić

**Analysis of bridge for traffic
load according to old standards
and comparison with Eurocode
requirements**

FINAL EXAM

Ana Mandić Ivanković

Dominik Skokandić

Zagreb, 2024



OBRAZAC 3

POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Student/ica :

Tomislav Banić

(Ime i prezime)

0082064021

(IMBAG)

zadovoljio/la je na pisanom dijelu završnog ispita pod naslovom:

Proračun mosta na prometno opterećenje prema starijim normama i usporedba sa zahtjevima Eurokoda

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

Analysis of bridge for traffic load according to old standards and comparison with Eurocode requirements

(Naslov teme završnog ispita na engleskom jeziku)

i predlaže se provođenje daljnjeg postupka u skladu s Pravilnikom o završnom ispitu i diplomskom radu Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta.

Pisani dio završnog ispita izrađen je u sklopu znanstvenog projekta: (upisati ako je primjenjivo)

(Naziv projekta, šifra projekta, voditelj projekta)

Pisani dio završnog ispita izrađen je u sklopu stručne prakse na Fakultetu: (upisati ako je primjenjivo)

(Ime poslodavca, datum početka i kraja stručne prakse)

Datum:

25.6.2024.

Mentor:

Ana Mandić Ivanković

Potpis mentora:

Komentor:

Dominik Skokandić



OBRAZAC 5

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja :

Tomislav Banić, 0082064021

(Ime i prezime, JMBAG)

student/ica Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta ovim putem izjavljujem da je moj pisani dio završnog ispita pod naslovom:

Proračun mosta na prometno opterećenje prema starijim normama i usporedba sa zahtjevima Eurokoda

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio/la drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Datum:

25.6.2024.

Potpis:

T Banić



OBRAZAC 6

IZJAVA O ODOBRENJU ZA POHRANU I OBJAVU PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Ja :

Tomislav Banić, 89842152014

(Ime i prezime, OIB)

ovom izjavom potvrđujem da sam autor/ica predanog pisanog dijela završnog ispita i da sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti odgovara sadržaju dovršenog i obranjenog pisanog dijela završnog ispita pod naslovom:

Proračun mosta na prometno opterećenje prema starijim normama i usporedba sa zahtjevima Eurokoda

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

koji je izrađen na sveučilišnom prijediplomskom studiju Građevinarstvo Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta pod mentorstvom:

Ana Mandić Ivanković

(Ime i prezime mentora)

i obranjen dana:

2.7.2024.

(Datum obrane)

Suglasan/suglasna sam da pisani dio završnog ispita bude javno dostupan, te da se trajno pohrani u digitalnom repozitoriju Građevinskog fakulteta, repozitoriju Sveučilišta u Zagrebu te nacionalnom repozitoriju.

Datum:

25.6.2024.

Potpis:

TBanić

Sažetak

Tema ovoga rada je proračun mosta na prometno opterećenje prema starijim normama i usporedba sa zahtjevima Eurokoda, točnije usporedba starijih modela proračuna PTP-a i DIN-a s novim Modelom 1. Vizualizacija mosta se postiže crtanjem dispozicije odnosno uzdužnog i poprečnog presjeka, pomoću nje se radi analiza opterećenja, određuju se stalno, koncentrirana i kontinuirana opterećenja uz određivanje sudjelujuće širine ploče. Nakon određivanja opterećenja radili smo statički proračun gdje smo određivali momente u polju i nad osloncima, te poprečne sile nad osloncima. S podacima o momentima i poprečnim silama krenuli smo u dimenzioniranje prvo po Modelu 1, gdje smo pomoću dobivenog momenta u polju dobili potrebnu armaturu u tome polju, pomoću momenta na osloncu dobili potrebnu armaturu na osloncu. Poprečne sile koristili smo za određivanje poprečne armature odnosno razmaka među vilicama. Za razliku od Modela 1 modeli PTP i DIN koriste PBAB pristup za dimenzioniranje koji je jako sličan Modelu 1 kod određivanja uzdužne armature, ali se razlikuje kod poprečne. Svi proračunati momenti, poprečne sile i odabrane armature po modelima međusobno su uspoređene u zaključku rada, kako bih se jasno vidjela razlika između starih normi s Eurokodom.

Ključne riječi: most, proračun, Model 1, PTP, DIN, PBAB, opterećenja, prometno opterećenje, dimenzioniranje

Summary

The topic of this paper is the calculation of the bridge for traffic load according to older norms and a comparison with the requirements of the Eurocode, more precisely a comparison of the older calculation models of PTP and DIN with the new Model 1. The visualization of the bridge is achieved by drawing the layout, i.e. longitudinal and cross section for load analysis, constant, concentrated and continuous loads are determined along with determining the participating panel width. After determining the load, we performed a static calculation where we determined moments in the field and over the supports, and transverse forces over the supports. With data on moments and transverse forces, we started dimensioning first according to Model 1, where we obtained the necessary reinforcement in that field using the obtained moment in the field, and using the moment on the support we obtained the necessary reinforcement on the support. We used the transverse forces to determine the transverse reinforcement, i.e. the distance between the forks. Unlike Model 1, the PTP and DIN models use a PBAB sizing approach that is very similar to Model 1 when determining longitudinal reinforcement, but differs for transverse reinforcement. All calculated moments, transverse forces and selected reinforcements by model were compared with each other in the conclusion of the work, in order to clearly see the difference between the old norms and the Eurocode.

Keywords: bridge, analysis, Model 1, PTP, DIN, PBAB, load, traffic load, dimensioning

Sadržaj:

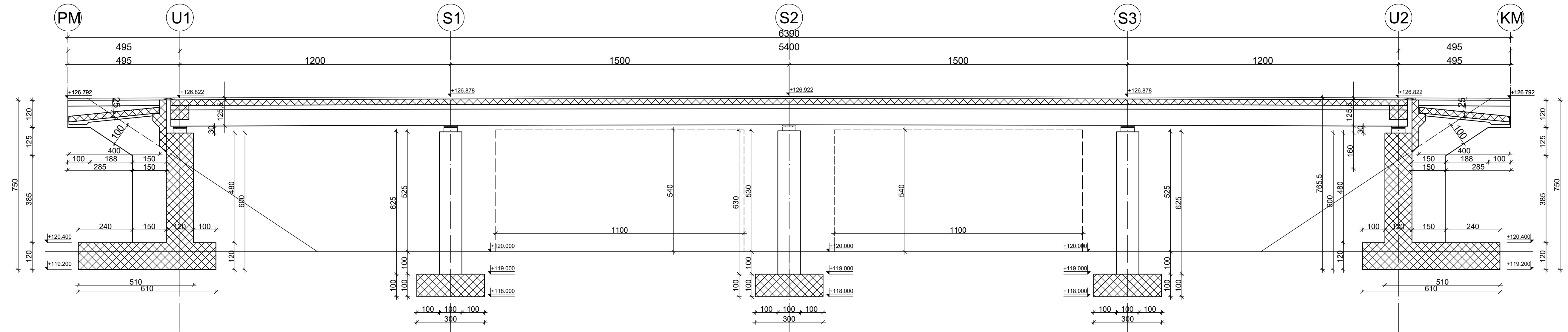
Sažetak	i
Summary	ii
Obrazac 3	
Obrazac 5	
Obrazac 6	
Sadržaj	iii
1. Tehnički opis i dispozicija	1
1.1. Uzdužni presjek mosta (MJ 1:100)	
1.2. Poprečni presjek mosta (MJ 1:50)	
2. Analiza opterećenja	2
2.1. Stalno opterećenje	2
2.2. Sudjelujuća širina ploče	4
2.3. Prometno opterećenje	6
3. Statički proračun	12
3.1. Proračun momenta u polju	12
3.1.1. Prvo i četvrto polje	12
3.1.2. Drugo i treće polje	14
3.2. Proračun momenta nad osloncem	16
3.2.1. Prvi i peti oslonac	16
3.2.2. Drugi i četvrti oslonac	16
3.2.3. Treći oslonac	18
3.3. Proračun poprečnih sila	20
3.3.1. Prvi i peti oslonac	20
3.3.2. Drugi i četvrti oslonac	22
3.3.3. Treći oslonac	27
4. Dimenzioniranje	32
4.1. Dimenzioniranje na opterećenje Model 1	32
4.1.1. Dimenzioniranje na savijanje – uzdužna armatura	33
4.1.2. Dimenzioniranje na poprečne sile – vilice	38
4.2. Dimenzioniranje na opterećenje PTP-om	46
4.2.1. Dimenzioniranje na savijanje – uzdužna armatura	47
4.2.2. Dimenzioniranje na poprečne sile – vilice	52
4.3. Dimenzioniranje na opterećenje DIN-om	56

4.3.1. Dimenzioniranje na savijanje – uzdužna armatura	57
4.3.2. Dimenzioniranje na poprečne sile – vilice	62
5. Zaključak	66
5.1. Tablice proračunatih momenata	66
5.2. Tablice proračunatih poprečnih sila	69
5.3. Pregled armature	73
6. Popis literature	75
7. Popis ilustracija.....	76
8. Popis tablica	78
9. Skice poprečnih presjeka po Modelu 1	

1.Tehnički opis i dispozicija mosta

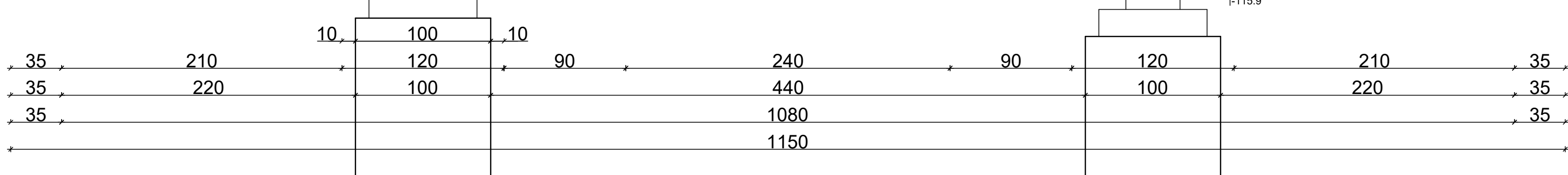
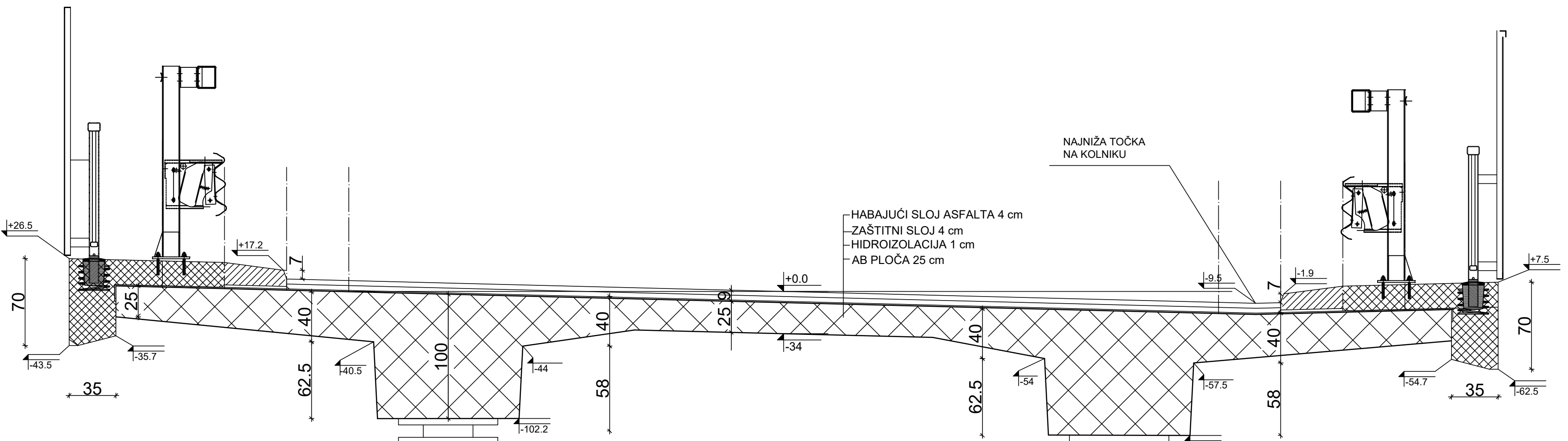
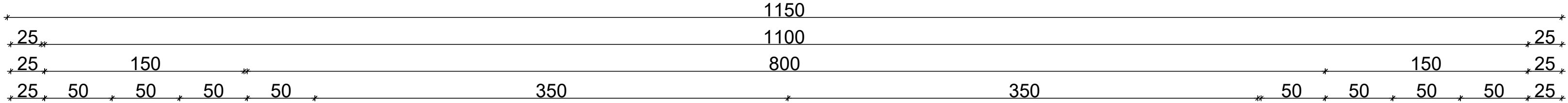
Most omogućuje prelazak prometnice preko autoputa, tj. namjena mosta je cestovna. Projektna brzina na mostu je 100km/h, s predviđenom pješačkom odnosno revizijskom stazom širine 50 cm, te zaštitnom ogradom sa svake strane. Most je visok 6.878 m od površine zemlje, ukupne duljine 63.9 m, s predviđenom visinom slobodnog profila 5.4 m i širinom 11 m, dok je širina svakog prometnog traka na mostu 3.5 m. Most se sastoji od 4 raspona on kojih su rasponi uz upornjake 12 m, a 2 raspona koji se nalaze na sredi mosta 15 m. Most se sastoji od 4 raspona postavljenih na 5 oslonaca. Poprečni presjek rasponskog sklopa je rebro, te je visina konstrukcije u osi rebra 1 m. Rebra su postavljeni na ležaje koji se nalaze na stupovima kružnog presjeka promjera 1 m. Niveleta mosta nije ravna stoga se prometnica na mostu nalazi u stalnom nagibu od 2.5% u poprečnom smjeru i 0.99% u uzdužnom smjeru od sredine prema upornjacima sa slivnicima raspoređenim na svakih 15 m. Sa svake strane mosta nalazi se masivni upornjak prekriven kamenom oblogom nagiba 1:1.5. Za izgradnju mosta koristio se beton C30/37, i čelik B500B koji je ugrađen u šipkama $\phi 12$ i $\phi 28$ te prekriven zaštitnim slojem od 5 cm.

1.1 UZDUŽNI PRESJEK MOSTA M1:100



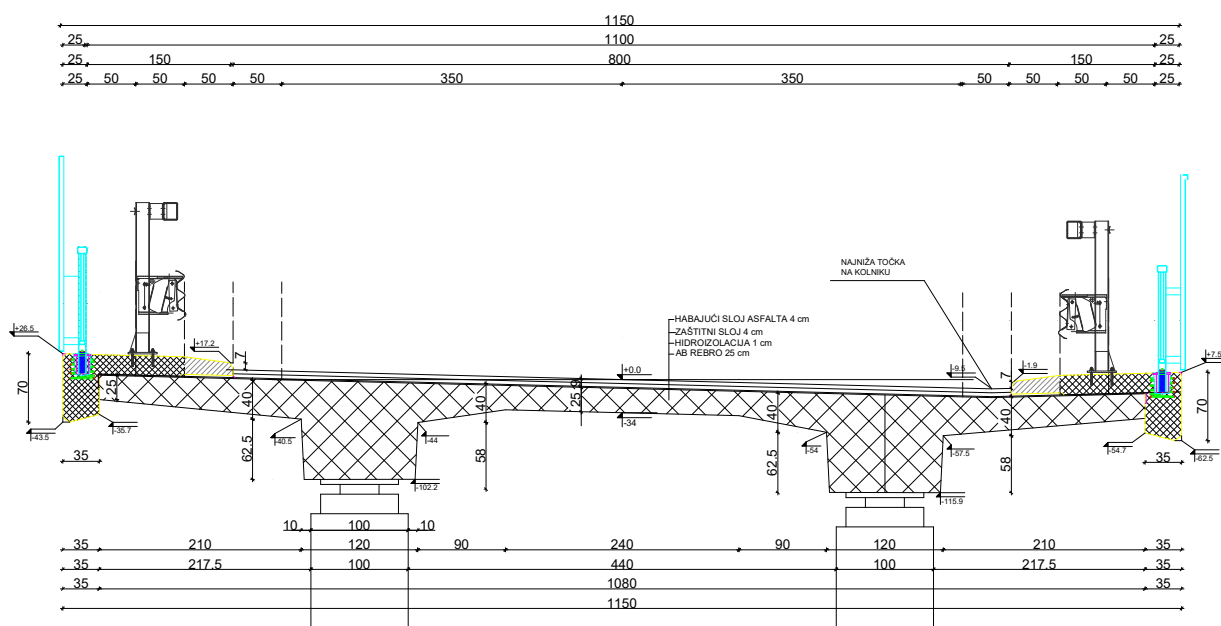
GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU	
KOLEGIJ: MOSTOVI	
RAZINA OBRADE: UZDUŽNI PRESJEK MOSTA	
ASISTENT: ANA MANDIĆ IVANKOVIĆ	
DATUM: 2.1.	MJERILO: 1:100
ŠKOLSKA GODINA: 2023./24.	
IZVODIO: TOMISLAV BANIĆ	

1.2. POPREČNI PRESJEK M1:50



2. ANALIZA OPTEREĆENJA

2.1. STALNO OPTEREĆENJE

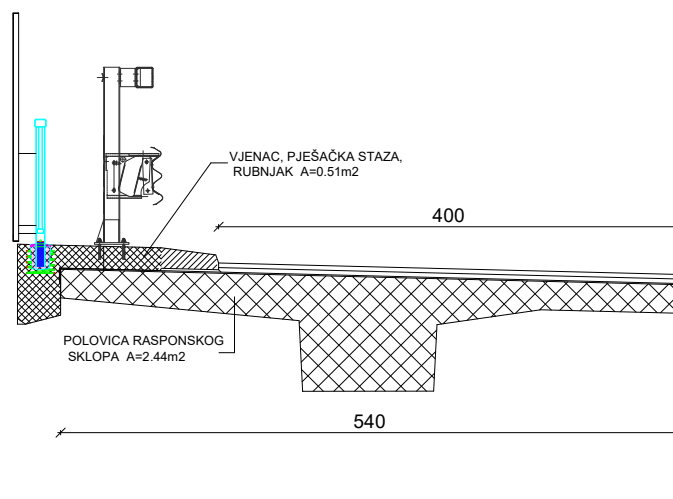


Slika 1. Poprečni presjek mosta

Površina poprečnog presjeka rasponskog sklopa: $A = 4,88 \text{ m}^2$
 $A/2 = 2,44 \text{ m}^2$

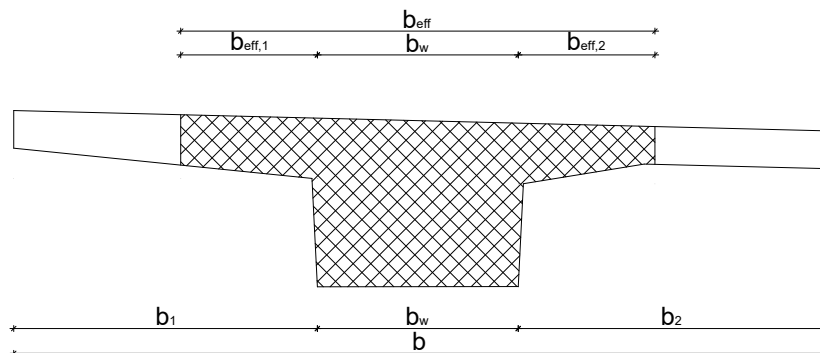
- Vlastita težina: $g_1 = 25 \text{ kN/m}^3 \cdot A/2 = 61,0 \text{ kN/m}'$
- Asfalt: $g_2 = 22 \text{ kN/m}^3 \cdot 4,0 \text{ m} \cdot 0,08 \text{ m} = 7,04 \text{ kN/m}'$
- Hidroizolacija: $g_3 = 21 \text{ kN/m}^3 \cdot 5,40 \text{ m} \cdot 0,01 \text{ m} = 1,14 \text{ kN/m}'$
- Vijenac, rubnjak, staza: $A_1 = 0,51 \text{ m}^2$
 $g_4 = 25 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,51 \text{ m}^2 = 12,75 \text{ kN/m}'$
- Pješačka ograda $g_5 = 0,4 \text{ kN/m}'$
- Elastični odbojnik $g_6 = 0,4 \text{ kN/m}'$

UKUPNO STALNO OPTEREĆENJE: $g_{uk} = \sum g_i = 82,73 \text{ kN/m}'$



Slika 2. Polovica poprečnog presjeka s površinama (m^2)

2.2. SUDJELUJUĆA ŠIRINA PLOČE



Slika 3. Shema sudjelujuće širine ploče

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w \leq b$$

gdje je $b_{\text{eff},i} = 0,2 \cdot b_i + 0,1 \cdot l_0 \leq 0,2 \cdot l_0$

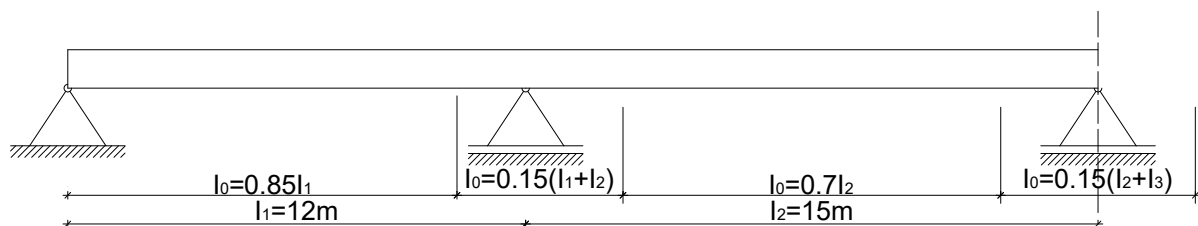
$$b = 540,0 \text{ cm}$$

$$b_w = 120,0 \text{ cm}$$

$$b_1 = 210,0 \text{ cm}$$

$$b_2 = 210,0 \text{ cm}$$

vrijednosti l_0 za kontinuirani nosač preko 4 polja:



Slika 4. Shema uzdužnog presjeka mosta sa sudjelujućim širinama ploče u poljima i nad osloncima

$$l_1 = l_4 = 12,0 \text{ m}$$

$$l_2 = l_3 = 15,0 \text{ m}$$

$$\text{- vanjsko (1. i 4.) polje: } l_0 = 0,85 \cdot 12,0 = 10,2 \text{ m}$$

$$\text{- ležaj nad 2. i 4. osloncem: } l_0 = 0,15 \cdot (l_1 + l_2) = 0,15 \cdot (12,0 + 15,0) = 4,05 \text{ m}$$

$$\text{- srednje (2. i 3.) polje: } l_0 = 0,7 \cdot l_2 = 0,7 \cdot 15,0 = 10,5 \text{ m}$$

$$\text{- ležaj nad 3. osloncem: } l_0 = 0,15 \cdot (l_2 + l_3) = 0,15 \cdot (15,0 + 15,0) = 4,5 \text{ m}$$

Sudjelujuća širina ploče u vanjskom (1. i 4.) polju:

$$b_{\text{eff},1} = 0,2 \cdot 2,10 + 0,1 \cdot 10,2 = 1,44 \text{ m} \leq 0,2 \cdot 10,2 = 2,04 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff},2} = 0,2 \cdot 2,10 + 0,1 \cdot 10,2 = 1,44 \text{ m} \leq 0,2 \cdot 10,2 = 2,04 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = 1,2 + 1,44 + 1,44 = 4,08 \text{ m} < b = 5,75 \text{ m}$$

