



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

Studijski program:	Građevinarstvo master akademske studije
Modul:	Građevinska geotehnika / Organizacija, tehnologija i informatika u građevinarstvu
Godina/Semestar:	I godina / I semestar
Naziv predmeta (šifra):	Projektovanje betonskih konstrukcija (M3O1PB / M3O1PB4)
Nastavnik:	Milica Vidović/Miodrag Stojanović
Naslov vežbi:	Međuspratne konstrukcije: ploče u jednom pravcu, krstasto armirane ploče
Datum :	4.12.2025.

Beograd, 2025.

Sva autorska prava autora prezentacije i/ili video snimaka su zaštićena. Snimak ili prezentacija se mogu koristiti samo za nastavu na daljinu studenta Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu u školskoj 2023/2025 i ne mogu se koristiti za druge svrhe bez pismene saglasnosti autora materijala.



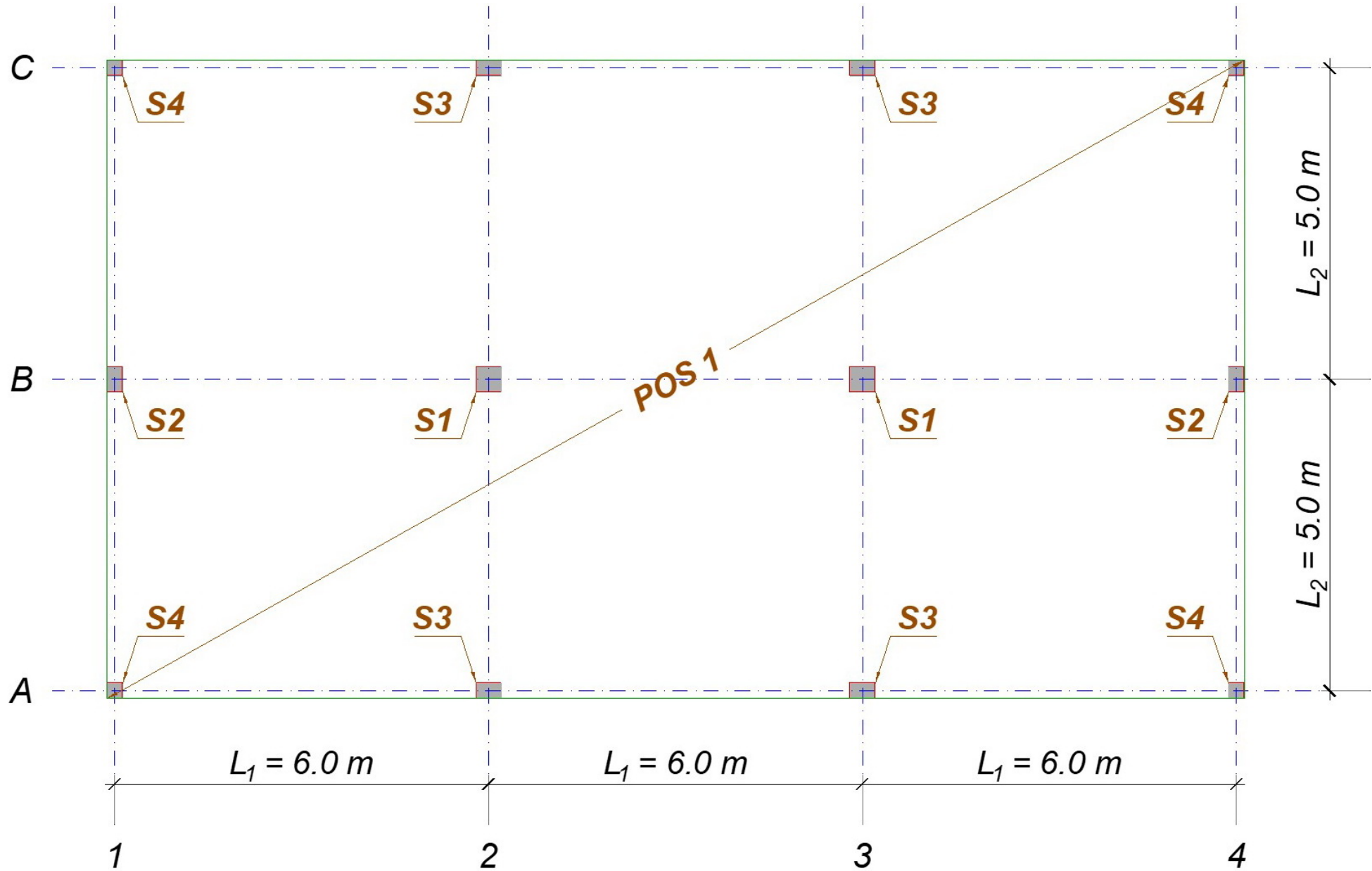
*Potrebno je projektovati konstrukciju **šestoetažnog** objekta, čiji je raster stubova u osnovi prikazan na skici. Namena objekta je **maloprodaja**.*