Sudjelujuća širina ploče nad 2. i 4. osloncem:

$$b_{\text{eff},1} = 0,2 \cdot 2,10 + 0,1 \cdot 4,05 = 0,81 \text{ m} \leq 0,2 \cdot 4,05 = 0,81 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff},2} = 0,2 \cdot 2,10 + 0,1 \cdot 4,05 = 0,81 \text{ m} \leq 0,2 \cdot 4,05 = 0,81 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = 1,2 + 0,81 + 0,81 = 2,82 \text{ m} < b = 5,75 \text{ m}$$

Sudjelujuća širina ploče u srednjem (2. i 3.) polju:

$$b_{\text{eff},1} = 0,2 \cdot 2,10 + 0,1 \cdot 10,5 = 1,47 \text{ m} \leq 0,2 \cdot 10,5 = 2,1 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff},2} = 0,2 \cdot 2,10 + 0,1 \cdot 10,5 = 1,47 \text{ m} \leq 0,2 \cdot 10,5 = 2,1 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = 1,2 + 1,47 + 1,47 = 4,14 \text{ m} < b = 5,75 \text{ m}$$

Sudjelujuća širina ploče nad 3. osloncem:

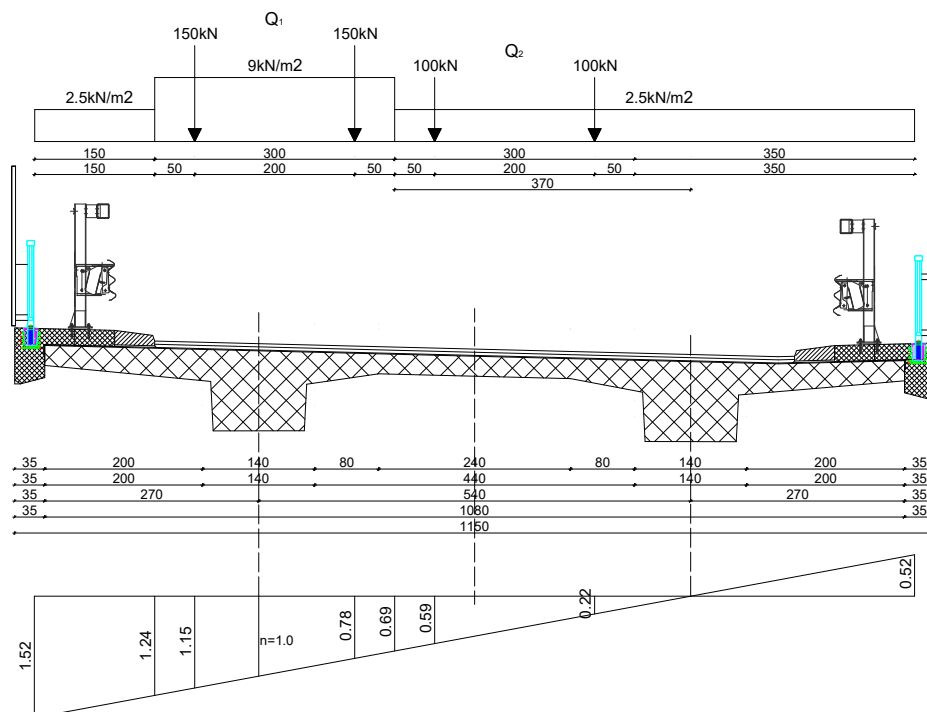
$$b_{\text{eff},1} = 0,2 \cdot 2,10 + 0,1 \cdot 4,5 = 0,87 \text{ m} \leq 0,2 \cdot 4,5 = 0,9 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff},2} = 0,2 \cdot 2,10 + 0,1 \cdot 4,5 = 0,87 \text{ m} \leq 0,2 \cdot 4,5 = 0,9 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = 1,2 + 0,87 + 0,87 = 2,94 \text{ m} < b = 5,75 \text{ m}$$

2.3. POROMETNO OPTEREĆENJE

Model 1



Slika 5. Poprečni raspored prometnog opterećenja prema Modelu 1

Razdioba opterećenja

- sva kontinuirana opterećenja množimo s površinom ispod utjecajne linije:

$$q = 1,5 \cdot 2,5 \cdot \frac{1,52+1,24}{2} + 3,0 \cdot 9,0 \cdot \frac{1,24+0,69}{2} + 3,7 \cdot 2,5 \cdot \frac{0,69}{2} = 34,42 \text{ kN/m'}$$

Kontinuirano prometno opterećenje:

$$q = 34,42 \text{ kN/m'}$$

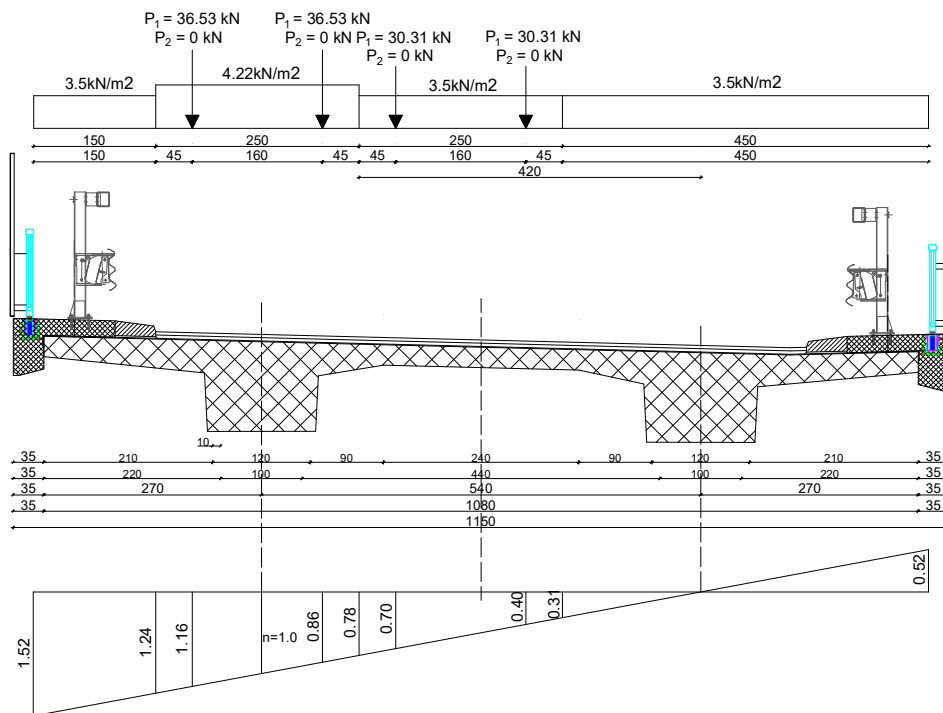
- koncentrirane sile množimo s pripadajućom ordinatom i zbrajamo:

$$Q = 150 \cdot (1,15+0,78) + 100 \cdot (0,59+0,22) = 370,5 \text{ kN}$$

Koncentrirano prometno opterećenje:

$$Q = 370,5 \text{ kN}$$

PTP



Slika 6. Poprečni raspored prometnog opterećenja prema PTP-u

Smanjenje koncentriranih sila radi kontinuiranih po PTP-u

$$L_{sr} = 13.5 \text{ m}$$

$$Kd = 1 + \frac{550 - 5L_{sr}}{100 \times (10 + L_{sr})} = 1 + \frac{550 - 5 \times 13.5}{100 \times (10 + 13.5)} = 1.2053$$

$$p_1 = 1.2053 \times 3.5 = 4.22 \text{ kN}$$

$$P_1 = 1.2053 \times 50 = 60.27 \text{ kN}$$

$$P_2 = 1.2053 \times 15 = 18.08 \text{ kN}$$

-smanjenje koncentriranih sila 1. trak

$$q_R = 4.22 \times 18 \times 2.5 = 189.9 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{PR} = 189.9/8 = 23.74 \text{ kN/m}^2$$

$$P_1 \text{ (smanjeno)} = 60.27 - 23.74 = 36.53 \text{ Kn}$$

$$P_2 \text{ (smanjeno)} = 18.08 - 23.74 = 0 \text{ Kn}$$

-smanjenje koncentriranih sila 2 trak

$$q_R = 3.5 \times 18 \times 2.5 = 157.5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{PR} = 157.5/8 = 19.69 \text{ kN/m}^2$$

$$P_1 \text{ (smanjeno)} = 50 - 19.69 = 36.53 \text{ Kn}$$

$$P_2 \text{ (smanjeno)} = 15 - 19.69 = 0 \text{ Kn}$$

Razdioba opterećenja po PTP-u

- sva kontinuirana opterećenja množimo s površinom ispod utjecajne linije:

$$q = 1,5 \cdot 3,5 \cdot \frac{1,52+1,24}{2} + 2,5 \cdot 4,22 \cdot \frac{1,24+0,78}{2} + 4,2 \cdot 3,5 \cdot \frac{0,78}{2} = 23,64 \text{ kN/m'}$$

Kontinuirano prometno opterećenje:

$$q = 23,64 \text{ kN/m'}$$

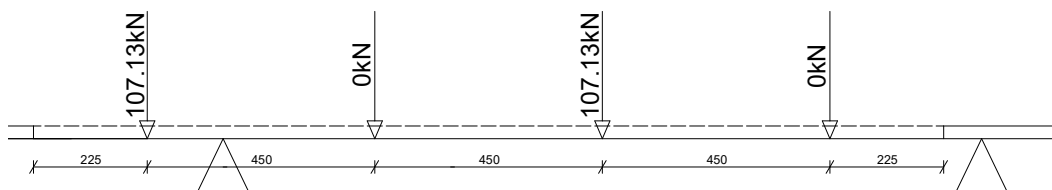
- koncentrirane sile množimo s pripadajućom ordinatom i zbrajamo:

$$Q = 36,53 \cdot (1,16+0,86) + 30,31 \cdot (0,70+0,40) = 107,13 \text{ kN}$$

$$Q = 0 \cdot (1,16+0,86) + 0 \cdot (0,70+0,40) = 0 \text{ kN}$$

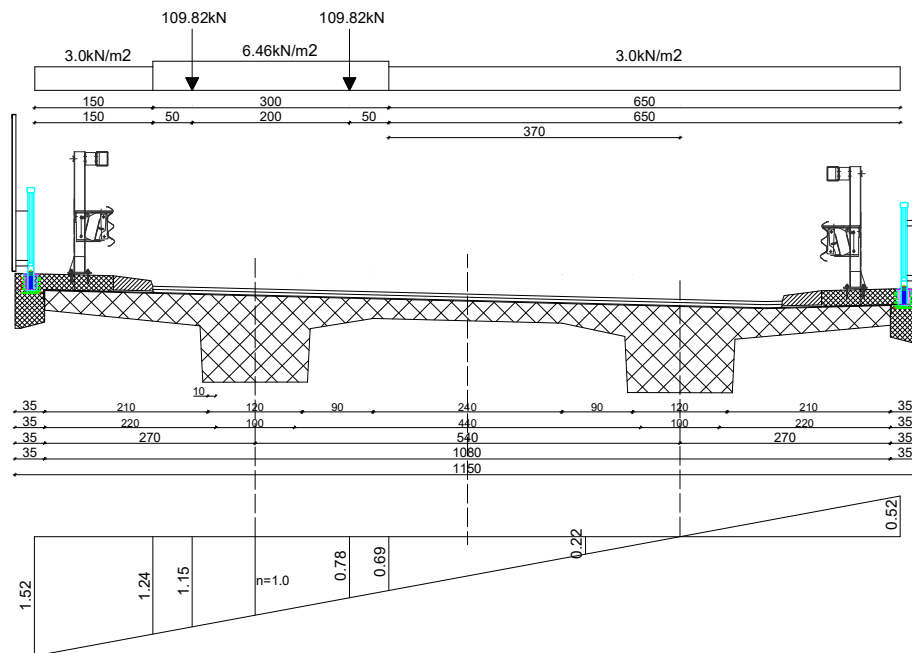
Koncentrirano prometno opterećenje:

$$Q = 107,13 \text{ kN}$$



Slika 7. Prikaz uzdužne raspodjele koncentriranih sila po PTP-u

DIN



Slika 8. Poprečni raspored prometnog opterećenja prema DIN-u

Smanjenje koncentriranih sila radi kontinuiranih po PTP-u

$$L_{sr} = 13.5 \text{ m}$$

$$Kd = 1.4 - 0.008 \times 13.5 = 1.292$$

$$p_1 = 1.292 \times 5 = 6.46 \text{ kN}$$

$$P_1 = 1.292 \times 100 = 129.2 \text{ kN}$$

-smanjenje koncentriranih sila

$$q_R = 6.46 \times 6 \times 3 = 116.28 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{PR} = 116.28/6 = 19.38 \text{ kN/m}^2$$

$$P_1 \text{ (smanjeno)} = 129.2 - 19.38 = 109.82 \text{ Kn}$$

Razdioba opterećenja po DIN-u

- sva kontinuirana opterećenja množimo s površinom ispod utjecajne linije:

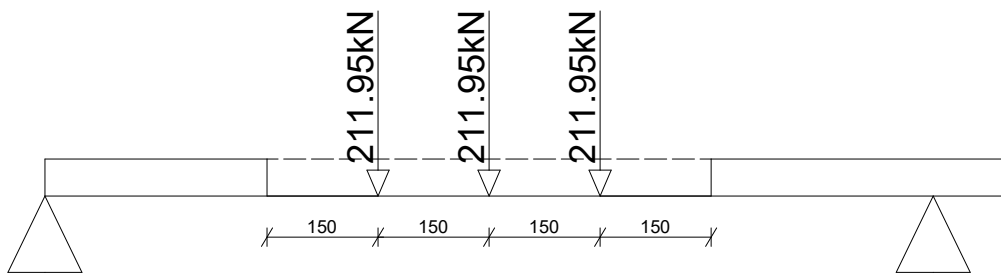
$$q = 1,5 \cdot 3 \cdot \frac{1,52+1,24}{2} + 3,0 \cdot 6,46 \cdot \frac{1,24+0,69}{2} + 3,7 \cdot 3 \cdot \frac{0,69}{2} = 28,74 \text{ kN/m'}$$

Kontinuirano prometno opterećenje: $q = 28,74 \text{ kN/m'}$

- koncentrirane sile množimo s pripadajućom ordinatom i zbrajamo:

$$Q = 109,82 \cdot (1,15+0,78) = 211,95 \text{ kN}$$

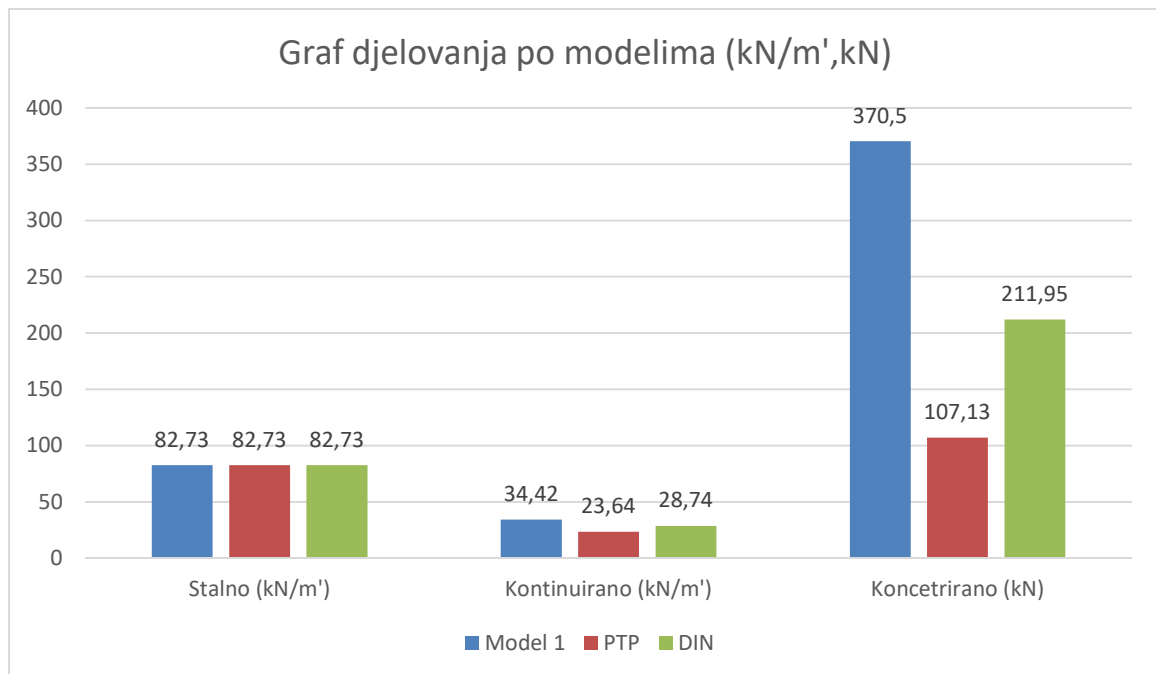
Koncentrirano prometno opterećenje: $Q = 211,95 \text{ kN}$



Slika 9. Prikaz uzdužne raspodjele koncentriranih sila po DIN-u

Tablica 1. Djelovanja po modelima (kN/m', kN)

	Model 1	PTP	DIN
Stalno (kN/m')	82,73	82,73	82,73
Kontinuirano (kN/m')	34,42	23,64	28,74
Koncentrirano (kN)	370,5	107,13	211,95



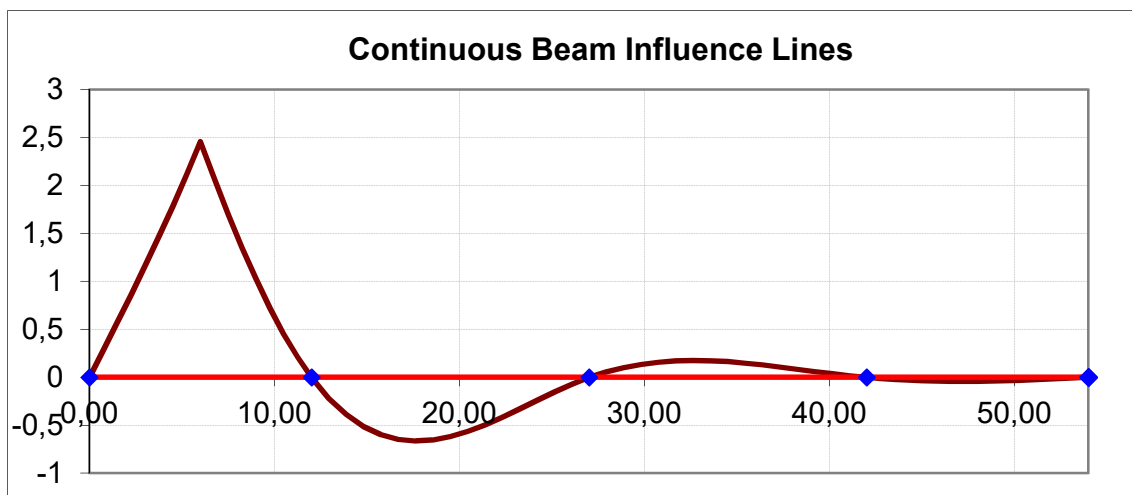
Slika 10. Grafički prikaz djelovanja po modelima (kN/m', kN)

3. STATIČKI PRORAČUN

3.1. Proračun momenata u polju:

3.1.1. Prvo i četvrto polje:

$L_1 = 12\text{m}$, $L_2 = 15\text{m}$, $n=4$



Slika 11. Utjecajna linija s maksimalnom vrijednosti na sredini prvog polja

	Moment	Shear
Maximum Value:	2,4597	0,4099
Minimum Value:	-0,6625	-0,5901
Positive Area:	15,326	1,3688
Negative Area:	-6,4716	-2,8931
Total Area:	8,8544	-1,5243

Model 1

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 34,42 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 370,5 \text{ kN}$$

$$M_g = g \cdot A_t = 82.73 \cdot 8.8544 = 732.52 \text{ kNm}$$

$$M_q = q \cdot A_p = 34.42 \cdot 15.326 = 527.52 \text{ kNm}$$

$$I_{\max} (6\text{m}) = 2.4597$$

$$I_2 (4.8\text{m}) = 1.9159$$

$$M_Q = Q \cdot I_{\max} + Q \cdot I_2 = 370,5 \cdot 2.4597 + 370,5 \cdot 1.9159 = 1621.16 \text{ kNm}$$

PTP

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 23,64 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 107,13 \text{ kN}$$

$$M_g = g \cdot A_t = 82,73 \cdot 8,8544 = 732,52 \text{ kNm}$$

$$M_q = q \cdot A_p = 23,64 \cdot 15,326 = 362,31 \text{ kNm}$$

$$l_{\max} (6\text{m}) = 2,4597$$

$$l_1 (1,5\text{m}) = 0,5727$$

$$l_2 (10,5\text{m}) = 0,4545$$

$$l_3 (15\text{m}) = -0,5323$$

$$M_Q = Q \cdot l_{\max} + Q \cdot l_2 = 107,13 \cdot (2,4597 - 0,5323) + 0 \cdot (0,5727 + 0,4545) = 206,48 \text{ kNm}$$

DIN

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 28,74 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 211,95 \text{ kN}$$

$$M_g = g \cdot A_t = 82,73 \cdot 8,8544 = 732,52 \text{ kNm}$$

$$M_q = q \cdot A_p = 28,74 \cdot 15,326 = 440,47 \text{ kNm}$$

$$l_{\max} (6\text{m}) = 2,4597$$

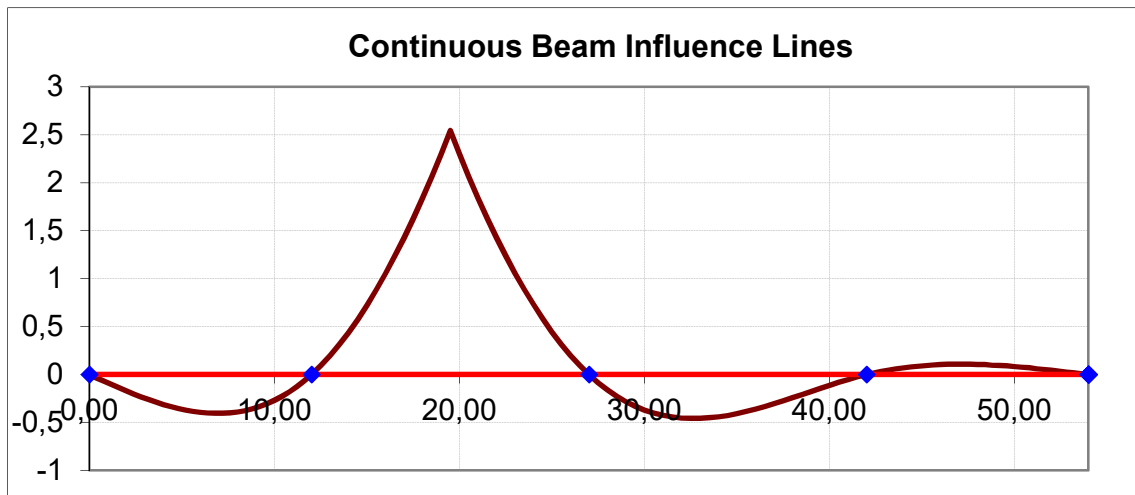
$$l_1 (4,5\text{m}) = 1,7857$$

$$l_2 (7,5\text{m}) = 1,7012$$

$$M_Q = Q \cdot (l_{\max} + l_1 + l_2) = 211,95 \cdot (2,4597 + 1,7857 + 1,7012) = 1260,38 \text{ kNm}$$

3.1.2. Drugo i treće polje:

$$L_1 = 12\text{m}, L_2 = 15\text{m}, n=4$$



Slika 12. Utjecajna linija s maksimalnom vrijednosti na sredini drugog polja

	Moment	Shear
Maximum Value:	2,5428	0,5037
Minimum Value:	-0,4578	-0,4963
Positive Area:	16,905	2,646
Negative Area:	-7,4121	-2,6847
Total Area:	9,4925	-0,0387

Model 1

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 34,42 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 370,5 \text{ kN}$$

$$M_g = g \cdot A_t = 82.73 \cdot 9.4925 = 785.32 \text{ kNm}$$

$$M_q = q \cdot A_p = 34.42 \cdot 16.905 = 581.87 \text{ kNm}$$

$$I_{\max}(7.5\text{m}) = 2.5428$$

$$I_2(8.7\text{m}) = 1.98226$$

$$M_Q = Q \cdot I_{\max} + Q \cdot I_2 = 370,5 \cdot 2.5428 + 370,5 \cdot 1.98226 = 1676.54 \text{ kNm}$$

PTP

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 23,64 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 107,13 \text{ kN}$$

$$M_g = g \cdot A_t = 82,73 \cdot 9,4925 = 785,32 \text{ kNm}$$

$$M_q = q \cdot A_p = 23,64 \cdot 16,905 = 399,63 \text{ kNm}$$

$$I_{\max} (7,5\text{m}) = 2,5428$$

$$I_1 (-1,5\text{m}) = -0,2161$$

$$I_2 (3\text{m}) = 0,7239$$

$$I_3 (12\text{m}) = 0,7310$$

$$M_Q = Q \cdot I_{\max} + Q \cdot I_2 = 107,13 \cdot (2,5428 - 0,2161) + 0 \cdot (0,7239 + 0,7310) = 249,26 \text{ kNm}$$

DIN

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 28,74 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 211,95 \text{ kN}$$

$$M_g = g \cdot A_t = 82,73 \cdot 9,4925 = 785,32 \text{ kNm}$$

$$M_q = q \cdot A_p = 28,74 \cdot 16,905 = 485,85 \text{ kNm}$$

$$I_{\max} (7,5\text{m}) = 2,5428$$

$$I_1 (6\text{m}) = 1,8394$$

$$I_2 (9\text{m}) = 1,8429$$

$$M_Q = Q \cdot (I_{\max} + I_1 + I_2) = 211,95 \cdot (2,5428 + 1,8394 + 1,8429) = 1319,41 \text{ kNm}$$

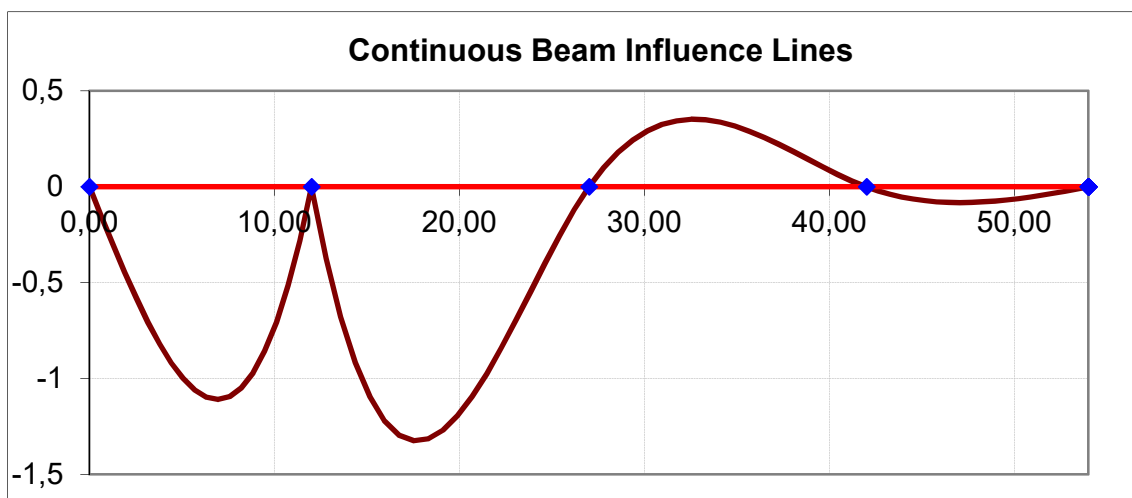
3.2. Proračun momenta nad osloncem:

3.2.1. Prvi i peti oslonac:

$$M_g = 0, M_q = 0, M_Q = 0$$

3.2.2. Drugi i četvrti oslonac:

$$L_1 = 12\text{m}, L_2 = 15\text{m}, n=4$$



Slika 13. Utjecajna linija sa zglobom nad drugim osloncem

	Moment	Shear
Maximum Value:	0,3523	1
Minimum Value:	-1,3243	-0,108
Positive Area:	3,2671	8,4633
Negative Area:	-21,579	-1,0019
Total Area:	-18,312	7,4614

Model 1

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 34,42 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 370,5 \text{ kN}$$

$$M_g = g \cdot A_t = 82,73 \cdot (-18,312) = -1514,95 \text{ kNm}$$

$$M_q = q \cdot A_n = 34,42 \cdot (-21,579) = -742,75 \text{ kNm}$$

$$I_{\min} (5,5\text{m}) = -1,3243$$

$$M_Q = 2 \cdot Q \cdot I_{\min} = 2 \cdot 370,5 \cdot (-1,3243) = -981,31 \text{ kNm}$$

PTP

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 23,64 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 107,13 \text{ kN}$$

$$M_g = g \cdot A_t = 82,73 \cdot (-18,312) = -1514,95 \text{ kNm}$$

$$M_q = q \cdot A_n = 23,64 \cdot (-21,579) = -510,13 \text{ kNm}$$

$$l_{\min}(5\text{m}) = -1,3092$$

$$l_1(-4\text{m}) = -1,0673$$

$$M_Q = Q \cdot (l_{\min} + l_1) = 107,13 \cdot (-1,3092 - 1,0673) = -254,59 \text{ kNm}$$

DIN

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 28,74 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 211,95 \text{ kN}$$

$$M_g = g \cdot A_t = 82,73 \cdot (-18,312) = -1514,95 \text{ kNm}$$

$$M_q = q \cdot A_n = 28,74 \cdot (-21,579) = -620,18 \text{ kNm}$$

$$l_{\min}(18\text{m}) = -1,3226$$

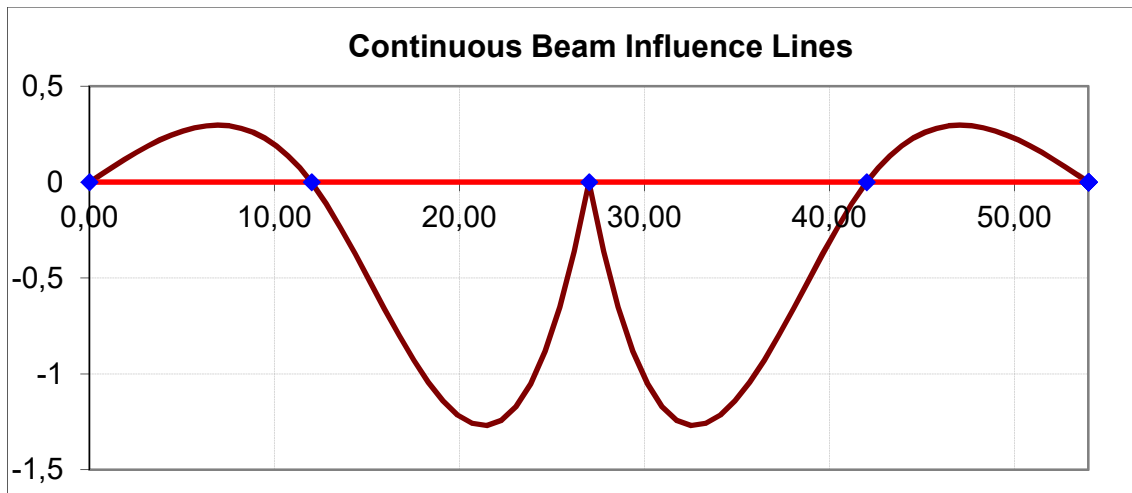
$$l_1(16,5\text{m}) = -1,2772$$

$$l_2(19,5\text{m}) = -1,2345$$

$$M_Q = Q \cdot (l_{\min} + l_1 + l_2) = 211,95 \cdot (-1,3226 - 1,2772 - 1,2345) = -812,68 \text{ kNm}$$

3.2.3. Treći oslonac:

$$L_1 = 12\text{m}, L_2 = 15\text{m}, n=4$$



Slika 14. Utjecajna linija sa zglobom nad trećim osloncem

	Moment	Shear
Maximum Value:	0,298	1
Minimum Value:	-1,2681	-0,0938
Positive Area:	4,6323	8,4651
Negative Area:	-23,523	-0,9265
Total Area:	-18,891	7,5386

Model 1

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 34,42 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 370,5 \text{ kN}$$

$$M_g = g \cdot A_t = 82.73 \cdot (-18.891) = -1562.85 \text{ kNm}$$

$$M_q = q \cdot A_n = 34.42 \cdot (-23.523) = -809.66 \text{ kNm}$$

$$I_{\min} = -1.2681$$

$$M_Q = 2 \cdot Q \cdot I_{\min} = 2 \cdot 370,5 \cdot (-1.2681) = -939.66 \text{ kNm}$$

PTP

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 23,64 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 107,13 \text{ kN}$$

$$M_g = g \cdot A_t = 82,73 \cdot (-18,891) = -1562,85 \text{ kNm}$$

$$M_q = q \cdot A_n = 23,64 \cdot (-23,523) = -556,08 \text{ kNm}$$

$$l_{\min}(4,5\text{m}) = -1,2244$$

$$l_1(-4,5\text{m}) = -1,2244$$

$$M_Q = Q \cdot (l_{\min} + l_1) = 107,13 \cdot (-1,2244 - 1,2244) = -262,34 \text{ kNm}$$

DIN

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 28,74 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 211,95 \text{ kN}$$

$$M_g = g \cdot A_t = 82,73 \cdot (-18,891) = -1562,85 \text{ kNm}$$

$$M_q = q \cdot A_n = 28,74 \cdot (-23,523) = -676,05 \text{ kNm}$$

$$l_{\min}(21\text{m}) = -1,2658$$

$$l_1(19,5\text{m}) = -1,1794$$

$$l_2(22,5\text{m}) = -1,2244$$

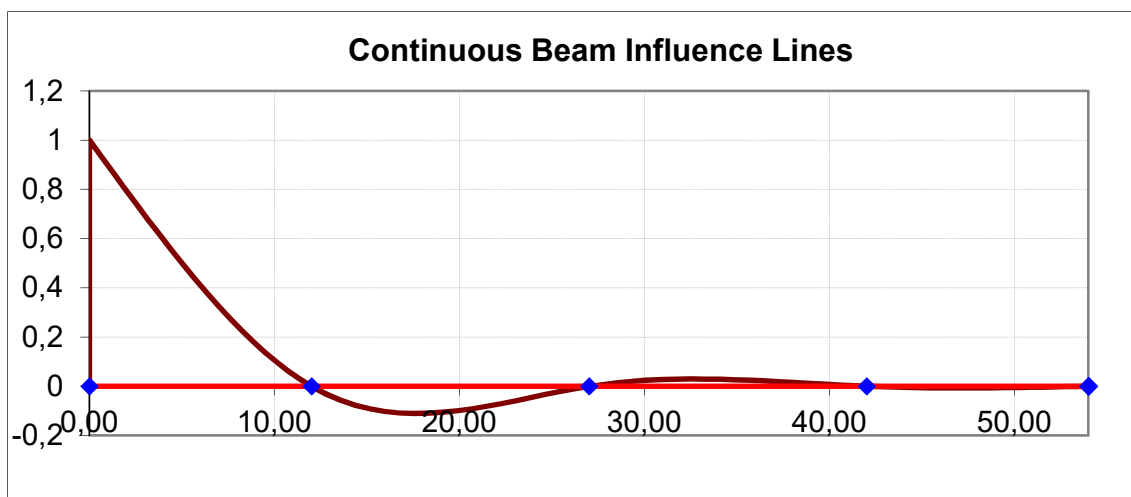
$$M_Q = Q \cdot (l_{\min} + l_1 + l_2) = 211,95 \cdot (-1,2658 - 1,1794 - 1,2244) = -777,79 \text{ kNm}$$

3.3. Proračun poprečnih sila

3.3.1. Prvi i peti oslonac:

$$L_1 = 12\text{m}, L_2 = 15\text{m}, n=4$$

Desna strana prvog oslonca:



Slika 15. Utjecajna linija poprečnih sila nad prvim osloncem s desne strane

	Moment	Shear
Maximum Value:	0	1
Minimum Value:	0	-0,1104
Positive Area:	0	5,5538
Negative Area:	0	-1,0798
Total Area:	0	4,474

Model 1

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 34,42 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 370,5 \text{ kN}$$

$$V_g = g \cdot A_t = 82.73 \cdot 4.474 = 370.13 \text{ kN}$$

$$V_q = q \cdot A_p = 34.42 \cdot 5.5538 = 191.16 \text{ kN}$$

$$I_{\max} = 1.00$$

$$V_Q = 2 \cdot Q \cdot I_{\max} = 2 \cdot 370.5 \cdot 1.00 = 741,0 \text{ kN}$$

PTP

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 23,64 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 107,13 \text{ kN}$$

$$V_g = g \cdot A_t = 82,73 \cdot 4,474 = 370,13 \text{ kN}$$

$$V_q = q \cdot A_p = 23,64 \cdot 5,5538 = 131,29 \text{ kN}$$

$$I_{\max} (0\text{m}) = 1,00$$

$$I_1 (9\text{m}) = 0,1712$$

$$M_Q = Q \cdot (I_{\max} + I_1) = 107,13 \cdot (1,00 + 0,1712) = 125,47 \text{ kNm}$$

DIN

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 28,74 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 211,95 \text{ kN}$$

$$V_g = g \cdot A_t = 82,73 \cdot 4,474 = 370,13 \text{ kN}$$

$$V_q = q \cdot A_p = 28,74 \cdot 5,5538 = 159,62 \text{ kN}$$

$$I_{\max} (0\text{m}) = 1,00$$

$$I_1 (1,5\text{m}) = 0,8455$$

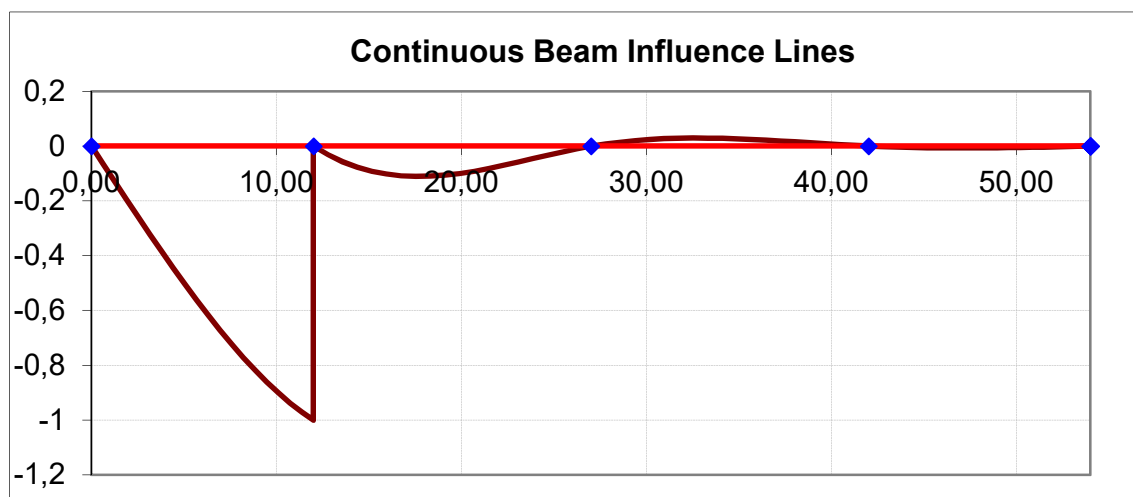
$$I_2 (3\text{m}) = 0,6937$$

$$M_Q = Q \cdot (I_{\max} + I_1 + I_2) = 211,95 \cdot (1,00 + 0,8455 + 0,6937) = 538,20 \text{ kNm}$$

3.3.2. Drugi i četvrti oslonac:

$$L_1 = 12\text{m}, L_2 = 15\text{m}, n=4$$

Lijeva strana drugog oslonca:



Slika 16. Utjecajna linija poprečnih sila nad drugim osloncem s lijeve strane

	Moment	Shear
Maximum Value:	0,3523	0,0294
Minimum Value:	-1,3243	-1
Positive Area:	3,2671	0,2723
Negative Area:	-21,579	-7,7983
Total Area:	-18,312	-7,526

Model 1

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 34,42 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 370,5 \text{ kN}$$

$$V_g^I = g \cdot A_t = 82.73 \cdot (-7.526) = -622.63 \text{ kN}$$

$$V_q^I = q \cdot A_n = 34.42 \cdot (-7.7983) = -268.42 \text{ kN}$$

$$I_{\min} = -1.00$$

$$V_Q^I = 2 \cdot Q \cdot I_{\min} = 2 \cdot 370.5 \cdot (-1.00) = -741,0 \text{ kN}$$

PTP

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 23,64 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 107,13 \text{ kN}$$

$$V_g^I = g \cdot A_t = 82.73 \cdot (-7.526) = -622.63 \text{ kN}$$

$$V_q^I = q \cdot A_n = 23.64 \cdot (-7.7983) = -184.35 \text{ kN}$$

$$I_{\min} (12\text{m}) = -1.00$$

$$I_1 (3\text{m}) = -0.3063$$

$$M_Q = Q \cdot (I_{\min} + I_1) = 107,13 \cdot (-1.00 - 0,3063) = -139.94 \text{ kNm}$$

DIN

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 28,74 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 211,95 \text{ kN}$$

$$V_g^I = g \cdot A_t = 82.73 \cdot (-7.526) = -622.63 \text{ kN}$$

$$V_q^I = q \cdot A_n = 28.74 \cdot (-7.7983) = -224.12 \text{ kN}$$

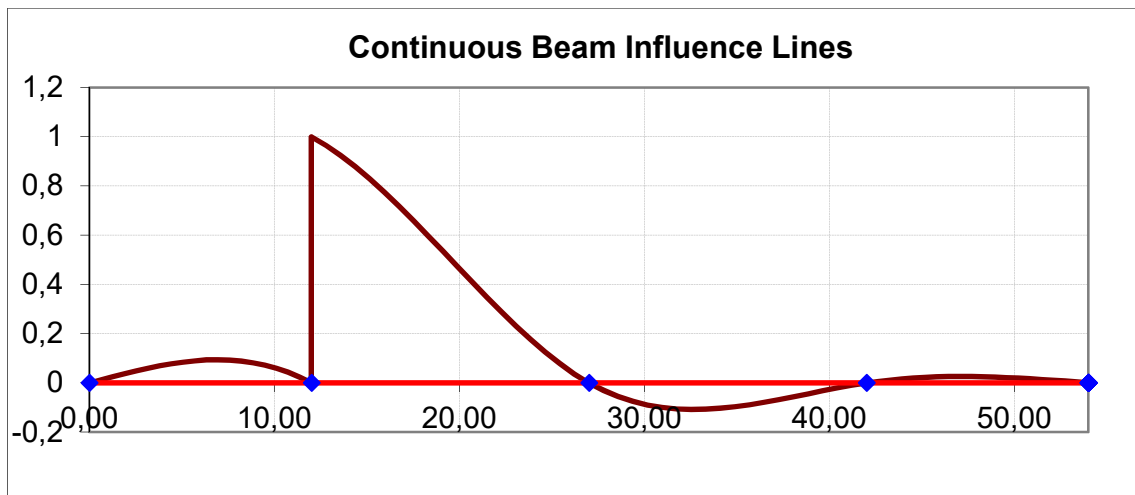
$$I_{\min} (12\text{m}) = -1.00$$

$$I_1 (9\text{m}) = -0.8288$$

$$I_2 (10,5\text{m}) = -0.9243$$

$$M_Q = Q \cdot (I_{\min} + I_1 + I_2) = 211,95 \cdot (-1.00 - 0.8288 - 0,9243) = -583.52 \text{ kNm}$$

Desna strana drugog oslonca:



Slika 17. Utjecajna linija poprečnih sila nad drugim osloncem s desne strane

	Moment	Shear
Maximum Value:	0,3523	1
Minimum Value:	-1,3243	-0,108
Positive Area:	3,2671	8,4633
Negative Area:	-21,579	-1,0019
Total Area:	-18,312	7,4614

Model 1

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 34,42 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 370,5 \text{ kN}$$

$$V_g^d = g \cdot A_t = 82.73 \cdot 7.4614 = 617.28 \text{ kN}$$

$$V_q^d = q \cdot A_n = 34.42 \cdot 8.4633 = 291.31 \text{ kN}$$

$$I_{\max} = 1.00$$

$$V_Q^d = 2 \cdot Q \cdot I_{\max} = 2 \cdot 370.5 \cdot 1.00 = 741,0 \text{ kN}$$

PTP

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 23,64 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 107,13 \text{ kN}$$

$$V_g^d = g \cdot A_t = 82,73 \cdot 7,4614 = 617,28 \text{ kN}$$

$$V_q^d = q \cdot A_n = 23,64 \cdot 8,4633 = 200,07 \text{ kN}$$

$$l_{\max}^d (12\text{m}) = 1,00$$

$$l_1 (21\text{m}) = 0,3855$$

$$M_Q = Q \cdot (l_{\max} + l_1) = 107,13 \cdot (1,00 + 0,3855) = 148,43 \text{ kNm}$$

DIN

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 28,74 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 211,95 \text{ kN}$$

$$V_g^d = g \cdot A_t = 82,73 \cdot 7,4614 = 617,28 \text{ kN}$$

$$V_q^d = q \cdot A_n = 28,74 \cdot 8,4633 = 243,24 \text{ kN}$$

$$l_{\max}^d (12\text{m}) = 1,00$$

$$l_1 (13,5\text{m}) = 0,9284$$

$$l_2 (15\text{m}) = 0,8385$$

$$M_Q = Q \cdot (l_{\max} + l_1 + l_2) = 211,95 \cdot (1,00 + 0,9284 + 0,8385) = 586,45 \text{ kNm}$$

Ukupne poprečne sile:

Model 1

$$V_g = V_g^l + V_g^d = 622,63 + 617,28 = 1239,91 \text{ kN}$$

$$V_q = V_q^l + V_q^d = 268,42 + 291,31 = 559,73 \text{ kN}$$

$$V_Q = V_Q^l + V_Q^d = 741,0 + 741,0 = 1482,0 \text{ kN}$$

PTP

$$V_g = V_g^l + V_g^d = 622,63 + 617,28 = 1239,91 \text{ kN}$$

$$V_q = V_q^l + V_q^d = 184,35 + 200,07 = 384,42 \text{ kN}$$

$$V_Q = V_Q^l + V_Q^d = 139,94 + 148,43 = 288,37 \text{ kN}$$

DIN

$$V_g = V_g^l + V_g^d = 622,63 + 617,28 = 1239,91 \text{ kN}$$

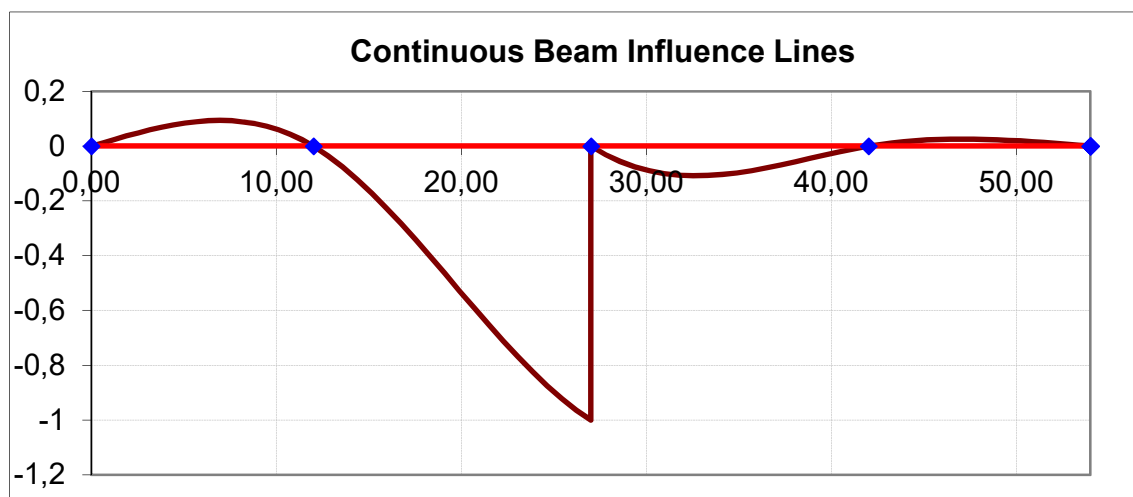
$$V_q = V_q^l + V_q^d = 224,12 + 243,24 = 467,36 \text{ kN}$$

$$V_Q = V_Q^l + V_Q^d = 583,52 + 586,45 = 1169,97 \text{ kN}$$

3.3.3. Treći oslonac:

$$L_1 = 12\text{m}, L_2 = 15\text{m}, n=5$$

Lijeva strana trećeg oslonca:



Slika 18. Utjecajna linija poprečnih sila nad trećim osloncem s lijeve strane

	Moment	Shear
Maximum Value:	0,298	0,0938
Minimum Value:	-1,2681	-1
Positive Area:	4,6323	0,9265
Negative Area:	-23,523	-8,4651
Total Area:	-18,891	-7,5386

Model 1

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 34,42 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 370,5 \text{ kN}$$

$$V_g^I = g \cdot A_t = 82,73 \cdot (-7,5386) = -623,67 \text{ kN}$$

$$V_q^I = q \cdot A_n = 34,42 \cdot (-8,4651) = -291,37 \text{ kN}$$

$$I_{\min} = -1,00$$

$$V_Q^I = 2 \cdot Q \cdot I_{\min} = 2 \cdot 370,5 \cdot (-1,00) = -741,0 \text{ kN}$$

PTP

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 23,64 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 107,13 \text{ kN}$$

$$V_g^I = g \cdot A_t = 82,73 \cdot (-7,5386) = -623,67 \text{ kN}$$

$$V_q^I = q \cdot A_n = 23,64 \cdot (-8,4651) = -200,12 \text{ kN}$$

$$I_{\min} (27\text{m}) = -1,00$$

$$I_1 (18\text{m}) = -0,3784$$

$$M_Q = Q \cdot (I_{\min} + I_1) = 107,13 \cdot (-1,00 - 0,3784) = -147,67 \text{ kNm}$$

DIN

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 28,74 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 211,95 \text{ kN}$$

$$V_g^I = g \cdot A_t = 82,73 \cdot (-7,5386) = -623,67 \text{ kN}$$

$$V_q^I = q \cdot A_n = 28,74 \cdot (-8,4651) = -243,29 \text{ kN}$$

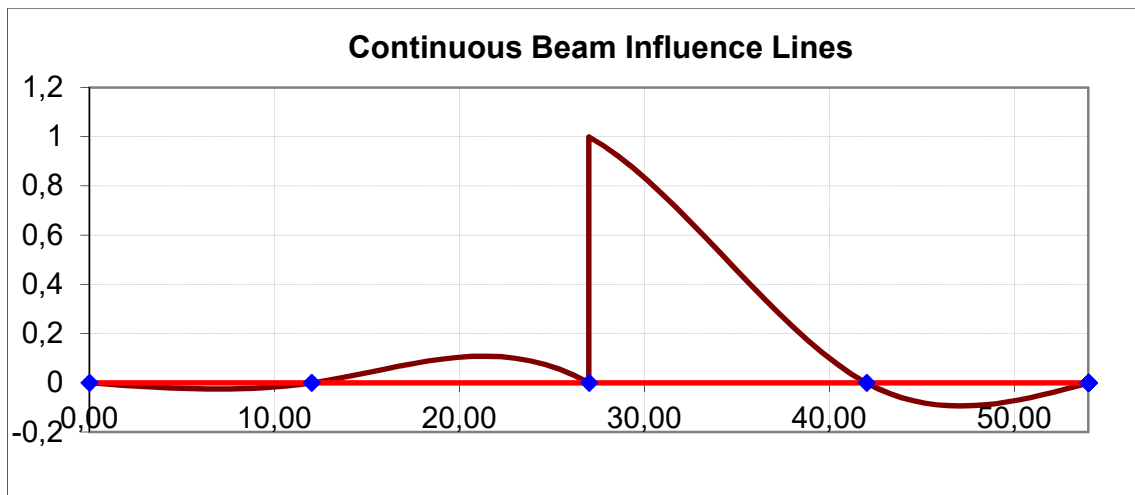
$$I_{\min} (27\text{m}) = -1,00$$

$$I_1 (24\text{m}) = -0,8337$$

$$I_2 (25,5\text{m}) = -0,9257$$

$$M_Q = Q \cdot (I_{\min} + I_1 + I_2) = 211,95 \cdot (-1,00 - 0,8337 - 0,9257) = -584,85 \text{ kNm}$$

Desna strana trećeg oslonca:



Slika 19. Utjecajna linija poprečnih sila nad trećim osloncem s desne strane

	Moment	Shear
Maximum Value:	0,298	1
Minimum Value:	-1,2681	-0,0938
Positive Area:	4,6323	8,4651
Negative Area:	-23,523	-0,9265
Total Area:	-18,891	7,5386

Model 1

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 34,42 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 370,5 \text{ kN}$$

$$V_g^d = g \cdot A_t = 82,73 \cdot 7,5386 = 623,67 \text{ kN}$$

$$V_q^d = q \cdot A_n = 34,42 \cdot 8,4651 = 291,37 \text{ kN}$$

$$I_{\max} = 1,00$$

$$V_Q^d = 2 \cdot Q \cdot I_{\max} = 2 \cdot 370,5 \cdot 1,00 = 741,0 \text{ kN}$$

PTP

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 23,64 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 107,13 \text{ kN}$$

$$V_g^d = g \cdot A_t = 82,73 \cdot 7,5386 = 623,67 \text{ kN}$$

$$V_q^d = q \cdot A_n = 23,64 \cdot 8,4651 = 200,12 \text{ kN}$$

$$l_{\max} (27\text{m}) = 1,00$$

$$l_1 (36\text{m}) = 0,3784$$

$$M_Q = Q \cdot (l_{\max} + l_1) = 107,13 \cdot (+1,00 + 0,3784) = 147,67 \text{ kNm}$$

DIN

$$g = 82,73 \text{ kN/m}' \quad q_{uk} = 28,74 \text{ kN/m}' \quad Q_{uk} = 211,95 \text{ kN}$$

$$V_g^d = g \cdot A_t = 82,73 \cdot 7,5386 = 623,67 \text{ kN}$$

$$V_q^d = q \cdot A_n = 28,74 \cdot 8,4651 = 243,29 \text{ kN}$$

$$l_{\max} (27\text{m}) = 1,00$$

$$l_1 (28,5\text{m}) = 0,9257$$

$$l_2 (30\text{m}) = 0,8337$$

$$M_Q = Q \cdot (l_{\max} + l_1 + l_2) = 211,95 \cdot (1,00 + 0,9257 + 0,8337) = 584,85 \text{ kNm}$$

Ukupne poprečne sile:

Model 1

$$V_g = V_g^l + V_g^d = 623.67 + 623.67 = 1247,34 \text{ kN}$$

$$V_q = V_q^l + V_q^d = 291.37 + 291.37 = 582,74 \text{ kN}$$

$$V_Q = V_Q^l + V_Q^d = 741,0 + 741,0 = 1482,0 \text{ kN}$$

PTP

$$V_g = V_g^l + V_g^d = 623.67 + 623.67 = 1247,34 \text{ kN}$$

$$V_q = V_q^l + V_q^d = 200.12 + 200.12 = 400,24 \text{ kN}$$

$$V_Q = V_Q^l + V_Q^d = 147,67 + 147,67 = 295,34 \text{ kN}$$

DIN

$$V_g = V_g^l + V_g^d = 623.67 + 623.67 = 1247,34 \text{ kN}$$

$$V_q = V_q^l + V_q^d = 243.29 + 243.29 = 486,58 \text{ kN}$$

$$V_Q = V_Q^l + V_Q^d = 584,85 + 584,85 = 1169,7 \text{ kN}$$

4.DIMENZIONIRANJE

4.1. DIMENZIONIRANJE NA OPTEREĆENJE MODELOM 1

PRETPOSTAVKE, ZNAČAJKE GRADIVA I PRESJEKA

Gradiva:

Beton: C 30/37($f_{ck} / f_{ck,cube}$ valjak/kocka)

Čelik: B500B($f_{yk} / f_{tk} = 500/540$)

Proračunska čvrstoća betona:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \cdot 30 / 1,5 = 17,0 \text{ N/mm}^2 = 1,7 \text{ kN/cm}^2$$

Srednja osna vlačna čvrstoća betona:

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2 = 0,29 \text{ kN/cm}^2$$

Proračunska granica popuštanja čelika za armiranje:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500,0 / 1,15 = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,478 \text{ kN/cm}^2$$

Visina presjeka u osi rebra: $h = 100,0 \text{ cm}$

Zaštitni sloj betona: $c = 5,0 \text{ cm}$

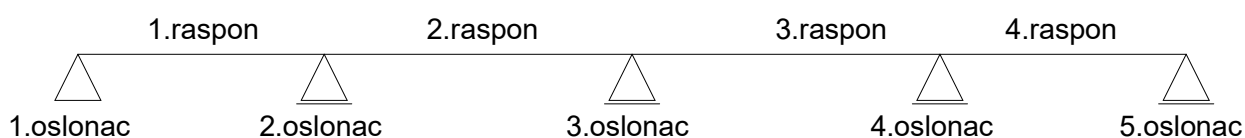
Srednja širina hrpta rebra: $b_w = 115,0 \text{ cm}$

Statička visina presjeka (ležaj – pretpostavljeno armiranje u 1 red):

$$d = h - c - \phi_v - \phi_u / 2 = 100,0 - 5,0 - 1,2 - 2,8 / 2 = 92,4 \text{ cm}$$

Statička visina presjeka (polje – pretpostavljeno armiranje u 2 reda):

$$d = h - c - \phi_v - \phi_u - \phi_u / 2 = 100,0 - 5,0 - 1,2 - 2,8 - 2,8 / 2 = 89,6 \text{ cm}$$



Slika 20. Statička shema uzdužnog presjeka

4.1.1. DIMENZIONIRANJE NA SAVIJANJE - UZDUŽNA ARMATURA

Presjek u polju prvog i četvrtog raspona mosta – armatura donje zone

Sudjelujuća širina ploče u vanjskom (prvom i četvrtog) rasponu mosta:

$$b_{\text{eff}} = 1,2 + 1,44 + 1,44 = 4,08 \text{ m} < b = 5,75 \text{ m}$$

Maksimalni računski moment savijanja u polju:

$$M_{\text{Ed}} = 1,35 M_g + 1,35 (M_q + M_Q) = 1,35 \cdot 732,52 + 1,35 \cdot (527,52 + 1621,15) = 3889,61 \text{ kNm}$$

Bezdimenzijski koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{388961}{408,0 \cdot 92,4^2 \cdot 1,7} = 0,066$$

$$\mu_{\text{Rd}} = 0,066 \rightarrow \zeta = 0,962$$

Potrebna površina armature u polju 1:

$$A_{s1,\text{rqd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{388961}{0,962 \cdot 92,4 \cdot 43,478} = 100,64 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s1,\text{min}} = 0,26 \cdot \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{\text{yk}}} \cdot b_w \cdot d = 0,26 \cdot \frac{0,29}{50,0} \cdot 115,0 \cdot 92,4 = 16,03 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,\text{min}} = 0,0013 \cdot b_w \cdot d = 0,0013 \cdot 115,0 \cdot 92,4 = 13,82 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s1,\text{max}} = 0,022 \cdot A_c = 0,022 \cdot 2,5 \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_f = 0,022 \cdot 2,5 \cdot 408,0 \cdot 32,5 = 729,3 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\text{max}} = 0,04 \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_f = 0,04 \cdot 408,0 \cdot 32,5 = 530,4 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

ODABRANO: $17\phi 28 (104,63 \text{ cm}^2) > A_{s1,\text{rqd}} = 100,64 \text{ cm}^2$

Presjek u polju drugog i trećeg raspona mosta – armatura donje zone

Sudjelujuća širina ploče u (drugom i trećeg) rasponu mosta:

$$b_{\text{eff}} = 1,2 + 1,47 + 1,47 = 4,14 \text{ m} < b = 5,75 \text{ m}$$

Maksimalni računski moment savijanja u polju:

$$M_{\text{Ed}} = 1,35 M_g + 1,35 (M_q + M_Q) = 1,35 \cdot 785,32 + 1,35 \cdot (581,87 + 1676,54) = 4109,04 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{410904}{414,0 \cdot 92,4^2 \cdot 1,7} = 0,068$$

$$\mu_{\text{Rd}} = 0,070 \rightarrow \zeta = 0,960$$

Potrebna površina armature u polju :

$$A_{s1,\text{rqd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{410904}{0,960 \cdot 92,4 \cdot 43,478} = 106,54 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s1,\text{min}} = 0,26 \cdot \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{\text{yk}}} \cdot b_w \cdot d = 0,26 \cdot \frac{0,29}{50,0} \cdot 115,0 \cdot 92,4 = 16,03 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,\text{min}} = 0,0013 \cdot b_w \cdot d = 0,0013 \cdot 115,0 \cdot 92,4 = 13,82 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s1,\text{max}} = 0,022 \cdot A_c = 0,022 \cdot 2,5 \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_f = 0,022 \cdot 2,5 \cdot 414,0 \cdot 32,5 = 740,03 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\text{max}} = 0,04 \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_f = 0,04 \cdot 414,0 \cdot 32,5 = 538,2 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

ODABRANO: $18\phi 28 (110,78 \text{ cm}^2) > A_{s1} = 106,54 \text{ cm}^2$

Presjek nad prvim i krajnjim osloncem mosta - armatura gornje zone

Maksimalni računski moment savijanja nad krajnjim ležajem pretpostavlja se da je 25% momenta savijanja iz prvog polja.

$$M_{Ed} = 0,25 \cdot M_{Ed} = 0,25 \cdot 3889,61 = 972,40 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{97240}{115,0 \cdot 92,4^2 \cdot 1,7} = 0,058$$

$$\mu_{Rd} = 0,059 \rightarrow \zeta = 0,966$$

Potrebna površina armature nad krajnjim ležajem:

$$A_{s1, rzd} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{97240}{0,966 \cdot 92,4 \cdot 43,478} = 25,06 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s1, min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_{eff} \cdot d = 0,26 \cdot \frac{0,29}{50,0} \cdot 408,0 \cdot 92,4 = 56,85 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1, min} = 0,0013 \cdot b_{eff} \cdot d = 0,0013 \cdot 408,0 \cdot 92,4 = 49,01 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s1, max} = 0,022 \cdot b_w \cdot h = 0,022 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 253,0 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1, max} = 0,04 \cdot b_w \cdot h = 0,04 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 460,0 \text{ cm}^2$$

ODABRANO: $10\phi 28 (61,58 \text{ cm}^2) > A_{s1, rzd} = 25,06 \text{ cm}^2$

Presjek nad drugim i četvrtim osloncem mosta - armatura gornje zone

$$b_{\text{eff}} = 1,2 + 0,81 + 0,81 = 2,82 \text{ m} < b = 5,75 \text{ m}$$

Maksimalni računski moment savijanja nad ležajem:

$$M_{\text{Ed}} = 1,35 M_g + 1,35 (M_q + M_Q) = 1,35 \cdot 1514,95 + 1,35 \cdot (742,75 + 981,31) = 4372,66 \text{ kNm}$$

Maksimalna računska reakcija na ležaju:

$$R_{\text{Ed}} = 1,35 R_g + 1,35 (R_q + R_Q) = 1,35 \cdot 1239,91 + 1,35 \cdot (559,73 + 1482,0) = 4430,21 \text{ kN}$$

Redukcija momenta savijanja na ležaju:

$$t = 40,0 \text{ cm} - \text{širina ležaja 2}$$

$$\Delta M_{\text{Ed}} = \frac{R_{\text{Ed}} \cdot t}{8} = \frac{4430,21 \cdot 0,4}{8} = 221,51 \text{ kNm}$$

Reducirani moment savijanja na ležaju:

$$M_{\text{Ed,red}} = M_{\text{Ed}} - \Delta M_{\text{Ed}} = 4372,66 - 221,51 = 4151,15 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed,red}}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{415115}{115,0 \cdot 92,4^2 \cdot 1,7} = 0,249$$

$$\mu_{\text{Rd}} = 0,253 \rightarrow \zeta = 0,847$$

Potrebna površina armature nad ležajem:

$$A_{s1,\text{rqd}} = \frac{M_{\text{Ed,red}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{415115}{0,847 \cdot 92,4 \cdot 43,478} = 121,99 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s1,\text{min}} = 0,26 \cdot \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{\text{yk}}} \cdot b_{\text{eff}} \cdot d = 0,26 \cdot \frac{0,29}{50,0} \cdot 282,0 \cdot 92,4 = 39,29 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,\text{min}} = 0,0013 \cdot b_{\text{eff}} \cdot d = 0,0013 \cdot 282,0 \cdot 92,4 = 33,87 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s1,\text{max}} = 0,022 \cdot b_w \cdot h = 0,022 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 253,0 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,\text{max}} = 0,04 \cdot b_w \cdot h = 0,04 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 460,0 \text{ cm}^2$$

ODABRANO: $20\phi 28 (123,08 \text{ cm}^2) > A_{s1,\text{rqd}} = 121,99 \text{ cm}^2$

Presjek nad trećim osloncem mosta - armatura gornje zone

$$b_{\text{eff}} = 1,2 + 0,87 + 0,87 = 2,94 \text{ m} < b = 5,75 \text{ m}$$

Maksimalni računski moment savijanja nad ležajem:

$$M_{\text{Ed}} = 1,35 M_g + 1,35 (M_q + M_Q) = 1,35 \cdot 1562,85 + 1,35 \cdot (809,66 + 939,66) = 4471,43 \text{ kNm}$$

Maksimalna računska reakcija na ležaju:

$$R_{\text{Ed}} = 1,35 R_g + 1,35 (R_q + R_Q) = 1,35 \cdot 1247,34 + 1,35 \cdot (582,74 + 1482,0) = 4471,31 \text{ kN}$$

Redukcija momenta savijanja na ležaju:

$$t = 40,0 \text{ cm} - \text{širina ležaja 2}$$

$$\Delta M_{\text{Ed}} = \frac{R_{\text{Ed}} \cdot t}{8} = \frac{4471,31 \cdot 0,4}{8} = 223,57 \text{ kNm}$$

Reducirani moment savijanja na ležaju:

$$M_{\text{Ed,red}} = M_{\text{Ed}} - \Delta M_{\text{Ed}} = 4471,43 - 223,57 = 4247,86 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed,red}}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{424786}{115,0 \cdot 92,4^2 \cdot 1,7} = 0,255$$

$$\mu_{\text{Rd}} = 0,264 \rightarrow \zeta = 0,838$$

Potrebna površina armature nad ležajem:

$$A_{s1,\text{rqd}} = \frac{M_{\text{Ed,red}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{424786}{0,838 \cdot 92,4 \cdot 43,478} = 126,18 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s1,\text{min}} = 0,26 \cdot \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{\text{yk}}} \cdot b_{\text{eff}} \cdot d = 0,26 \cdot \frac{0,29}{50,0} \cdot 294,0 \cdot 92,4 = 40,97 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,\text{min}} = 0,0013 \cdot b_{\text{eff}} \cdot d = 0,0013 \cdot 294,0 \cdot 92,4 = 35,32 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s1,\text{max}} = 0,022 \cdot b_w \cdot h = 0,022 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 253,0 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,\text{max}} = 0,04 \cdot b_w \cdot h = 0,04 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 460,0 \text{ cm}^2$$

ODABRANO: $21\phi 28 (129,24 \text{ cm}^2) > A_{s1,\text{rqd}} = 126,18 \text{ cm}^2$

4.1.2. DIMENZIONIRANJE NA POPREČNE SILE - VILICE

LEŽAJEVI 1 desno i 5 lijevo – (presjek nad krajnjim ležajevima)

Maksimalna računaska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot V_g + 1,35 \cdot (V_q + V_Q)$$

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot 370,13 + 1,35 \cdot (191,16 + 741,0) = 1758,09 \text{ kN}$$

Redukcija poprečne sile na ležaju zbog širine ležaja $b_{ležaj} = 40,0 \text{ cm}$

$$\Delta V_{Ed} = (1,35 \cdot g + 1,35 \cdot q) \cdot \left(\frac{b_{ležaj}}{2} + d \right)$$

$$\Delta V_{Ed} = (1,35 \cdot 82,73 + 1,35 \cdot 34,42) \cdot \left(\frac{0,40}{2} + 0,924 \right) = 177,76 \text{ kN}$$

Reducirana računaska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = 1758,09 - 177,76 = 1580,33 \text{ kN}$$

Nosivost presjeka na poprečne sile bez poprečne armature

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{924}} = 1,47 < 2,0$$

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,47^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0,342$$

Pretpostavka: barem $9\phi 28$ ($A_{s1} = 55,39 \text{ cm}^2$) sidri se u polju na udaljenosti $l_{bd} + d$ od promatranog presjeka

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} = \frac{55,39}{115 \cdot 92,4} = 0,00521$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,47 \cdot (100 \cdot 0,00521 \cdot 30)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,00] \cdot 1150 \cdot 924 = 468656 \text{ N} = 468,7 \text{ kN}$$

$$(v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,342 + 0,15 \cdot 0,00) \cdot 1150 \cdot 924 = 363409 \text{ N} = 363,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 468,7 \text{ kN} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 363,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta}$$

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{30}{250} \right] = 0,528$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 92,4 = 83,16 \text{ cm}; \quad \Theta = 39,8^\circ$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1,0 \cdot 1150 \cdot 831,6 \cdot 0,528 \cdot 17,0}{\cot 39,8^\circ + \tan 39,8^\circ} = 4221541 \text{ N} = 4221,5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 468,7 < V_{Ed,red} = 1580,33 < V_{Rd,max} = 4221,5 \text{ kN}$$

→ potreban je proračun poprečne armature

Pretpostavljamo četverorezne ($m = 4$) vilice $\phi 12$ ($A_{sw} = 4,52 \text{ cm}^2$).