Položaj stepeništa nije potrebno analizirati. Krovnu ploču u ovoj fazi proračuna tretirati kao tipsku tavanicu.

*Međuspratna konstrukcija je **puna armiranobetonska ploča** livena na licu mesta (varijantno rešenje može biti neka montažna ili polumontažna konstrukcija, npr. **FERT** gredice sa ispunom od odgovarajućih opekarskih elemenata).*

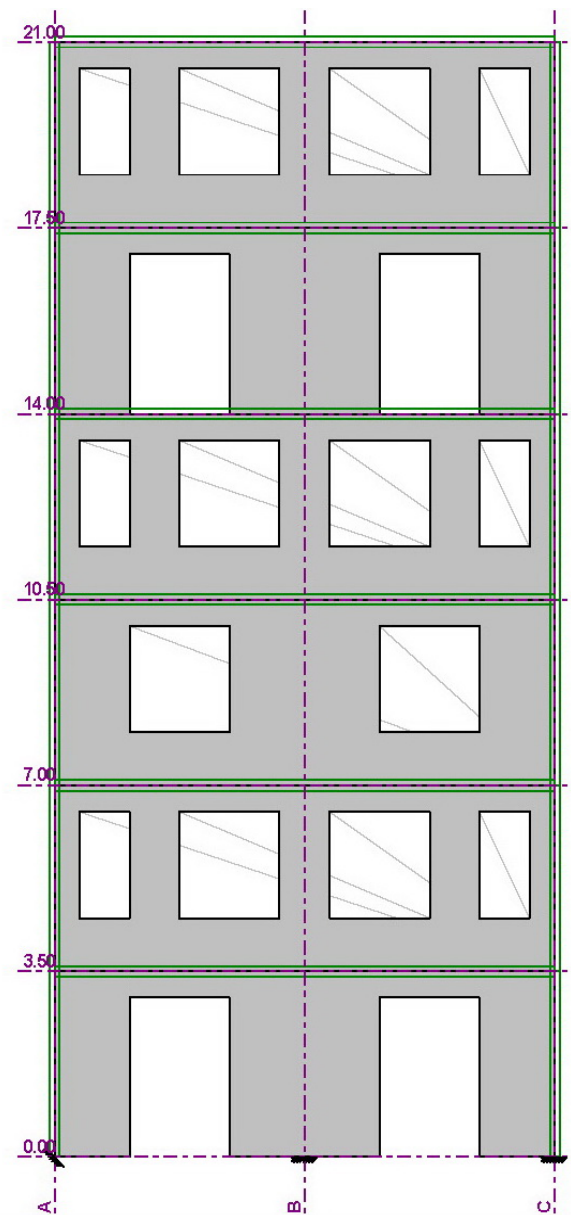
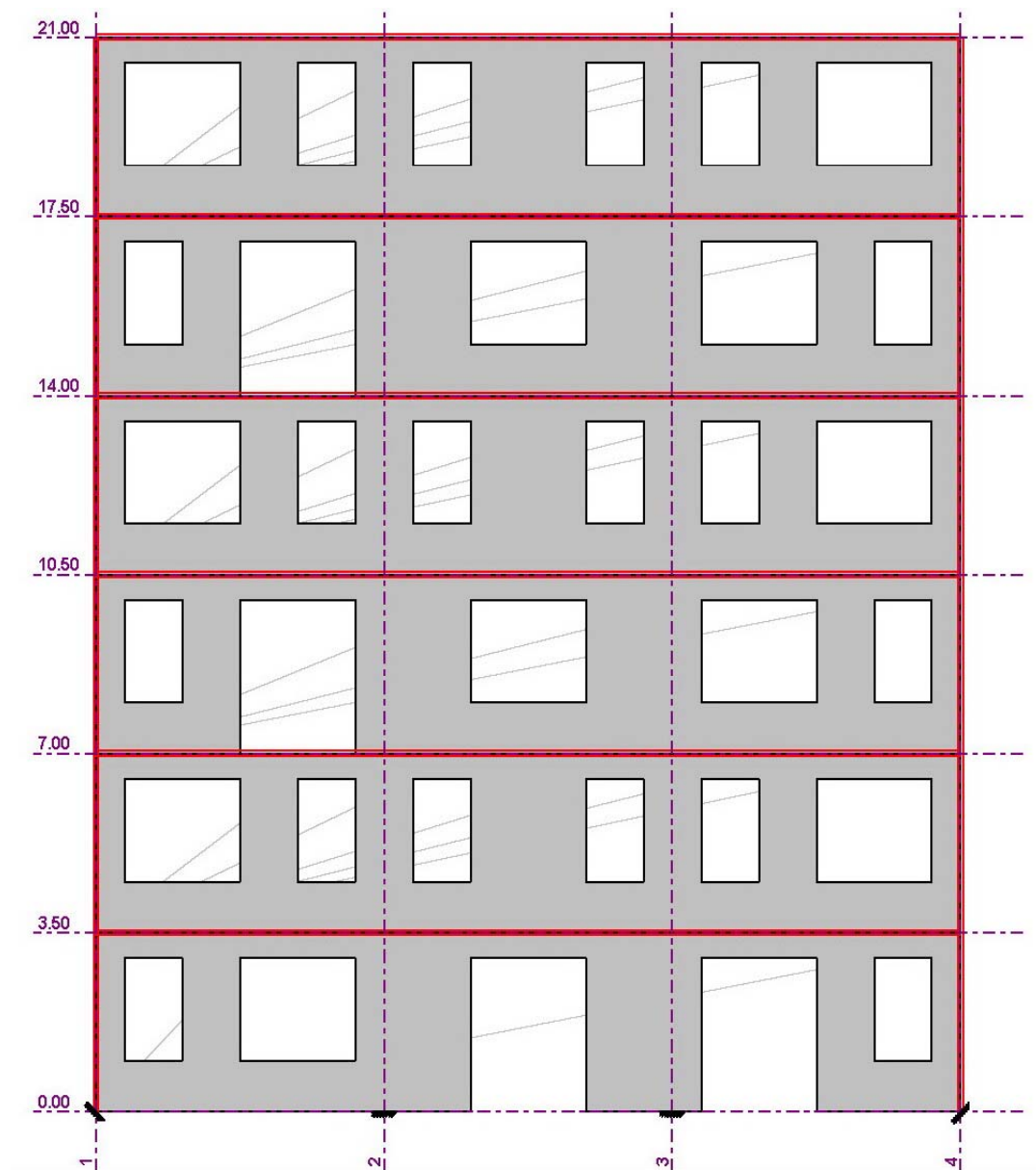
*Grede su armiranobetonske, livene na licu mesta. Stubovi su armiranobetonski, liveni na licu mesta, kvadratnog ili pravougaonog poprečnog preseka, **konstantni po visini objekta**.*

Otvore u tavanicama zanemariti.



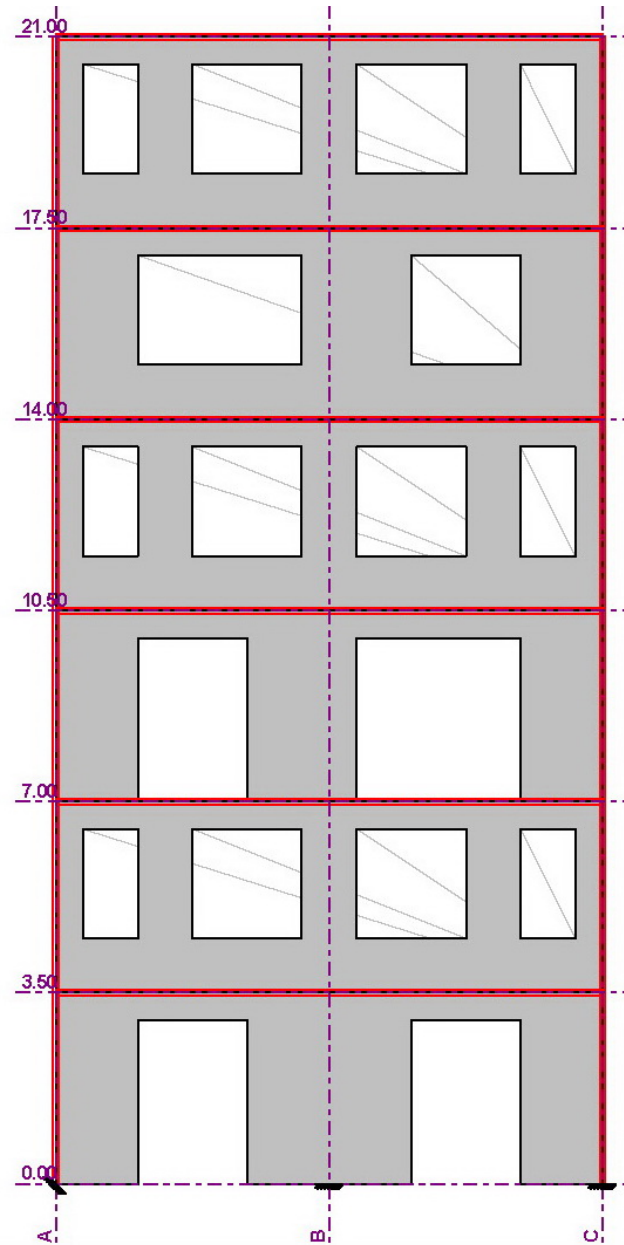