Proračunska granica popuštanja vilica:

$$f_{ywd} = f_{yw}/\gamma_s = 500/1,15 = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,478 \text{ kN/cm}^2$$

Potreban razmak vilica:

$$s_1 = \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta}{V_{Ed,red}} = \frac{4,52 \cdot 83,16 \cdot 43,478 \cdot \cot 39,8^\circ}{1580,33} = 12,41 \text{ cm}$$

Maksimalni razmak vilica (minimalna poprečna armatura):

1. uvjet:

$$s_{1,max} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha} ; \rho_{w,min} = \min \left\{ 0,15 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} ; 0,08 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yk}}} \right\}$$

$$\rho_{w,min} = 0,15 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = 0,15 \cdot \frac{0,29}{43,478} = 0,001$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yk}}} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{30}}{500} = 0,00088 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$s_{1,max} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{4,52}{0,00088 \cdot 115 \cdot 1,0} = 44,66 \text{ cm}$$

Za $V_{Ed} = 1580,33 \text{ kN} \leq 0,3V_{Rd,max} = 1647,63 \text{ kN}$ najveći raspon $s_{w,max}$ mora biti manji od $0,75d = 69,3 \text{ cm}$.

Za mostove preporučeni dopušteni uzdužni razmak vilica $s_{w,max} = 25 \text{ cm}$.

ODABRANO: $\phi 12 / 12,0 \text{ cm}$ ($m = 4$)

LEŽAJEVI 2 lijevo i 4 desno

Maksimalna računaska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot V_g + 1,35 \cdot (V_q + V_Q)$$

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot 622,63 + 1,35 \cdot (268,42 + 741,0) = 2203,27 \text{ kN}$$

Redukcija poprečne sile na ležaju zbog širine ležaja $b_{ležaj} = 40,0 \text{ cm}$

$$\Delta V_{Ed} = (1,35 \cdot g + 1,35 \cdot q) \cdot \left(\frac{b_{ležaj}}{2} + d \right)$$

$$\Delta V_{Ed} = (1,35 \cdot 82,73 + 1,35 \cdot 34,42) \cdot \left(\frac{0,40}{2} + 0,924 \right) = 177,76 \text{ kN}$$

Reducirana računaska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = 2203,27 - 177,76 = 2025,51 \text{ kN}$$

Nosivost presjeka na poprečne sile bez poprečne armature

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{924}} = 1,47 < 2,0$$

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,47^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0,342$$

Pretpostavka: barem $10\phi 28$ ($A_{s1} = 61,54 \text{ cm}^2$) sidri se u polju na udaljenosti $l_{bd} + d$ od promatranog presjeka

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} = \frac{61,54}{115 \cdot 92,4} = 0,00579$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,47 \cdot (100 \cdot 0,00579 \cdot 30)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,00] \cdot 1150 \cdot 924 = 485439 \text{ N} = 485,4 \text{ kN}$$

$$(v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,342 + 0,15 \cdot 0,00) \cdot 1150 \cdot 924 = 363409 \text{ N} = 363,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 485,4 \text{ kN} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 363,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta}$$

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{30}{250} \right] = 0,528$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 92,4 = 83,16 \text{ cm}; \quad \Theta = 39,8^\circ$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1,0 \cdot 1150 \cdot 83,16 \cdot 0,528 \cdot 17,0}{\cot 39,8^\circ + \tan 39,8^\circ} = 4221541 \text{ N} = 4221,5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 485,4 < V_{Ed,red} = 2025,51 < V_{Rd,max} = 4221,5 \text{ kN}$$

→ potreban je proračun poprečne armature

Pretpostavljamo četverorezne ($m = 4$) vilice $\phi 12$ ($A_{sw} = 4,52 \text{ cm}^2$).

Proračunska granica popuštanja vilica:

$$f_{ywd} = f_{yw}/\gamma_s = 500/1,15 = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,478 \text{ kN/cm}^2$$

Potreban razmak vilica:

$$s_1 = \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta}{V_{Ed,red}} = \frac{4,52 \cdot 83,16 \cdot 43,478 \cdot \cot 39,8^\circ}{2025,51} = 9,68 \text{ cm}$$

Maksimalni razmak vilica (minimalna poprečna armatura):

1. uvjet:

$$s_{1,max} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha} ; \rho_{w,min} = \min \left\{ 0,15 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} ; 0,08 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yk}}} \right\}$$

$$\rho_{w,min} = 0,15 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = 0,15 \cdot \frac{0,29}{43,478} = 0,001$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yk}}} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{30}}{500} = 0,00088 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$s_{1,max} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{4,52}{0,00088 \cdot 115 \cdot 1,0} = 44,66 \text{ cm}$$

2. uvjet:

Za $0,3 \cdot V_{Rd,max} = 1266,45 \text{ kN} \leq V_{Ed} = 2025,51 \leq 0,6 \cdot V_{Rd,max} = 2532,9 \text{ kN}$, slijedi:

$$s_{1,max} = 0,55 \cdot d = 0,55 \cdot 92,4 = 50,82 \text{ cm} > 30 \text{ cm}$$

Mjerodavni najveći razmak odabranih vilica $\Phi 12$, $m=4$; $s_{w,max}=30 \text{ cm}$ (iz 2. uvjeta)

Odabrani razmak vilica mora biti manji od $s_{w,max}$.

Za mostove preporučeni dopušteni uzdužni razmak vilica $s_{w,max}= 25 \text{ cm}$.

ODABRANO: $\phi 12 / 9 \text{ cm}$ ($m = 4$)

LEŽAJEVI 2 desno i 4 lijevo

Maksimalna računaska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot V_g + 1,35 \cdot (V_q + V_Q)$$

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot 617,28 + 1,35 \cdot (291,31 + 741,0) = 2226,95 \text{ kN}$$

Redukcija poprečne sile na ležaju zbog širine ležaja $b_{ležaj} = 40,0 \text{ cm}$

$$\Delta V_{Ed} = (1,35 \cdot g + 1,35 \cdot q) \cdot \left(\frac{b_{ležaj}}{2} + d \right)$$

$$\Delta V_{Ed} = (1,35 \cdot 82,73 + 1,35 \cdot 34,42) \cdot \left(\frac{0,40}{2} + 0,924 \right) = 177,76 \text{ kN}$$

Reducirana računaska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = 2226,95 - 177,76 = 2049,19 \text{ kN}$$

Nosivost presjeka na poprečne sile bez poprečne armature

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{924}} = 1,47 < 2,0$$

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,44^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0,342$$

Pretpostavka: barem $10\phi 28$ ($A_{s1} = 61,54 \text{ cm}^2$) sidri se u polju na udaljenosti $l_{bd} + d$ od promatranog presjeka

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} = \frac{61,54}{115 \cdot 92,4} = 0,00579$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,47 \cdot (100 \cdot 0,00579 \cdot 30)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,00] \cdot 1150 \cdot 924 = 485439 \text{ N} = 485,4 \text{ kN}$$

$$(v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,342 + 0,15 \cdot 0,00) \cdot 1150 \cdot 924 = 363409 \text{ N} = 363,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 485,4 \text{ kN} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 363,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta}$$

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{30}{250} \right] = 0,528$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 92,4 = 83,16 \text{ cm}; \quad \Theta = 39,8^\circ$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1,0 \cdot 1150 \cdot 83,16 \cdot 0,528 \cdot 17,0}{\cot 39,8^\circ + \tan 39,8^\circ} = 4221541 \text{ N} = 4221,5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 485,4 < V_{Ed,red} = 2049,19 < V_{Rd,max} = 4221,5 \text{ kN}$$

→ potreban je proračun poprečne armature

Pretpostavljamo četverrezne ($m = 4$) vilice $\phi 12$ ($A_{sw} = 4,52 \text{ cm}^2$).

Proračunska granica popuštanja vilica:

$$f_{ywd} = f_{yw}/\gamma_s = 500/1,15 = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,478 \text{ kN/cm}^2$$

Potreban razmak vilica:

$$s_1 = \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta}{V_{Ed,red}} = \frac{4,52 \cdot 83,16 \cdot 43,478 \cdot \cot 39,8^\circ}{2049,19} = 9,62 \text{ cm}$$

Maksimalni razmak vilica (minimalna poprečna armatura):

1. uvjet:

$$s_{1,max} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha}; \rho_{w,min} = \min \left\{ 0,15 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yd}}; 0,08 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yk}}} \right\}$$

$$\rho_{w,min} = 0,15 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = 0,15 \cdot \frac{0,29}{43,478} = 0,001$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yk}}} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{30}}{500} = 0,00088 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$s_{1,max} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{4,52}{0,00088 \cdot 115 \cdot 1,0} = 44,66 \text{ cm}$$

2. uvjet:

Za $0,3 \cdot V_{Rd,max} = 1266,45 \text{ kN} \leq V_{Ed} = 2049,19 \leq 0,6 \cdot V_{Rd,max} = 2532,9 \text{ kN}$, slijedi:

$$s_{1,max} = 0,55 \cdot d = 0,55 \cdot 92,4 = 50,82 \text{ cm} > 30 \text{ cm}$$

Mjerodavni najveći razmak odabranih vilica $\Phi 12$, $m=4$; $s_{w,max}=30 \text{ cm}$ (iz 2. uvjeta)

Odabrani razmak vilica mora biti manji od $s_{w,max}$.

Za mostove preporučeni dopušteni uzdužni razmak vilica $s_{w,max}= 25 \text{ cm}$.

ODABRANO: $\phi 12 / 9 \text{ cm}$ ($m = 4$)

LEŽAJEVI 3 lijevo/desno

Maksimalna računaska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot V_g + 1,35 \cdot (V_q + V_Q)$$

$$V_{Ed} = 1,35 \cdot 623,67 + 1,35 \cdot (291,37 + 741,0) = 2235,65 \text{ kN}$$

Redukcija poprečne sile na ležaju zbog širine ležaja $b_{ležaj} = 40,0 \text{ cm}$

$$\Delta V_{Ed} = (1,35 \cdot g + 1,35 \cdot q) \cdot \left(\frac{b_{ležaj}}{2} + d \right)$$

$$\Delta V_{Ed} = (1,35 \cdot 82,73 + 1,35 \cdot 34,42) \cdot \left(\frac{0,40}{2} + 0,924 \right) = 177,76 \text{ kN}$$

Reducirana računaska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = 2235,65 - 177,76 = 2057,89 \text{ kN}$$

Nosivost presjeka na poprečne sile bez poprečne armature

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{924}} = 1,47 < 2,0$$

$$k_1 = 0,15$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,47^{3/2} \cdot 30^{1/2} = 0,342$$

Pretpostavka: barem $11 \phi 28$ ($A_{s1} = 67,70 \text{ cm}^2$) sidri se u polju na udaljenosti $l_{bd} + d$ od promatranog presjeka

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} = \frac{67,70}{115 \cdot 92,4} = 0,00637$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,47 \cdot (100 \cdot 0,00637 \cdot 30)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,00] \cdot 1150 \cdot 924 = 501135 \text{ N} = 501,1 \text{ kN}$$

$$(v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0,342 + 0,15 \cdot 0,00) \cdot 1150 \cdot 924 = 363409 \text{ N} = 363,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 501,1 \text{ kN} \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 363,4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta}$$

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{30}{250} \right] = 0,528$$

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 92,4 = 83,16 \text{ cm}; \quad \Theta = 39,8^\circ$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1,0 \cdot 1150 \cdot 83,16 \cdot 0,528 \cdot 17,0}{\cot 39,8^\circ + \tan 39,8^\circ} = 4221541 \text{ N} = 4221,5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 501,1 < V_{Ed,red} = 2057,89 < V_{Rd,max} = 4221,5 \text{ kN}$$

→ potreban je proračun poprečne armature

Pretpostavljamo četverorezne ($m = 4$) vilice $\phi 12$ ($A_{sw} = 4,52 \text{ cm}^2$).

Proračunska granica popuštanja vilica:

$$f_{ywd} = f_{yw}/\gamma_s = 500/1,15 = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,478 \text{ kN/cm}^2$$

Potreban razmak vilica:

$$s_1 = \frac{A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta}{V_{Ed,red}} = \frac{4,52 \cdot 83,16 \cdot 43,478 \cdot \cot 39,8^\circ}{2057,89} = 9,53 \text{ cm}$$

Maksimalni razmak vilica (minimalna poprečna armatura):

1. uvjet:

$$s_{1,max} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha}; \rho_{w,min} = \min \left\{ 0,15 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yd}}; 0,08 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yk}}} \right\}$$

$$\rho_{w,min} = 0,15 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = 0,15 \cdot \frac{0,29}{43,478} = 0,001$$

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yk}}} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{30}}{500} = 0,00088 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$s_{1,max} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{4,52}{0,00088 \cdot 115 \cdot 1,0} = 44,66 \text{ cm}$$

2. uvjet:

Za $0,3 \cdot V_{Rd,max} = 1266,45 \text{ kN} \leq V_{Ed} = 2057,89 \leq 0,6 \cdot V_{Rd,max} = 2532,9 \text{ kN}$, slijedi:

$$s_{1,max} = 0,55 \cdot d = 0,55 \cdot 92,4 = 50,82 \text{ cm} > 30 \text{ cm}$$

Mjerodavni najveći razmak odabranih vilica $\Phi 12$, $m=4$; $s_{w,max}=30 \text{ cm}$ (iz 2. uvjeta)

Odabrani razmak vilica mora biti manji od $s_{w,max}$.

Za mostove preporučeni dopušteni uzdužni razmak vilica $s_{w,max}= 25 \text{ cm}$.

ODABRANO: $\phi 12 / 9 \text{ cm}$ ($m = 4$)

4.2. DIMENZIONIRANJE NA OPTEREĆENJE PTP-OM

PRETPOSTAVKE, ZNAČAJKE GRADIVA I PRESJEKA

Gradiva:

Beton: C 30/37 ($f_{ck} / f_{ck,cube}$ valjak/kocka)

Čelik: B500B ($f_{yk} / f_{tk} = 500/540$)

Proračunska čvrstoća betona:

$$fb = 25,5 \text{ N/mm}^2 = 2,55 \text{ kN/cm}^2$$

Srednja osna vlačna čvrstoća betona:

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2 = 0,29 \text{ kN/cm}^2$$

Računska vlačna čvrstoća za djelovanje glavnih kosih napona:

$$\tau_r = 1,3 \text{ N/mm}^2 = 0,13 \text{ kN/cm}^2$$

Proračunska granica popuštanja čelika za armiranje:

$$f_{yd} = 500 \text{ N/mm}^2 = 50 \text{ kN/cm}^2$$

Visina presjeka u osi rebra: $h = 100,0 \text{ cm}$

Zaštitni sloj betona: $c = 5,0 \text{ cm}$

Srednja širina hrpta rebra: $b_w = 115,0 \text{ cm}$

Pretpostavljena armatura: $\phi_u = 28 \text{ mm}$

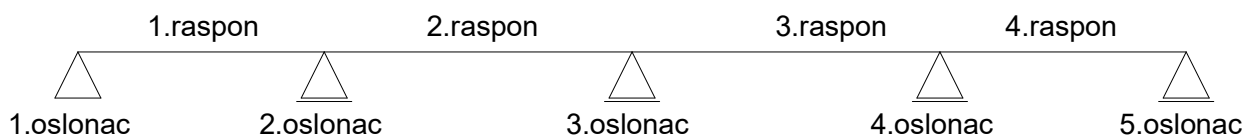
$$\phi_v = 12 \text{ mm}$$

Statička visina presjeka (ležaj – pretpostavljeno armiranje u 1 red):

$$d = h - c - \phi_v - \phi_u / 2 = 100,0 - 5,0 - 1,2 - 2,8 / 2 = 92,4 \text{ cm}$$

Statička visina presjeka (polje – pretpostavljeno armiranje u 2 reda):

$$d = h - c - \phi_v - \phi_u - \phi_u / 2 = 100,0 - 5,0 - 1,2 - 2,8 - 2,8 / 2 = 89,6 \text{ cm}$$



Slika 20. Statička shema uzdužnog presjeka

4.2.1. DIMENZIONIRANJE NA SAVIJANJE - UZDUŽNA ARMATURA

Presjek u polju prvog i četvrtog raspona mosta – armatura donje zone

Sudjelujuća širina ploče u vanjskom (prvom i četvrtog) rasponu mosta:

$$b_{\text{eff}} = 1,2 + 1,44 + 1,44 = 4,08 \text{ m} < b = 5,75 \text{ m}$$

Maksimalni računski moment savijanja u polju:

$$M_{\text{Ed}} = 1,6 Mg + 1,8 (Mq + MQ) = 1,6 \cdot 732,52 + 1,8 \cdot (362,31 + 206,48) = 2195,85 \text{ kNm}$$

Bezdimenzijski koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_b} = \frac{219585}{408,0 \cdot 92,4^2 \cdot 2,55} = 0,025$$

$$\mu_{\text{Rd}} = 0,027 \rightarrow \zeta = 0,980$$

Potrebna površina armature u polju 1:

$$A_{s1,\text{rqd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{219585}{0,980 \cdot 92,4 \cdot 50} = 48,50 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s1,\text{min}} = 0,26 \cdot \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{\text{yk}}} \cdot b_w \cdot d = 0,26 \cdot \frac{0,29}{50,0} \cdot 115,0 \cdot 92,4 = 16,03 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,\text{min}} = 0,0013 \cdot b_w \cdot d = 0,0013 \cdot 115,0 \cdot 92,4 = 13,82 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s1,\text{max}} = 0,022 \cdot A_c = 0,022 \cdot 2,5 \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_f = 0,022 \cdot 2,5 \cdot 408,0 \cdot 32,5 = 729,3 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\text{max}} = 0,04 \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_f = 0,04 \cdot 408,0 \cdot 32,5 = 530,4 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

ODABRANO: $8\phi 28 (49,26 \text{ cm}^2) > A_{s1,\text{rqd}} = 48,50 \text{ cm}^2$

Presjek u polju drugog i trećeg raspona mosta – armatura donje zone

Sudjelujuća širina ploče u (drugom i trećeg) rasponu mosta:

$$b_{\text{eff}} = 1,2 + 1,47 + 1,47 = 4,14 \text{ m} < b = 5,75 \text{ m}$$

Maksimalni računski moment savijanja u polju:

$$M_{\text{Ed}} = 1,6 M_g + 1,8 (M_q + M_Q) = 1,6 \cdot 785,32 + 1,8 \cdot (399,63 + 249,26) = 2424,51 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_b} = \frac{242451}{414,0 \cdot 92,4^2 \cdot 2,55} = 0,027$$

$$\mu_{\text{Rd}} = 0,027 \rightarrow \zeta = 0,980$$

Potrebna površina armature u polju :

$$A_{s1,\text{rqd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{242451}{0,980 \cdot 92,4 \cdot 50} = 53,55 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s1,\text{min}} = 0,26 \cdot \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{\text{yk}}} \cdot b_w \cdot d = 0,26 \cdot \frac{0,29}{50,0} \cdot 115,0 \cdot 92,4 = 16,03 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,\text{min}} = 0,0013 \cdot b_w \cdot d = 0,0013 \cdot 115,0 \cdot 92,4 = 13,82 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s1,\text{max}} = 0,022 \cdot A_c = 0,022 \cdot 2,5 \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_f = 0,022 \cdot 2,5 \cdot 414,0 \cdot 32,5 = 740,03 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\text{max}} = 0,04 \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_f = 0,04 \cdot 414,0 \cdot 32,5 = 538,2 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

ODABRANO: $9\phi 28 (55,42 \text{ cm}^2) > A_{s1} = 53,55 \text{ cm}^2$

Presjek nad prvim i krajnjim osloncem mosta - armatura gornje zone

Maksimalni računski moment savijanja nad krajnjim ležajem pretpostavlja se da je 25% momenta savijanja iz prvog polja.

$$M_{Ed} = 0,25 \cdot M_{Ed} = 0,25 \cdot 2195,85 = 548,96 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_b} = \frac{54896}{115,0 \cdot 92,4^2 \cdot 2,55} = 0,022$$

$$\mu_{Rd} = 0,023 \rightarrow \zeta = 0,982$$

Potrebna površina armature nad krajnjim ležajem:

$$A_{s1,rd} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{54896}{0,982 \cdot 92,4 \cdot 50} = 12,10 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_{eff} \cdot d = 0,26 \cdot \frac{0,29}{50,0} \cdot 408,0 \cdot 92,4 = 56,85 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b_{eff} \cdot d = 0,0013 \cdot 408,0 \cdot 92,4 = 49,01 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s1,max} = 0,022 \cdot b_w \cdot h = 0,022 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 253,0 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b_w \cdot h = 0,04 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 460,0 \text{ cm}^2$$

ODABRANO: $10\phi 28 (61,58\text{cm}^2) > A_{s1,rd} = 56,85 \text{ cm}^2$

Presjek nad drugim i četvrtim osloncem mosta - armatura gornje zone

$$b_{\text{eff}} = 1,2 + 0,81 + 0,81 = 2,82 \text{ m} < b = 5,75 \text{ m}$$

Maksimalni računski moment savijanja nad ležajem:

$$M_{\text{Ed}} = 1,6 M_g + 1,8 (M_q + M_Q) = 1,6 \cdot 1514,95 + 1,8 \cdot (510,13 + 254,59) = 3800,42 \text{ kNm}$$

Maksimalna računska reakcija na ležaju:

$$R_{\text{Ed}} = 1,6 R_g + 1,8 (R_q + R_Q) = 1,6 \cdot 1239,91 + 1,8 \cdot (384,42 + 288,37) = 3194,88 \text{ kN}$$

Redukcija momenta savijanja na ležaju:

$$t = 40,0 \text{ cm} - \text{širina ležaja 2}$$

$$\Delta M_{\text{Ed}} = \frac{R_{\text{Ed}} \cdot t}{8} = \frac{3194,88 \cdot 0,4}{8} = 159,74 \text{ kNm}$$

Reducirani moment savijanja na ležaju:

$$M_{\text{Ed,red}} = M_{\text{Ed}} - \Delta M_{\text{Ed}} = 3800,42 - 159,74 = 3640,68 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed,red}}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_b} = \frac{364068}{115,0 \cdot 92,4^2 \cdot 2,55} = 0,145$$

$$\mu_{\text{Rd}} = 0,145 \rightarrow \zeta = 0,919$$

Potrebna površina armature nad ležajem:

$$A_{s1,\text{rqd}} = \frac{M_{\text{Ed,red}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{364068}{0,919 \cdot 92,4 \cdot 50} = 85,75 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s1,\text{min}} = 0,26 \cdot \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{\text{yk}}} \cdot b_{\text{eff}} \cdot d = 0,26 \cdot \frac{0,29}{50,0} \cdot 282,0 \cdot 92,4 = 39,29 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,\text{min}} = 0,0013 \cdot b_{\text{eff}} \cdot d = 0,0013 \cdot 282,0 \cdot 92,4 = 33,87 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s1,\text{max}} = 0,022 \cdot b_w \cdot h = 0,022 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 253,0 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,\text{max}} = 0,04 \cdot b_w \cdot h = 0,04 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 460,0 \text{ cm}^2$$

ODABRANO: $14\phi 28 (86,21 \text{ cm}^2) > A_{s1,\text{rqd}} = 85,75 \text{ cm}^2$

Presjek nad trećim osloncem mosta - armatura gornje zone

$$b_{\text{eff}} = 1,2 + 0,87 + 0,87 = 2,94 \text{ m} < b = 5,75 \text{ m}$$

Maksimalni računski moment savijanja nad ležajem:

$$M_{\text{Ed}} = 1,6 M_g + 1,8 (M_q + M_Q) = 1,6 \cdot 1562,85 + 1,8 \cdot (556,08 + 262,34) = 3973,72 \text{ kNm}$$

Maksimalna računska reakcija na ležaju:

$$R_{\text{Ed}} = 1,6 R_g + 1,8 (R_q + R_Q) = 1,6 \cdot 1247,34 + 1,8 \cdot (400,24 + 295,34) = 3247,79 \text{ kN}$$

Redukcija momenta savijanja na ležaju:

$$t = 40,0 \text{ cm} - \text{širina ležaja 2}$$

$$\Delta M_{\text{Ed}} = \frac{R_{\text{Ed}} \cdot t}{8} = \frac{3247,79 \cdot 0,4}{8} = 162,39 \text{ kNm}$$

Reducirani moment savijanja na ležaju:

$$M_{\text{Ed,red}} = M_{\text{Ed}} - \Delta M_{\text{Ed}} = 3973,72 - 162,39 = 3811,33 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed,red}}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_b} = \frac{381133}{115,0 \cdot 92,4^2 \cdot 2,55} = 0,152$$

$$\mu_{\text{Rd}} = 0,152 \rightarrow \zeta = 0,914$$

Potrebna površina armature nad ležajem:

$$A_{s1,\text{rqd}} = \frac{M_{\text{Ed,red}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{381133}{0,914 \cdot 92,4 \cdot 50} = 90,26 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s1,\text{min}} = 0,26 \cdot \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{\text{yk}}} \cdot b_{\text{eff}} \cdot d = 0,26 \cdot \frac{0,29}{50,0} \cdot 294,0 \cdot 92,4 = 40,97 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,\text{min}} = 0,0013 \cdot b_{\text{eff}} \cdot d = 0,0013 \cdot 294,0 \cdot 92,4 = 35,32 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s1,\text{max}} = 0,022 \cdot b_w \cdot h = 0,022 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 253,0 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,\text{max}} = 0,04 \cdot b_w \cdot h = 0,04 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 460,0 \text{ cm}^2$$

ODABRANO: $15\phi 28 (92,36 \text{ cm}^2) > A_{s1,\text{rqd}} = 90,26 \text{ cm}^2$

4.2.2. DIMENZIONIRANJE NA POPREČNE SILE - VILICE

LEŽAJEVI 1 desno i 5 lijevo – (presjek nad krajnjim ležajevima)

Krak unutarnjih sila

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 92,4 = 83,16 \text{ cm}; \quad \theta = 39,8^\circ$$

Maksimalna računaska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed} = 1,6 \cdot V_g + 1,8 \cdot (V_q + V_Q)$$

$$V_{Ed} = 1,6 \cdot 370,13 + 1,8 \cdot (131,29 + 125,47) = 1054,38 \text{ kN}$$

Redukcija poprečne sile na ležaju zbog širine ležaja $b_{ležaj} = 40,0 \text{ cm}$

$$\Delta V_{Ed} = (1,6 \cdot g + 1,8 \cdot q) \cdot \left(\frac{b_{ležaj}}{2} + d \right)$$

$$\Delta V_{Ed} = (1,6 \cdot 82,73 + 1,8 \cdot 23,64) \cdot \left(\frac{0,40}{2} + 0,924 \right) = 196,61 \text{ kN}$$

Reducirana računaska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = 1054,38 - 196,61 = 857,77 \text{ kN}$$

$$\tau_u = \frac{Vu}{bw \cdot z} = \frac{857,77}{115 \cdot 83,16} = 0,13 \text{ kN/cm}^2$$

Za:

$$\tau_r < \tau_u < 3 \cdot \tau_r$$

$$0,130 < 0,130 < 0,39$$

Reducirana nosivost betona:

$$V_{cd} = \frac{3\tau_r - \tau_u}{2} \cdot bw \cdot z = \frac{0,39 - 0,13}{2} \cdot 115 \cdot 83,16 = 1243,24 \text{ kN}$$

Razmak spona: $sw \leq 2h/3 \leq 30$

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

$$A_{sw} = \frac{(Vu - V_{cd}) \cdot sw}{z \cdot f_{yk}} \cdot \frac{1}{\cot \theta} = \frac{(857,77 - 1243,24) \cdot 25}{83,16 \cdot 50} \cdot \frac{1}{\cot 39,8^\circ} = 0,0 \text{ cm}^2$$

Odabrano: : $\emptyset 12/25 \text{ cm}$

LEŽAJEVI 2 lijevo i 4 desno – (presjek nad krajnjim ležajevima)

Krak unutarnjih sila

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 92,4 = 83,16 \text{ cm}; \quad \theta = 39,8^\circ$$

Maksimalna računska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed} = 1,6 \cdot V_g + 1,8 \cdot (V_q + V_Q)$$

$$V_{Ed} = 1,6 \cdot 622,63 + 1,8 \cdot (184,35 + 139,94) = 1579,93 \text{ kN}$$

Redukcija poprečne sile na ležaju zbog širine ležaja $b_{ležaj} = 40,0 \text{ cm}$

$$\Delta V_{Ed} = (1,6 \cdot g + 1,8 \cdot q) \cdot \left(\frac{b_{ležaj}}{2} + d \right)$$

$$\Delta V_{Ed} = (1,6 \cdot 82,73 + 1,8 \cdot 23,64) \cdot \left(\frac{0,40}{2} + 0,924 \right) = 196,61 \text{ kN}$$

Reducirana računska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = 1579,93 - 196,61 = 1383,32 \text{ kN}$$

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_w \cdot z} = \frac{1383,32}{115 \cdot 83,16} = 0,15 \text{ kN/cm}^2$$

Za:

$$\tau_r < \tau_u < 3 \cdot \tau_r$$

$$0,130 < 0,150 < 0,39$$

Reducirana nosivost betona:

$$V_{cd} = \frac{3\tau_r - \tau_u}{2} \cdot b_w \cdot z = \frac{0,39 - 0,15}{2} \cdot 115 \cdot 83,16 = 1147,61 \text{ kN}$$

Razmak spona: $s_w \leq 2h/3 \leq 30$

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

$$A_{sw} = \frac{(V_u - V_{cd}) \cdot s_w}{z \cdot f_{yk}} \cdot \frac{1}{\cot \theta} = \frac{(1383,32 - 1147,61) \cdot 25}{83,16 \cdot 50} \cdot \frac{1}{\cot 39,8^\circ} = 1,42 \text{ cm}^2$$

Odabrano: : $\emptyset 12/25 \text{ cm}$

LEŽAJEVI 2 desno i 4 lijevo – (presjek nad krajnjim ležajevima)

Krak unutarnjih sila

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 92,4 = 83,16 \text{ cm}; \quad \theta = 39,8^\circ$$

Maksimalna računska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed} = 1,6 \cdot V_g + 1,8 \cdot (V_q + V_Q)$$

$$V_{Ed} = 1,6 \cdot 617,28 + 1,8 \cdot (200,07 + 148,43) = 1614,95 \text{ kN}$$

Redukcija poprečne sile na ležaju zbog širine ležaja $b_{ležaj} = 40,0 \text{ cm}$

$$\Delta V_{Ed} = (1,6 \cdot g + 1,8 \cdot q) \cdot \left(\frac{b_{ležaj}}{2} + d \right)$$

$$\Delta V_{Ed} = (1,6 \cdot 82,73 + 1,8 \cdot 23,64) \cdot \left(\frac{0,40}{2} + 0,924 \right) = 196,61 \text{ kN}$$

Reducirana računska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = 1614,95 - 196,61 = 1418,34 \text{ kN}$$

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_w \cdot z} = \frac{1418,34}{115 \cdot 83,16} = 0,15 \text{ kN/cm}^2$$

Za:

$$\tau_r < \tau_u < 3 \cdot \tau_r$$

$$0,130 < 0,150 < 0,39$$

Reducirana nosivost betona:

$$V_{cd} = \frac{3\tau_r - \tau_u}{2} \cdot b_w \cdot z = \frac{0,39 - 0,15}{2} \cdot 115 \cdot 83,16 = 1147,61 \text{ kN}$$

Razmak spona: $s_w \leq 2h/3 \leq 30$

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

$$A_{sw} = \frac{(V_u - V_{cd}) \cdot s_w}{z \cdot f_{yk}} \cdot \frac{1}{\cot \theta} = \frac{(1418,34 - 1147,61) \cdot 25}{83,16 \cdot 50} \cdot \frac{1}{\cot 39,8^\circ} = 1,63 \text{ cm}^2$$

Odabrano: $\emptyset 12/25 \text{ cm}$

LEŽAJEVI 3 lijevo/desno – (presjek nad krajnjim ležajevima)

Krak unutarnjih sila

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 92,4 = 83,16 \text{ cm}; \quad \theta = 39,8^\circ$$

Maksimalna računaska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed} = 1,6 \cdot V_g + 1,8 \cdot (V_q + V_Q)$$

$$V_{Ed} = 1,6 \cdot 623,67 + 1,8 \cdot (200,12 + 147,67) = 1623,89 \text{ kN}$$

Redukcija poprečne sile na ležaju zbog širine ležaja $b_{ležaj} = 40,0 \text{ cm}$

$$\Delta V_{Ed} = (1,6 \cdot g + 1,8 \cdot q) \cdot \left(\frac{b_{ležaj}}{2} + d \right)$$

$$\Delta V_{Ed} = (1,6 \cdot 82,73 + 1,8 \cdot 23,64) \cdot \left(\frac{0,40}{2} + 0,924 \right) = 196,61 \text{ kN}$$

Reducirana računaska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = 1623,89 - 196,61 = 1427,28 \text{ kN}$$

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_w \cdot z} = \frac{1427,28}{115 \cdot 83,16} = 0,15 \text{ kN/cm}^2$$

Za:

$$\tau_r < \tau_u < 3 \cdot \tau_r$$

$$0,130 < 0,150 < 0,39$$

Reducirana nosivost betona:

$$V_{cd} = \frac{3\tau_r - \tau_u}{2} \cdot b_w \cdot z = \frac{0,39 - 0,15}{2} \cdot 115 \cdot 83,16 = 1147,61 \text{ kN}$$

Razmak spona: $s_w \leq 2h/3 \leq 30$

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

$$A_{sw} = \frac{(V_u - V_{cd}) \cdot s_w}{z \cdot f_{yk}} \cdot \frac{1}{\cot \theta} = \frac{(1427,28 - 1147,61) \cdot 25}{83,16 \cdot 50} \cdot \frac{1}{\cot 39,8^\circ} = 1,68 \text{ cm}^2$$

Odabrano: $\emptyset 12/25 \text{ cm}$

4.3. DIMENZIONIRANJE NA OPTEREĆENJE DIN-OM

PRETPOSTAVKE, ZNAČAJKE GRADIVA I PRESJEKA

Gradiva:

Beton: C 30/37 ($f_{ck} / f_{ck,cube}$ valjak/kocka)

Čelik: B500B ($f_{yk} / f_{tk} = 500/540$)

Proračunska čvrstoća betona:

$$f_b = 25,5 \text{ N/mm}^2 = 2,55 \text{ kN/cm}^2$$

Srednja osna vlačna čvrstoća betona:

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2 = 0,29 \text{ kN/cm}^2$$

Računska vlačna čvrstoća za djelovanje glavnih kosih napona:

$$\tau_r = 1,3 \text{ N/mm}^2 = 0,13 \text{ kN/cm}^2$$

Proračunska granica popuštanja čelika za armiranje:

$$f_{yd} = 500 \text{ N/mm}^2 = 50 \text{ kN/cm}^2$$

Visina presjeka u osi rebra: $h = 100,0 \text{ cm}$

Zaštitni sloj betona: $c = 5,0 \text{ cm}$

Srednja širina hrpta rebra: $b_w = 115,0 \text{ cm}$

Pretpostavljena armatura: $\phi_u = 28 \text{ mm}$

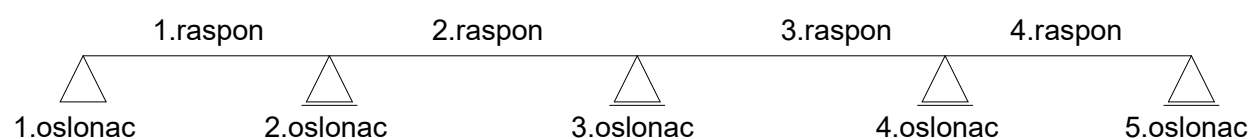
$$\phi_v = 12 \text{ mm}$$

Statička visina presjeka (ležaj – pretpostavljeno armiranje u 1 red):

$$d = h - c - \phi_v - \phi_u / 2 = 100,0 - 5,0 - 1,2 - 2,8 / 2 = 92,4 \text{ cm}$$

Statička visina presjeka (polje – pretpostavljeno armiranje u 2 reda):

$$d = h - c - \phi_v - \phi_u - \phi_u / 2 = 100,0 - 5,0 - 1,2 - 2,8 - 2,8 / 2 = 89,6 \text{ cm}$$



Slika 20. Statička shema uzdužnog presjeka

4.3.1. DIMENZIONIRANJE NA SAVIJANJE - UZDUŽNA ARMATURA

Presjek u polju prvog i četvrtog raspona mosta – armatura donje zone

Sudjelujuća širina ploče u vanjskom (prvom i četvrtog) rasponu mosta:

$$b_{\text{eff}} = 1,2 + 1,44 + 1,44 = 4,08 \text{ m} < b = 5,75 \text{ m}$$

Maksimalni računski moment savijanja u polju:

$$M_{\text{Ed}} = 1,6 \text{ Mg} + 1,8 (M_q + M_Q) = 1,6 \cdot 732,52 + 1,8 \cdot (440,47 + 1260,38) = 4233,56 \text{ kNm}$$

Bezdimenzijski koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_b} = \frac{423356}{408,0 \cdot 92,4^2 \cdot 2,55} = 0,048$$

$$\mu_{\text{Rd}} = 0,050 \rightarrow \zeta = 0,970$$

Potrebna površina armature u polju 1:

$$A_{s1,\text{rqd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{423356}{0,970 \cdot 92,4 \cdot 50} = 94,47 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s1,\text{min}} = 0,26 \cdot \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{\text{yk}}} \cdot b_w \cdot d = 0,26 \cdot \frac{0,29}{50,0} \cdot 115,0 \cdot 92,4 = 16,03 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,\text{min}} = 0,0013 \cdot b_w \cdot d = 0,0013 \cdot 115,0 \cdot 92,4 = 13,82 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s1,\text{max}} = 0,022 \cdot A_c = 0,022 \cdot 2,5 \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_f = 0,022 \cdot 2,5 \cdot 408,0 \cdot 32,5 = 729,3 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\text{max}} = 0,04 \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_f = 0,04 \cdot 408,0 \cdot 32,5 = 530,4 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

ODABRANO: $16\phi 28 (98,52 \text{ cm}^2) > A_{s1,\text{rqd}} = 94,47 \text{ cm}^2$

Presjek u polju drugog i trećeg raspona mosta – armatura donje zone

Sudjelujuća širina ploče u (drugom i trećeg) rasponu mosta:

$$b_{\text{eff}} = 1,2 + 1,47 + 1,47 = 4,14 \text{ m} < b = 5,75 \text{ m}$$

Maksimalni računski moment savijanja u polju:

$$M_{\text{Ed}} = 1,6 M_g + 1,8 (M_q + M_Q) = 1,6 \cdot 785,32 + 1,8 \cdot (485,85 + 1319,41) = 4505,98 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_b} = \frac{450598}{414,0 \cdot 92,4^2 \cdot 2,55} = 0,050$$

$$\mu_{\text{Rd}} = 0,050 \rightarrow \zeta = 0,970$$

Potrebna površina armature u polju :

$$A_{s1, \text{rqd}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{450598}{0,970 \cdot 92,4 \cdot 50} = 100,55 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s1, \text{min}} = 0,26 \cdot \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{\text{yk}}} \cdot b_w \cdot d = 0,26 \cdot \frac{0,29}{50,0} \cdot 115,0 \cdot 92,4 = 16,03 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1, \text{min}} = 0,0013 \cdot b_w \cdot d = 0,0013 \cdot 115,0 \cdot 92,4 = 13,82 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s1, \text{max}} = 0,022 \cdot A_c = 0,022 \cdot 2,5 \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_f = 0,022 \cdot 2,5 \cdot 414,0 \cdot 32,5 = 740,03 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1, \text{max}} = 0,04 \cdot b_{\text{eff}} \cdot h_f = 0,04 \cdot 414,0 \cdot 32,5 = 538,2 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

ODABRANO: $17\phi 28 (104,67 \text{ cm}^2) > A_{s1} = 100,55 \text{ cm}^2$

Presjek nad prvim i krajnjim osloncem mosta - armatura gornje zone

Maksimalni računski moment savijanja nad krajnim ležajem pretpostavlja se da je 25% momenta savijanja iz prvog polja.

$$M_{Ed} = 0,25 \cdot M_{Ed} = 0,25 \cdot 4233,56 = 1058,39 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_b} = \frac{105839}{115,0 \cdot 92,4^2 \cdot 2,55} = 0,042$$

$$\mu_{Rd} = 0,042 \rightarrow \zeta = 0,973$$

Potrebna površina armature nad krajnjim ležajem:

$$A_{s1,rqd} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{105839}{0,973 \cdot 92,4 \cdot 50} = 23,55 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_{eff} \cdot d = 0,26 \cdot \frac{0,29}{50,0} \cdot 408,0 \cdot 92,4 = 56,85 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b_{eff} \cdot d = 0,0013 \cdot 408,0 \cdot 92,4 = 49,01 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s1,max} = 0,022 \cdot b_w \cdot h = 0,022 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 253,0 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,max} = 0,04 \cdot b_w \cdot h = 0,04 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 460,0 \text{ cm}^2$$

ODABRANO: $10\phi 28 (61,58\text{cm}^2) > A_{s1,rqd} = 56,85 \text{ cm}^2$

Presjek nad drugim i četvrtim osloncem mosta - armatura gornje zone

$$b_{\text{eff}} = 1,2 + 0,81 + 0,81 = 2,82 \text{ m} < b = 5,75 \text{ m}$$

Maksimalni računski moment savijanja nad ležajem:

$$M_{\text{Ed}} = 1,6 M_g + 1,8 (M_q + M_Q) = 1,6 \cdot 1514,95 + 1,8 \cdot (620,18 + 812,68) = 5003,07 \text{ kNm}$$

Maksimalna računska reakcija na ležaju:

$$R_{\text{Ed}} = 1,6 R_g + 1,8 (R_q + R_Q) = 1,6 \cdot 1239,91 + 1,8 \cdot (467,36 + 1169,97) = 4931,05 \text{ kN}$$

Redukcija momenta savijanja na ležaju:

$$t = 40,0 \text{ cm} - \text{širina ležaja 2}$$

$$\Delta M_{\text{Ed}} = \frac{R_{\text{Ed}} \cdot t}{8} = \frac{4931,05 \cdot 0,4}{8} = 246,55 \text{ kNm}$$

Reducirani moment savijanja na ležaju:

$$M_{\text{Ed,red}} = M_{\text{Ed}} - \Delta M_{\text{Ed}} = 5003,07 - 246,55 = 4756,52 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed,red}}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_b} = \frac{475652}{115,0 \cdot 92,4^2 \cdot 2,55} = 0,190$$

$$\mu_{\text{Rd}} = 0,194 \rightarrow \zeta = 0,888$$

Potrebna površina armature nad ležajem:

$$A_{s1,\text{rqd}} = \frac{M_{\text{Ed,red}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{475652}{0,888 \cdot 92,4 \cdot 50} = 115,94 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s1,\text{min}} = 0,26 \cdot \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{\text{yk}}} \cdot b_{\text{eff}} \cdot d = 0,26 \cdot \frac{0,29}{50,0} \cdot 282,0 \cdot 92,4 = 39,29 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,\text{min}} = 0,0013 \cdot b_{\text{eff}} \cdot d = 0,0013 \cdot 282,0 \cdot 92,4 = 33,87 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s1,\text{max}} = 0,022 \cdot b_w \cdot h = 0,022 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 253,0 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,\text{max}} = 0,04 \cdot b_w \cdot h = 0,04 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 460,0 \text{ cm}^2$$

ODABRANO: $19\phi 28 (116,98 \text{ cm}^2) > A_{s1,\text{rqd}} = 115,94 \text{ cm}^2$

Presjek nad trećim osloncem mosta - armatura gornje zone

$$b_{\text{eff}} = 1,2 + 0,87 + 0,87 = 2,94 \text{ m} < b = 5,75 \text{ m}$$

Maksimalni računski moment savijanja nad ležajem:

$$M_{\text{Ed}} = 1,6 M_g + 1,8 (M_q + M_Q) = 1,6 \cdot 1562,85 + 1,8 \cdot (676,05 + 777,79) = 5117,47 \text{ kNm}$$

Maksimalna računska reakcija na ležaju:

$$R_{\text{Ed}} = 1,6 R_g + 1,8 (R_q + R_Q) = 1,6 \cdot 1247,34 + 1,8 \cdot (486,58 + 1169,7) = 4977,05 \text{ kN}$$

Redukcija momenta savijanja na ležaju:

$$t = 40,0 \text{ cm} - \text{širina ležaja 2}$$

$$\Delta M_{\text{Ed}} = \frac{R_{\text{Ed}} \cdot t}{8} = \frac{4977,05 \cdot 0,4}{8} = 248,85 \text{ kNm}$$

Reducirani moment savijanja na ležaju:

$$M_{\text{Ed,red}} = M_{\text{Ed}} - \Delta M_{\text{Ed}} = 5117,47 - 248,85 = 4868,62 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni koeficijent momenta savijanja:

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed,red}}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_b} = \frac{486862}{115,0 \cdot 92,4^2 \cdot 2,55} = 0,195$$

$$\mu_{\text{Rd}} = 0,200 \rightarrow \zeta = 0,884$$

Potrebna površina armature nad ležajem:

$$A_{s1,\text{rqd}} = \frac{M_{\text{Ed,red}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{486862}{0,884 \cdot 92,4 \cdot 50} = 119,21 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura:

$$A_{s1,\text{min}} = 0,26 \cdot \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{\text{yk}}} \cdot b_{\text{eff}} \cdot d = 0,26 \cdot \frac{0,29}{50,0} \cdot 294,0 \cdot 92,4 = 40,97 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,\text{min}} = 0,0013 \cdot b_{\text{eff}} \cdot d = 0,0013 \cdot 294,0 \cdot 92,4 = 35,32 \text{ cm}^2$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s1,\text{max}} = 0,022 \cdot b_w \cdot h = 0,022 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 253,0 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{mjerodavno}$$

$$A_{s1,\text{max}} = 0,04 \cdot b_w \cdot h = 0,04 \cdot 115,0 \cdot 100,0 = 460,0 \text{ cm}^2$$

ODABRANO: $20\phi 28 (123,14 \text{ cm}^2) > A_{s1,\text{rqd}} = 119,21 \text{ cm}^2$

4.3.2. DIMENZIONIRANJE NA POPREČNE SILE - VILICE

LEŽAJEVI 1 desno i 5 lijevo – (presjek nad krajnjim ležajevima)