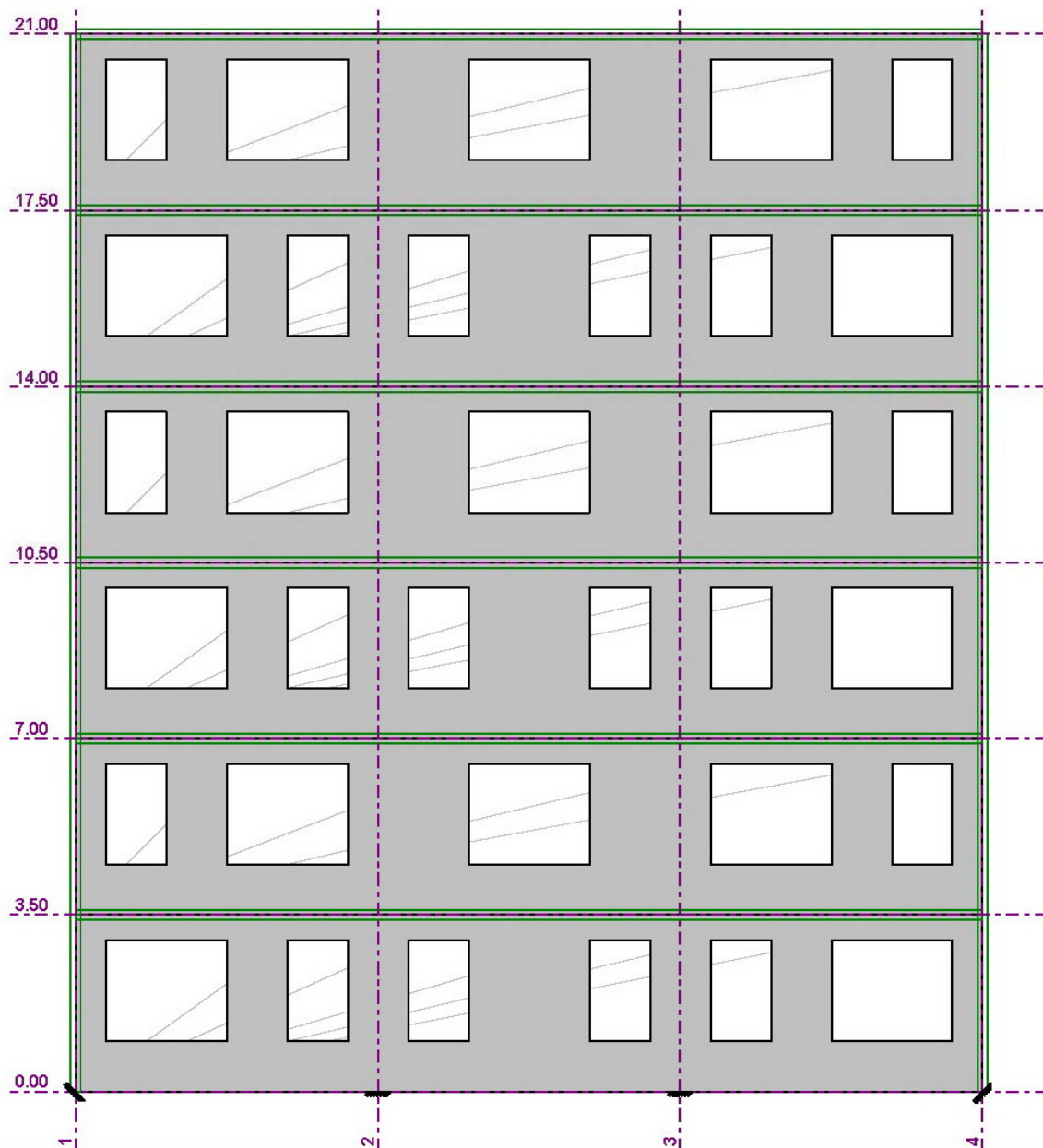
Fasade – šematski prikaz – ose A, 1