Krak unutarnjih sila

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 92,4 = 83,16 \text{ cm}; \quad \theta = 39,8^\circ$$

Maksimalna računska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed} = 1,6 \cdot V_g + 1,8 \cdot (V_q + V_Q)$$

$$V_{Ed} = 1,6 \cdot 370,13 + 1,8 \cdot (159,62 + 538,20) = 1848,28 \text{ kN}$$

Redukcija poprečne sile na ležaju zbog širine ležaja $b_{ležaj} = 40,0 \text{ cm}$

$$\Delta V_{Ed} = (1,6 \cdot g + 1,8 \cdot q) \cdot \left(\frac{b_{ležaj}}{2} + d \right)$$

$$\Delta V_{Ed} = (1,6 \cdot 82,73 + 1,8 \cdot 28,74) \cdot \left(\frac{0,40}{2} + 0,924 \right) = 206,93 \text{ kN}$$

Reducirana računska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = 1848,28 - 206,93 = 1641,35 \text{ kN}$$

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_w \cdot z} = \frac{1641,35}{115 \cdot 83,16} = 0,17 \text{ kN/cm}^2$$

Za:

$$\tau_r < \tau_u < 3 \cdot \tau_r$$

$$0,130 < 0,170 < 0,39$$

Reducirana nosivost betona:

$$V_{cd} = \frac{3\tau_r - \tau_u}{2} \cdot b_w \cdot z = \frac{0,39 - 0,17}{2} \cdot 115 \cdot 83,16 = 1051,97 \text{ kN}$$

Razmak spona: $s_w \leq 2h/3 \leq 30$

$$\text{cms}_w = 25 \text{ cm}$$

$$A_{sw} = \frac{(V_u - V_{cd}) \cdot s_w}{z \cdot f_{yk}} \cdot \frac{1}{\cot \theta} = \frac{(1641,35 - 1051,97) \cdot 25}{83,16 \cdot 50} \cdot \frac{1}{\cot 39,8^\circ} = 2,95 \text{ cm}^2$$

Odabrano: : $\emptyset 12/25 \text{ cm}$

LEŽAJEVI 2 lijevo i 4 desno – (presjek nad krajnjim ležajevima)

Krak unutarnjih sila

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 92,4 = 83,16 \text{ cm}; \quad \theta = 39,8^\circ$$

Maksimalna računska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed} = 1,6 \cdot V_g + 1,8 \cdot (V_q + V_Q)$$

$$V_{Ed} = 1,6 \cdot 622,63 + 1,8 \cdot (224,12 + 583,52) = 2449,96 \text{ kN}$$

Redukcija poprečne sile na ležaju zbog širine ležaja $b_{ležaj} = 40,0 \text{ cm}$

$$\Delta V_{Ed} = (1,6 \cdot g + 1,8 \cdot q) \cdot \left(\frac{b_{ležaj}}{2} + d \right)$$

$$\Delta V_{Ed} = (1,6 \cdot 82,73 + 1,8 \cdot 28,74) \cdot \left(\frac{0,40}{2} + 0,924 \right) = 206,93 \text{ kN}$$

Reducirana računska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = 2449,96 - 206,93 = 2243,03 \text{ kN}$$

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_w \cdot z} = \frac{2243,03}{115 \cdot 83,16} = 0,24 \text{ kN/cm}^2$$

Za:

$$\tau_r < \tau_u < 3 \cdot \tau_r$$

$$0,130 < 0,240 < 0,39$$

Reducirana nosivost betona:

$$V_{cd} = \frac{3\tau_r - \tau_u}{2} \cdot b_w \cdot z = \frac{0,39 - 0,24}{2} \cdot 115 \cdot 83,16 = 717,26 \text{ kN}$$

Razmak spona: $s_w \leq 2h/3 \leq 30$

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

$$A_{sw} = \frac{(V_u - V_{cd}) \cdot s_w}{z \cdot f_{yk}} \cdot \frac{1}{\cot \theta} = \frac{(2243,03 - 717,26) \cdot 25}{83,16 \cdot 50} \cdot \frac{1}{\cot 39,8^\circ} = 7,64 \text{ cm}^2$$

Odabrano: : $\emptyset 12/14 \text{ cm}$

LEŽAJEVI 2 desno i 4 lijevo – (presjek nad krajnjim ležajevima)

Krak unutarnjih sila

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 92,4 = 83,16 \text{ cm}; \quad \theta = 39,8^\circ$$

Maksimalna računska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed} = 1,6 \cdot V_g + 1,8 \cdot (V_q + V_Q)$$

$$V_{Ed} = 1,6 \cdot 617,28 + 1,8 \cdot (243,24 + 586,45) = 2481,09 \text{ kN}$$

Redukcija poprečne sile na ležaju zbog širine ležaja $b_{ležaj} = 40,0 \text{ cm}$

$$\Delta V_{Ed} = (1,6 \cdot g + 1,8 \cdot q) \cdot \left(\frac{b_{ležaj}}{2} + d \right)$$

$$\Delta V_{Ed} = (1,6 \cdot 82,73 + 1,8 \cdot 28,74) \cdot \left(\frac{0,40}{2} + 0,924 \right) = 206,93 \text{ kN}$$

Reducirana računska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = 2481,09 - 206,93 = 2274,16 \text{ kN}$$

$$\tau_u = \frac{Vu}{bw \cdot z} = \frac{2274,16}{115 \cdot 83,16} = 0,24 \text{ kN/cm}^2$$

Za:

$$\tau_r < \tau_u < 3 \cdot \tau_r$$

$$0,130 < 0,240 < 0,39$$

Reducirana nosivost betona:

$$V_{cd} = \frac{3\tau_r - \tau_u}{2} \cdot bw \cdot z = \frac{0,39 - 0,24}{2} \cdot 115 \cdot 83,16 = 717,26 \text{ kN}$$

Razmak spona: $sw \leq 2h/3 \leq 30$

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

$$A_{sw} = \frac{(Vu - V_{cd}) \cdot sw}{z \cdot f_{yk}} \cdot \frac{1}{\cot \theta} = \frac{(2274,16 - 717,26) \cdot 25}{83,16 \cdot 50} \cdot \frac{1}{\cot 39,8^\circ} = 7,80 \text{ cm}^2$$

Odabrano: : $\emptyset 12/14 \text{ cm}$

LEŽAJA 3 lijevo/desno – (presjek nad krajnjim ležajevima)

Krak unutarnjih sila

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 92,4 = 83,16 \text{ cm}; \quad \theta = 39,8^\circ$$

Maksimalna računska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed} = 1,6 \cdot V_g + 1,8 \cdot (V_q + V_Q)$$

$$V_{Ed} = 1,6 \cdot 623,67 + 1,8 \cdot (243,29 + 584,85) = 2488,52 \text{ kN}$$

Redukcija poprečne sile na ležaju zbog širine ležaja $b_{ležaj} = 40,0 \text{ cm}$

$$\Delta V_{Ed} = (1,6 \cdot g + 1,8 \cdot q) \cdot \left(\frac{b_{ležaj}}{2} + d \right)$$

$$\Delta V_{Ed} = (1,6 \cdot 82,73 + 1,8 \cdot 28,74) \cdot \left(\frac{0,40}{2} + 0,924 \right) = 206,93 \text{ kN}$$

Reducirana računska poprečna sila na ležaju

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = 1848,28 - 206,93 = 2281,59 \text{ kN}$$

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_w \cdot z} = \frac{2281,59}{115 \cdot 83,16} = 0,24 \text{ kN/cm}^2$$

Za:

$$\tau_r < \tau_u < 3 \cdot \tau_r$$

$$0,130 < 0,240 < 0,39$$

Reducirana nosivost betona:

$$V_{cd} = \frac{3\tau_r - \tau_u}{2} \cdot b_w \cdot z = \frac{0,39 - 0,24}{2} \cdot 115 \cdot 83,16 = 717,26 \text{ kN}$$

Razmak spona: $s_w \leq 2h/3 \leq 30$

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

$$A_{sw} = \frac{(V_u - V_{cd}) \cdot s_w}{z \cdot f_{yk}} \cdot \frac{1}{\cot \theta} = \frac{(2281,59 - 717,26) \cdot 25}{83,16 \cdot 50} \cdot \frac{1}{\cot 39,8^\circ} = 7,84 \text{ cm}^2$$

Odabrano: : $\emptyset 12/14 \text{ cm}$

5. Zaključak

5.1. Tablice proračunatih momenata

Tablica 2. Momenti od koncentriranog opterećenja

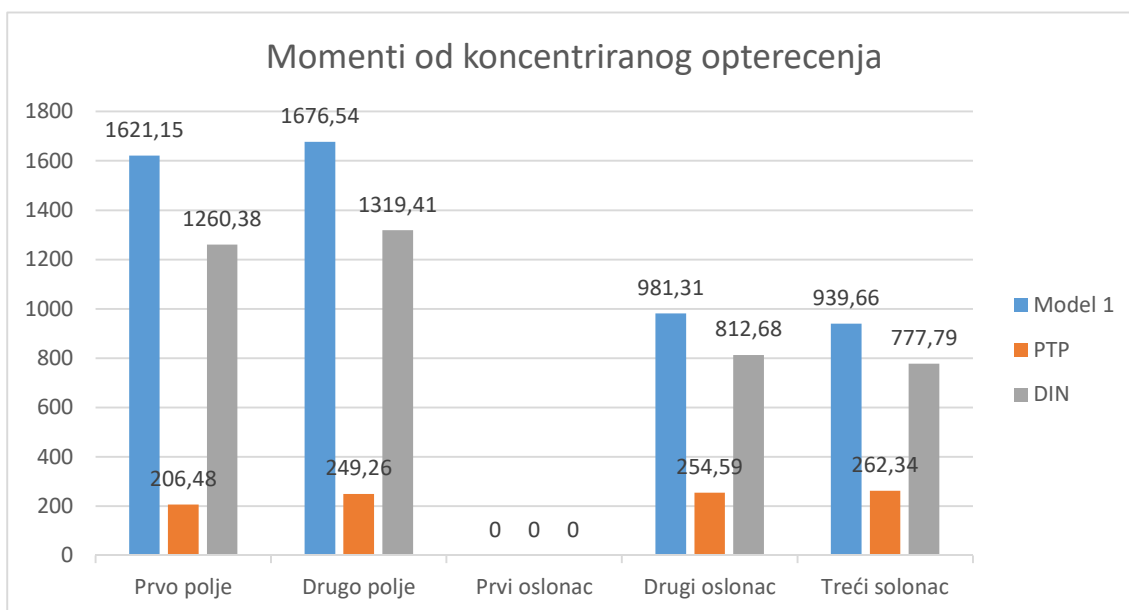
	Model 1	PTP	DIN
Prvo i četvrto polje	1621.15 kNm	206.48 kNm	1260.38 kNm
Drugo i treće polje	1676.54 kNm	249.26 kNm	1319.41 kNm
Prvi i peti oslonac	0 kNm	0 kNm	0 kNm
Drugi i četvrti oslonac	981.31 kNm	254.59 kNm	812.68 kNm
Treći oslonac	939.66 kNm	262.34 kNm	777.79 kNm

Tablica 3. Momenti od kontinuiranog opterećenja

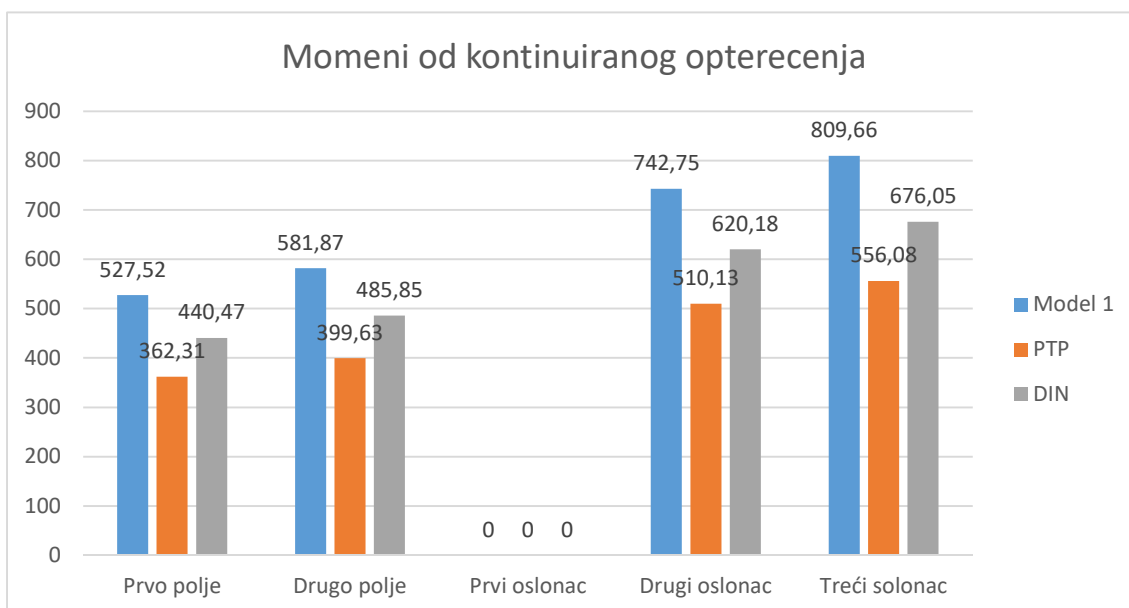
	Model 1	PTP	DIN
Prvo i četvrto polje	527.52 kNm	362.31 kNm	440.47 kNm
Drugo i treće polje	581.87 kNm	399.63 kNm	485.85 kNm
Prvi i peti oslonac	0 kNm	0 kNm	0 kNm
Drugi i četvrti oslonac	742.75 kNm	510.13 kNm	620.18 kNm
Treći oslonac	809.66 kNm	556.08 kNm	676.05 kNm

Tablica 4. Momenti od ukupno prometnog opterećenja

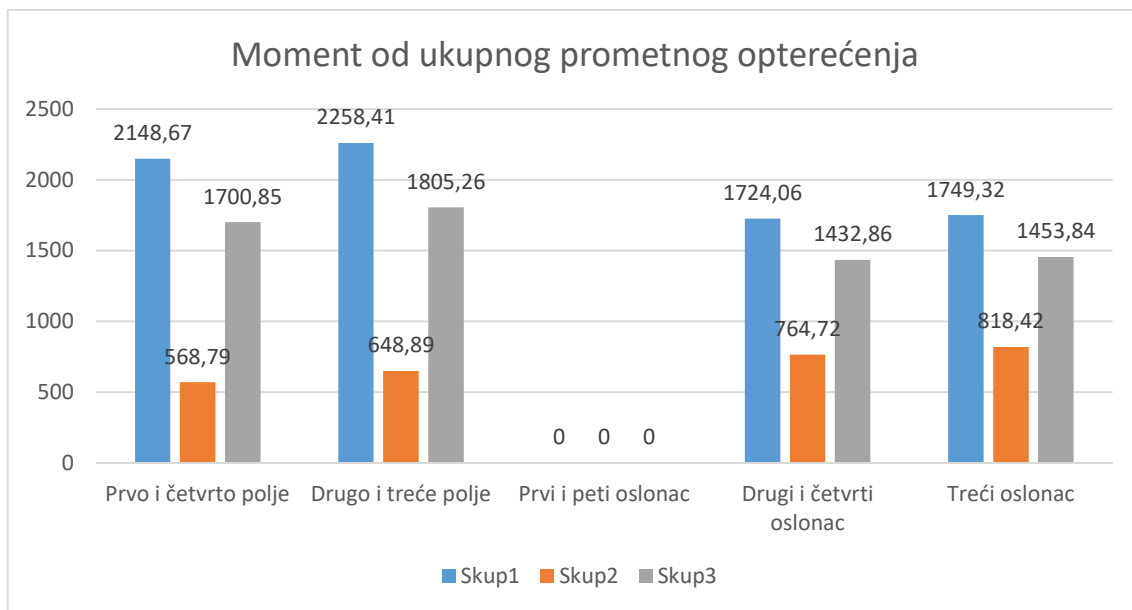
	Model 1	PTP	DIN
Prvo i četvrto polje	2148.67 kNm	568.79 kNm	1700.85 kNm
Drugo i treće polje	2258.41 kNm	648.89 kNm	1805.26 kNm
Prvi i peti oslonac	0 kNm	0 kNm	0 kNm
Drugi i četvrti oslonac	1724.06 kNm	764.72 kNm	1432.86 kNm
Treći oslonac	1749.32 kNm	818.42 kNm	1453.84 kNm



Slika 21. Grafički prikaz momenata od koncentriranog opterećenja



Slika 22. Grafički prikaz momenata od kontinuiranog opterećenja



Slika 23. Grafički prikaz momenata od ukupnog prometnog opterećenja

Proračunski momenti od koncentriranih opterećenja vrlo su različiti pogotovo u poljima, najveće momente dobivamo kod Modela 1, nešto manje po DIN-u, a puno manje momente dobivamo po PTP-u. Razlika u koncentriranim opterećenjima između pojedinih modela je najveća, s toga najveći utjecaj na veličinu momenata na mostu ima upravo koncentrirano opterećenje. Dok su momenti izazvani kontinuiranim opterećenjima puno manji on onih izazvani koncentriranim opterećenjima. To je rezultat povećanja prometa to jest povećanja osovinskog opterećenja i udaljenostima između osovina i duljine osovine šta znači veće koncentrirane sile novijeg Modela 1 u odnosu na starije modele, samim time i veći momenti.

5.2. Tablice proračunatih poprečnih sila

Tablica 5. Poprečne sile od koncentriranog opterećenja

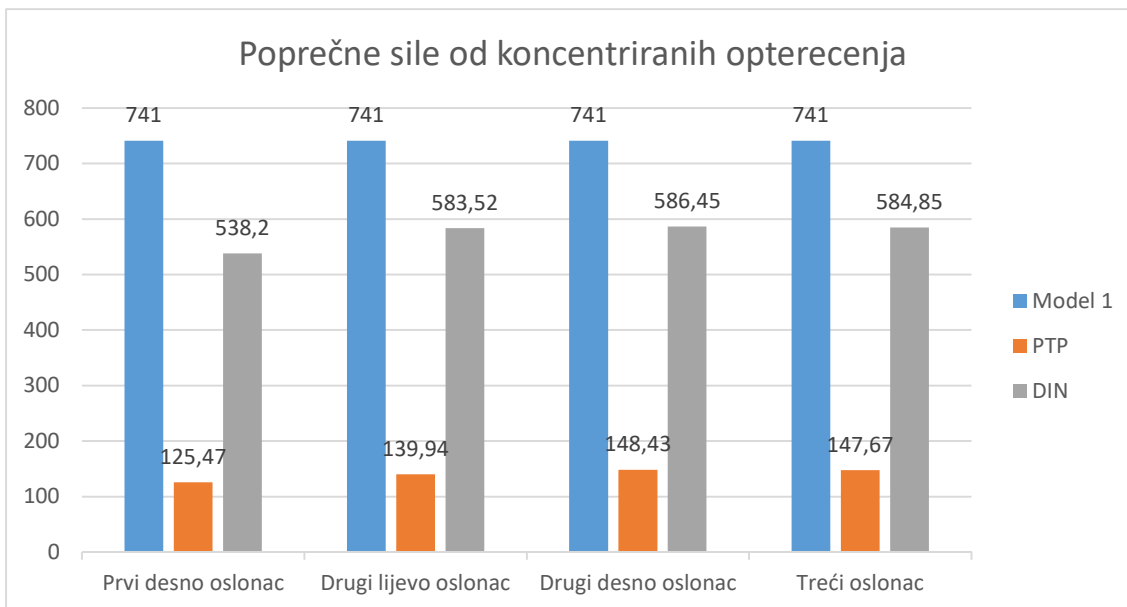
	Model 1	PTP	DIN
Prvi oslonac desno	741.0 kN	125.47 kN	538.20 kN
Drugi oslonac lijevo	741.0 kN	139.94 kN	583.52 kN
Drugi oslonac desno	741.0 kN	148.43 kN	586.45 kN
Treći oslonac	741.0 kN	147.67 kN	584.85 kN

Tablica 6. Poprečne sile od kontinuiranog opterećenja

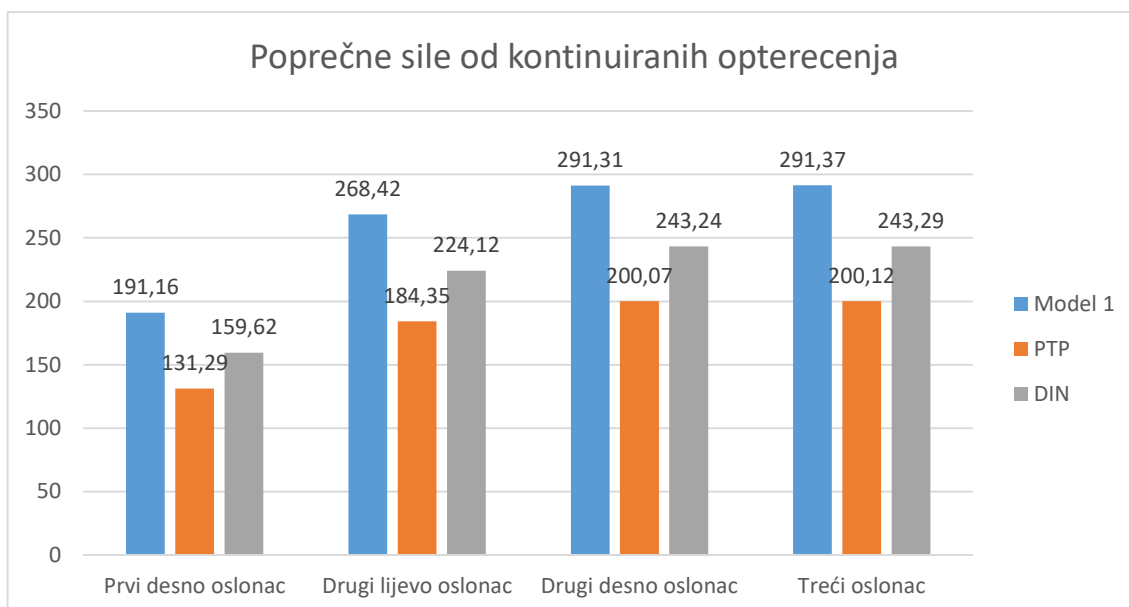
	Model 1	PTP	DIN
Prvi oslonac desno	191.16 kN	131.29 kN	159.62 kN
Drugi oslonac lijevo	268.42 kN	184.35 kN	224.12 kN
Drugi oslonac desno	291.31 kN	200.07 kN	243.24 kN
Treći oslonac	291.37 kN	200.12 kN	243.29 kN

Tablica 7. Poprečne sile od ukupnog prometnog opterećenja

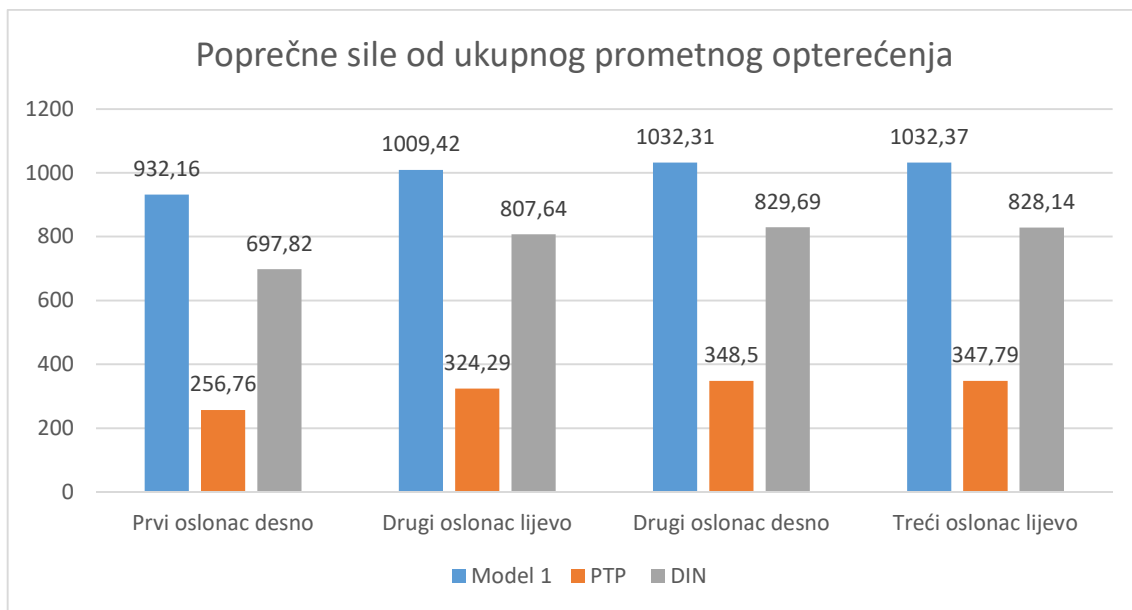
	Model 1	PTP	DIN
Prvi oslonac desno	932.16 kN	256.76 kN	697.82 kN
Drugi oslonac lijevo	1009.42 kN	324.29 kN	807.64 kN
Drugi oslonac desno	1032.31 kN	348.50 kN	829.69 kN
Treći oslonac	1032.37 kN	347.79 kN	828.14 kN



Slika 24. Grafički prikaz poprečnih sila od koncentriranog opterećenja

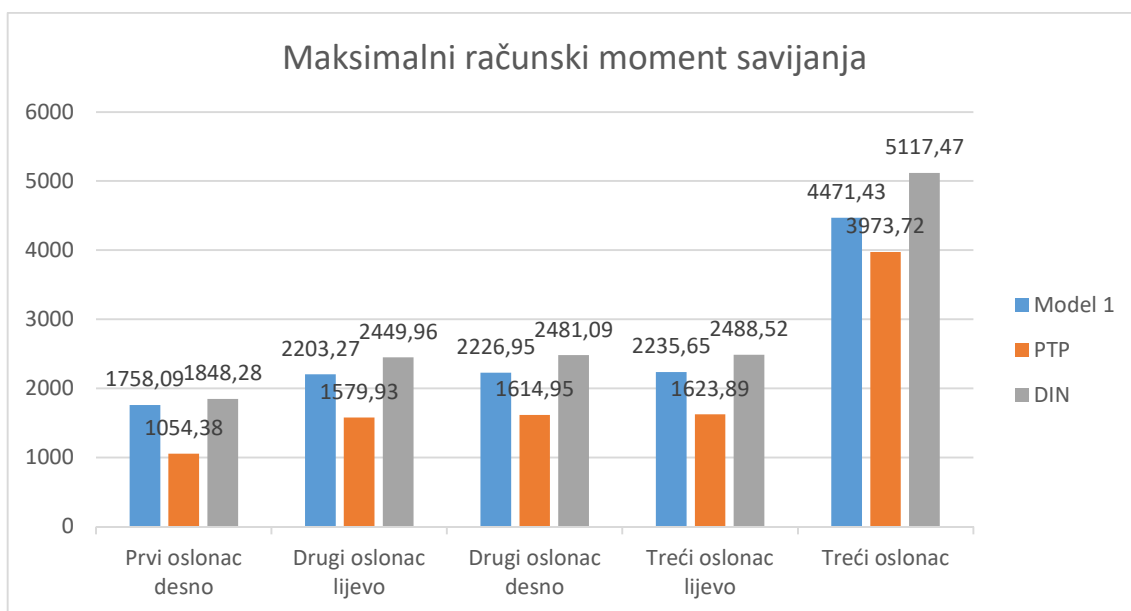


Slika 25. Grafički prikaz poprečnih sila od kontinuiranog opterećenja

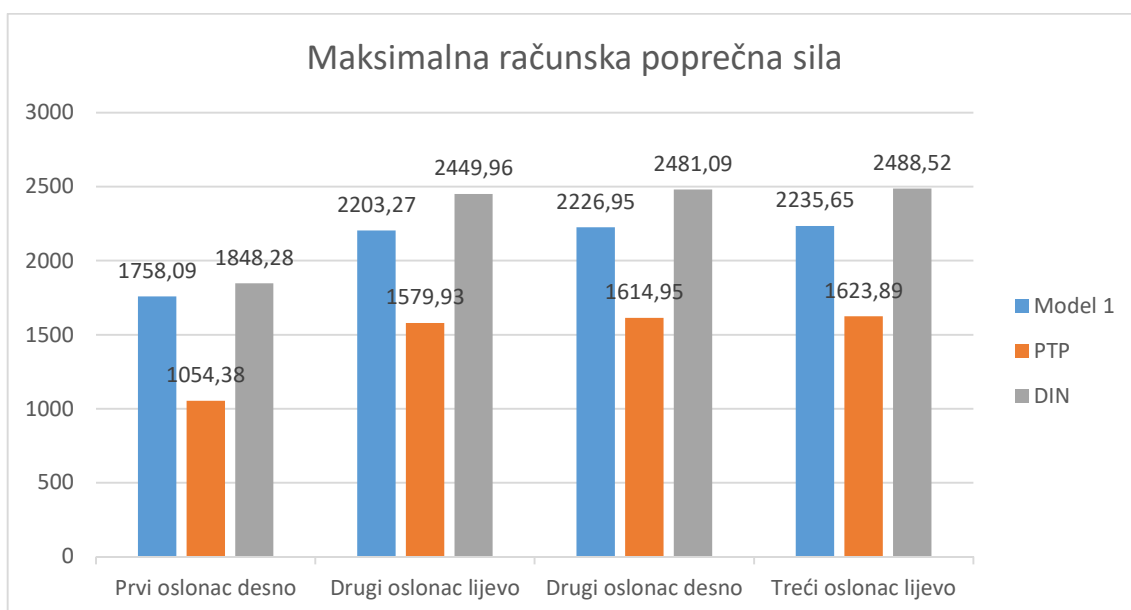


Slika 26. Grafički prikaz poprečnih sila od ukupnog prometnog opterećenja

Grafovi poprečnih sila slični su grafovima momenata, najveće poprečne sile od koncentriranih djelovanja dobivamo kod Modela 1, malo manje po DIN-u, puno manje poprečne sile dobivamo po PTP-u. Dok su razlike poprečnih sila od kontinuiranih opterećenja manje između modela. Po PTP-u se javljaju najmanje sile radi velike udaljenosti među osovinama koja iznosi 9m, tako da djelom druga sila negativno djeluje odnosno smanjuje moment savijanja. S druge strane DIN iako stariji model sastoji se od 3 osovine koje se nalaze na udaljenosti 1.5 m te izazivaju jako velike momente, a samim time i velike poprečne sile.



Slika 27. Grafički prikaz maksimalnih računskih momenata savijanja



Slika 28. Grafički prikaz maksimalnih poprečnih sila

Unatoč većim momentima kod Modela 1, pri određivanju maksimalnog računskog momenta stalno i prometno opterećenje množimo koeficijentom sigurnosti koji je manji kod Modela 1 i iznosi 1.35 za stalno i prometno opterećenje, dok je za PTP i DIN koeficijent sigurnost 1.6 za stalno i 1.8 za prometno. Množenje opterećenja koeficijentima rezultira pojavi najvećih proračunskih momenata kod DIN-a, nešto manjih kod Modela 1, a najmanjih kod PTP-a. No, pristupi dimenzioniranju se razlikuju, stoga je bitno napraviti i usporedbu stvarno dobivene armature prema različitim propisima odnosno normama što je napravljeno u nastavku.

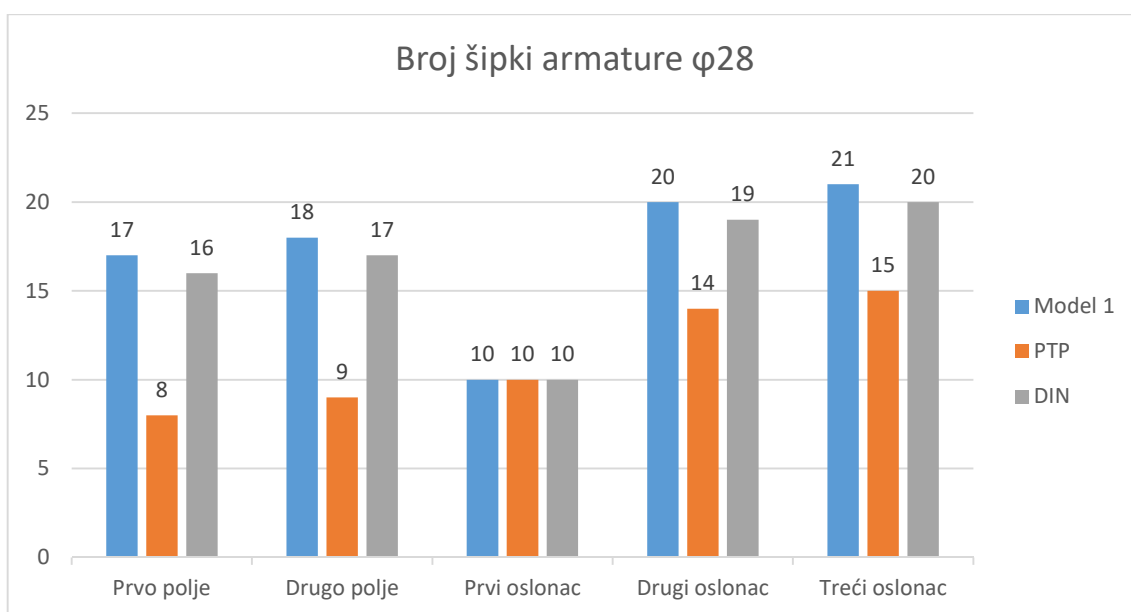
5.3. Pregled armature

Tablica 8. Broj šipki armature $\phi 28$

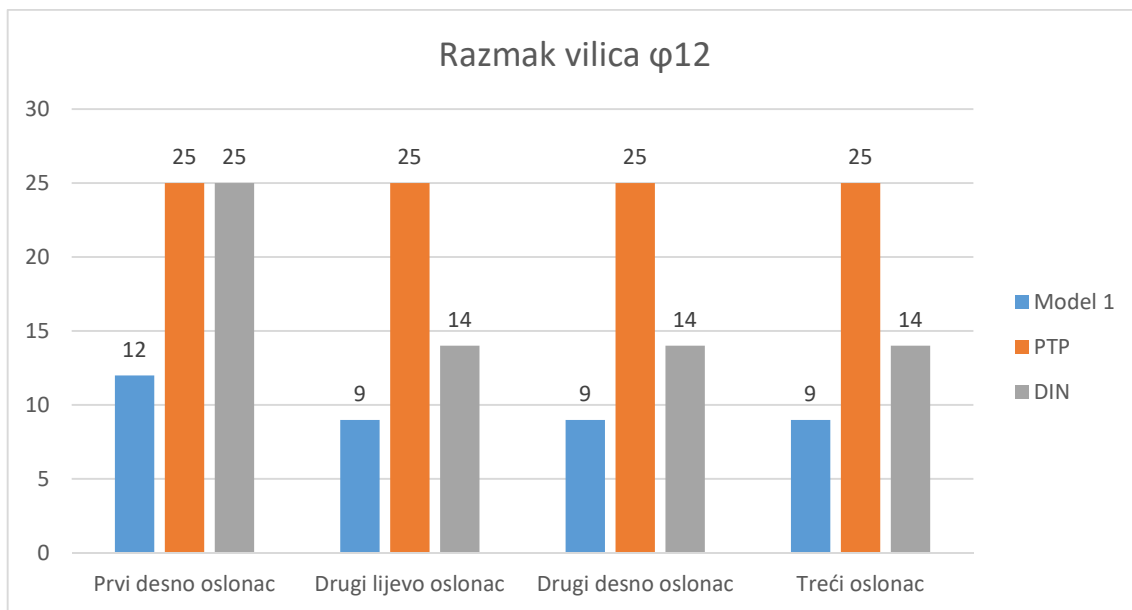
	Model 1	PTP	DIN
Prvo polje	17	8	16
Drugo polje	18	9	17
Prvi oslonac	10	10	10
Drugi oslonac	20	14	19
Treći oslonac	21	15	20

Tablica 9. Razmak vilica $\phi 12$

	Model 1	PTP	DIN
Prvi desno oslonac	12	25	25
Drugi lijevo oslonac	9	25	14
Drugi desno oslonac	9	25	14
Treći oslonac	9	25	14



Slika 29. Grafički prikaz broja šipki armature $\phi 28$



Slika 30. Grafički prikaz razmaka vilica $\phi 12$

Manji momenti zahtijevaju manje armature, a veći momenti više armature kako bi ih mogli preuzeti. Broj šipki je u korelaciji je s momentima. To se jasno vidi ako usporedimo grafove momenata i broja šipki. Za velike moment potreban je i velike broj šipki armature, a za male moment potrebno je zadovoljiti bar minimalnu dozvoljenu površinu, odnosno minimalno dozvoljen broj šipki. S druge strane također postoji korelacijska povezanost između poprečne sile i dozvoljenog razmaka vilica. Da bi se preuzeli najveće poprečne sile potrebo je gušće postaviti vilice, dok male poprečne sile dopuštaju postavljanje vilica na veće razmake do maksimalno 25 cm udaljenosti jedna od druge što je najveća preporučena udaljenost među vilicama.

6. Popis literature

- [1] Materijali s predavanja i vježbi iz kolegija Mostovi, ak.god. 2022./2023.
- [2] D. Skokandić, Ana Mandić Ivanković, A. Žnidarič i M. Srbić – Modeliranje utjecaja prometnog opterećenja u postupku ocjenjivanja postojećih cestovnih mostova
https://www.researchgate.net/publication/338544206_Modeliranje_utjecaja_prometno_ga_opterecenja_u_postupku_ocjenjivanja_postojecih_cestovnih_mostova
- [3] Mandić, Ana: Prilog osuvremenjivanju propisa za opterećenja mostova, 2003., magistarski rad, Građevinski fakultet, Zagreb
- [4] J Radić, Uvod u mostarstvo, 2009., 978-953-169-205-2
- [5] Zorislav Sorić, Tomislav Kišiček, Betonske konstrukcije 1, 2014., 380-061/160-14-4

7. Popis ilustracija

Slika 1. Poprečni presjek mosta

Slika 2. Polovica poprečnog presjeka s površinama (m²)

Slika 3. Shema sudjelujuće širine ploče

Slika 4. Shema uzdužnog presjeka mosta sa sudjelujućim širinama ploče u poljima i nad osloncima

Slika 5. Poprečni raspored prometnog opterećenja prema Modelu 1

Slika 6. Poprečni raspored prometnog opterećenja prema PTP-u

Slika 7. Prikaz uzdužne raspodjele koncentriranih sila po PTP-u

Slika 8. Poprečni raspored prometnog opterećenja prema DIN-u

Slika 9. Prikaz uzdužne raspodjele koncentriranih sila po DIN-u

Slika 10. Grafički prikaz djelovanja po modelima (kN/m', kN)

Slika 11. Utjecajna linija s maksimalnom vrijednosti na sredini prvog polja

Slika 12. Utjecajna linija s maksimalnom vrijednosti na sredini drugog polja

Slika 13. Utjecajna linija sa zglobom nad drugim osloncem

Slika 14. Utjecajna linija sa zglobom nad trećim osloncem

Slika 15. Utjecajna linija poprečnih sila nad prvim osloncem s desne strane

Slika 16. Utjecajna linija poprečnih sila nad drugim osloncem s lijeve strane

Slika 17. Utjecajna linija poprečnih sila nad drugim osloncem s desne strane

Slika 18. Utjecajna linija poprečnih sila nad trećim osloncem s lijeve strane

Slika 19. Utjecajna linija poprečnih sila nad trećim osloncem s desne strane

Slika 20. Statička shema uzdužnog presjeka

Slika 21. Grafički prikaz momenata od koncentriranog opterećenja

Slika 22. Grafički prikaz momenata od kontinuiranog opterećenja

Slika 23. Grafički prikaz momenata od ukupnog prometnog opterećenja

Slika 24. Grafički prikaz poprečnih sila od koncentriranog opterećenja

Slika 25. Grafički prikaz poprečnih sila od kontinuiranog opterećenja

Slika 26. Grafički prikaz poprečnih sila od ukupnog prometnog opterećenja

Slika 27. Grafički prikaz maksimalni računski momenata savijanja

Slika 28. Grafički prikaz maksimalni poprečnih sila

Slika 29. Grafički prikaz broja šipki armature $\phi 28$

Slika 30. Grafički prikaz razmaka vilica $\phi 12$

8. Popis tablica

Tablica 1. Djelovanja po modelima (kN/m', kN)

Tablica 2. Momenti od koncentriranog opterećenja

Tablica 3. Momenti od kontinuiranog opterećenja

Tablica 4. Momenti od ukupno prometnog opterećenja

Tablica 5. Poprečne sile od koncentriranog opterećenja

Tablica 6. Poprečne sile od kontinuiranog opterećenja

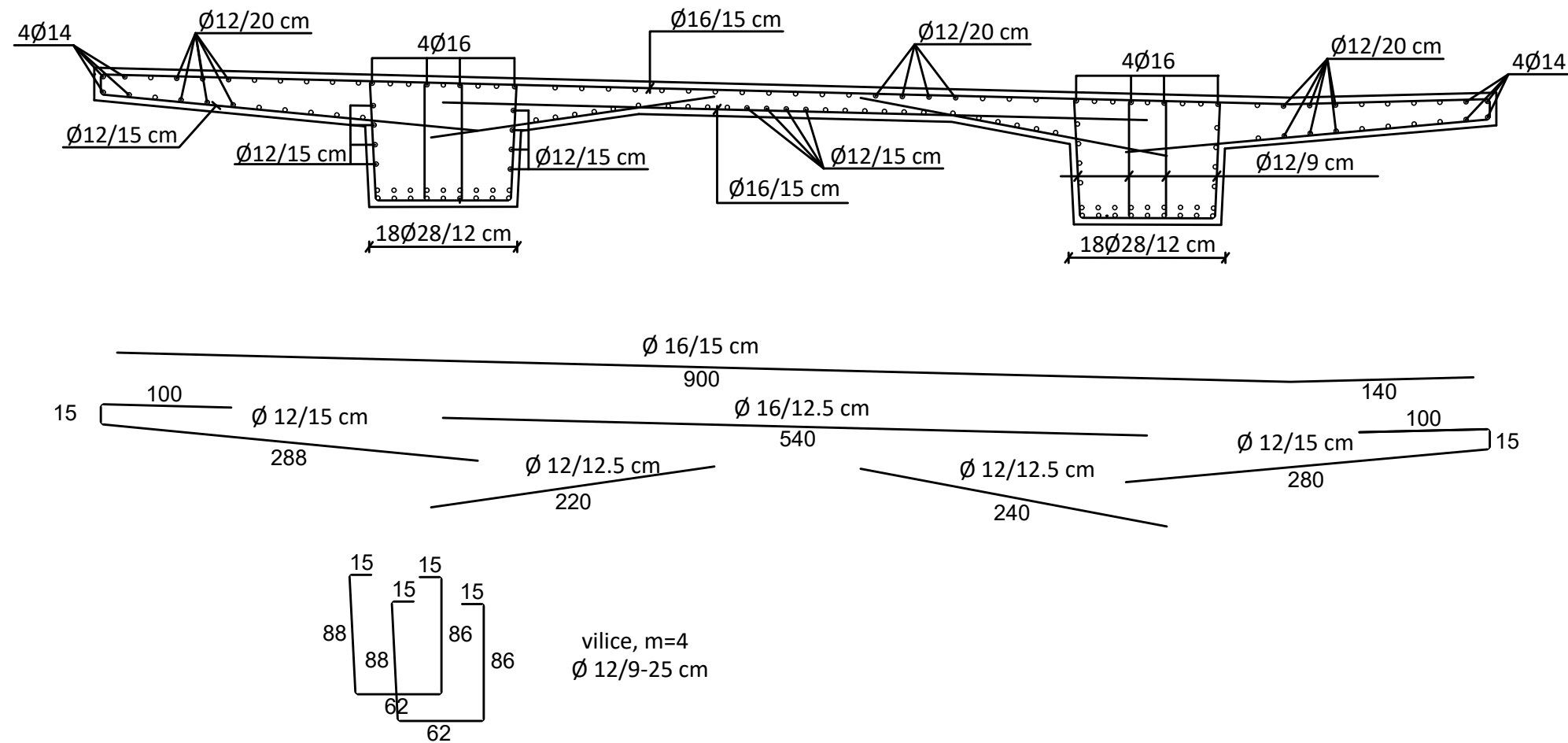
Tablica 7. Poprečne sile od ukupnog prometnog opterećenja

Tablica 8. Broj šipki armature $\phi 28$

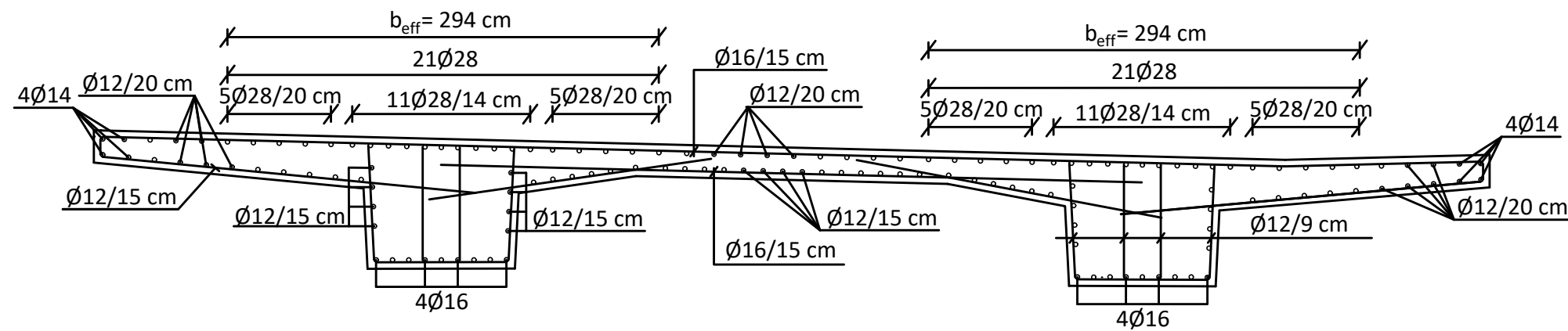
Tablica 9. Razmak vilica $\phi 12$

9. SKICE POPREČNIH PRESJEKA PO MODELU 1

Raspon 2.



Oslonac 3.



GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU	
KOLEGIJ: MOSTOVI	
RAZINA OBRADE: SKICE POPREČNIH PRESJEKA ARMATURE	
ASISTENT: ANA MANDIĆ IVANKOVIĆ	
DATUM: 15.1.	MJERILO:
ŠKOLSKA GODINA: 2023./24.	1:50
IZVODIO: TOMISLAV BANIĆ	