4



Fasade – šematski prikaz – ose C, 4

5



Pregradni zidovi – uprosečavanje opterećenja

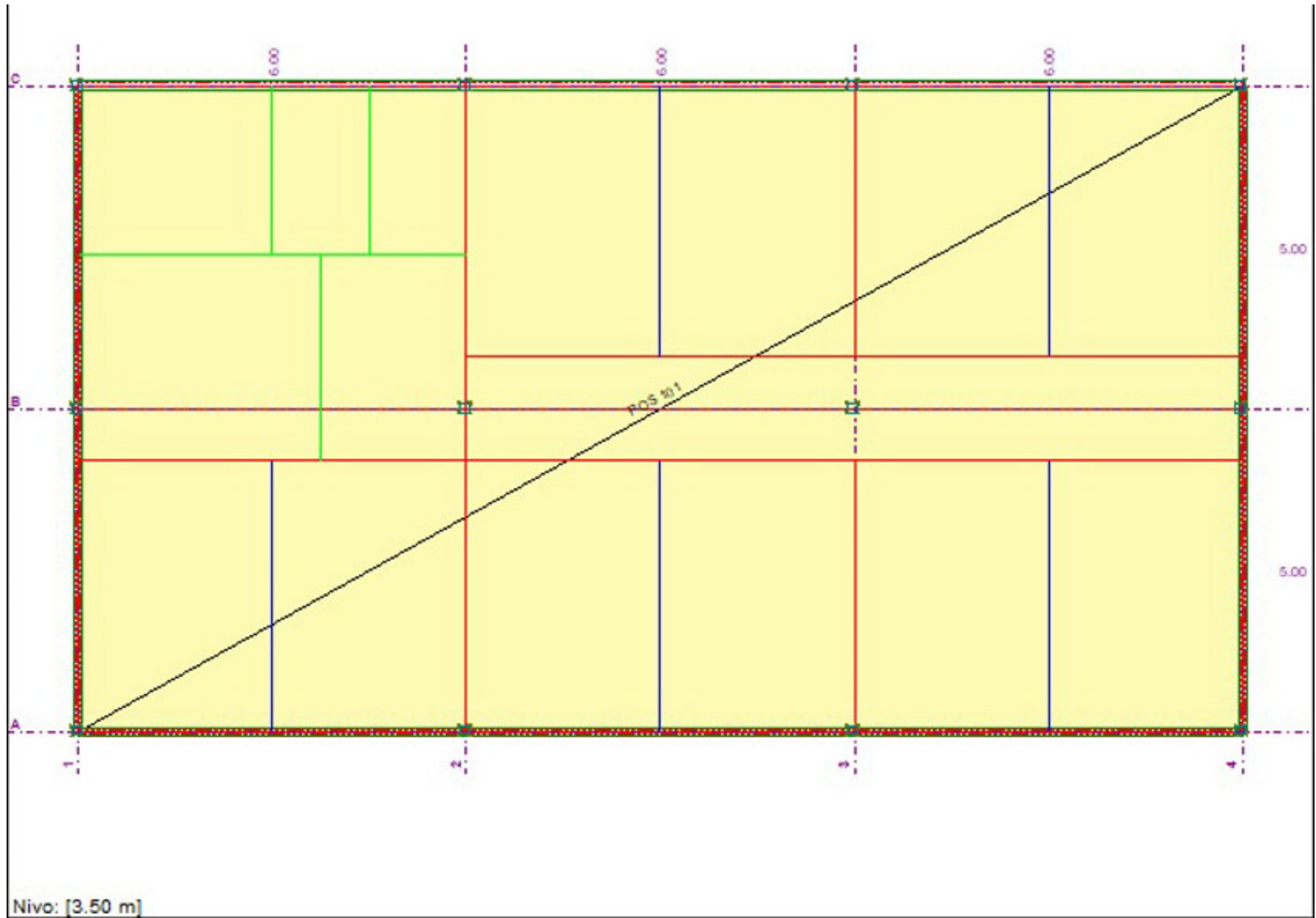
6

*Na naredna dva slajda je prikazan šematski raspored pregrada na dva „tipska“ sprata razmatranog objekta. Uobičajeno je da se opekarske pregrade debljine 12 cm i manje, kao i gips-kartonske i slične pregrade, predstavljaju kao **zamenjujuće jednako raspodeljeno opterećenje**, s obzirom na male razlike u intenzitetu i položaju opterećenja po različitim etažama, kao i udeo u ukupnom opterećenju tavanice. Ovo se naročito odnosi na preliminarne i idejne faze projekta.*

Ukoliko se proračunom tretiraju kao linijska opterećenja, intenzitet opterećenja se dobija množenjem poznatih (opšteprihvaćenih) vrednosti zapreminskih težina sa čistom spratnom visinom, što će biti pokazano u nastavku.

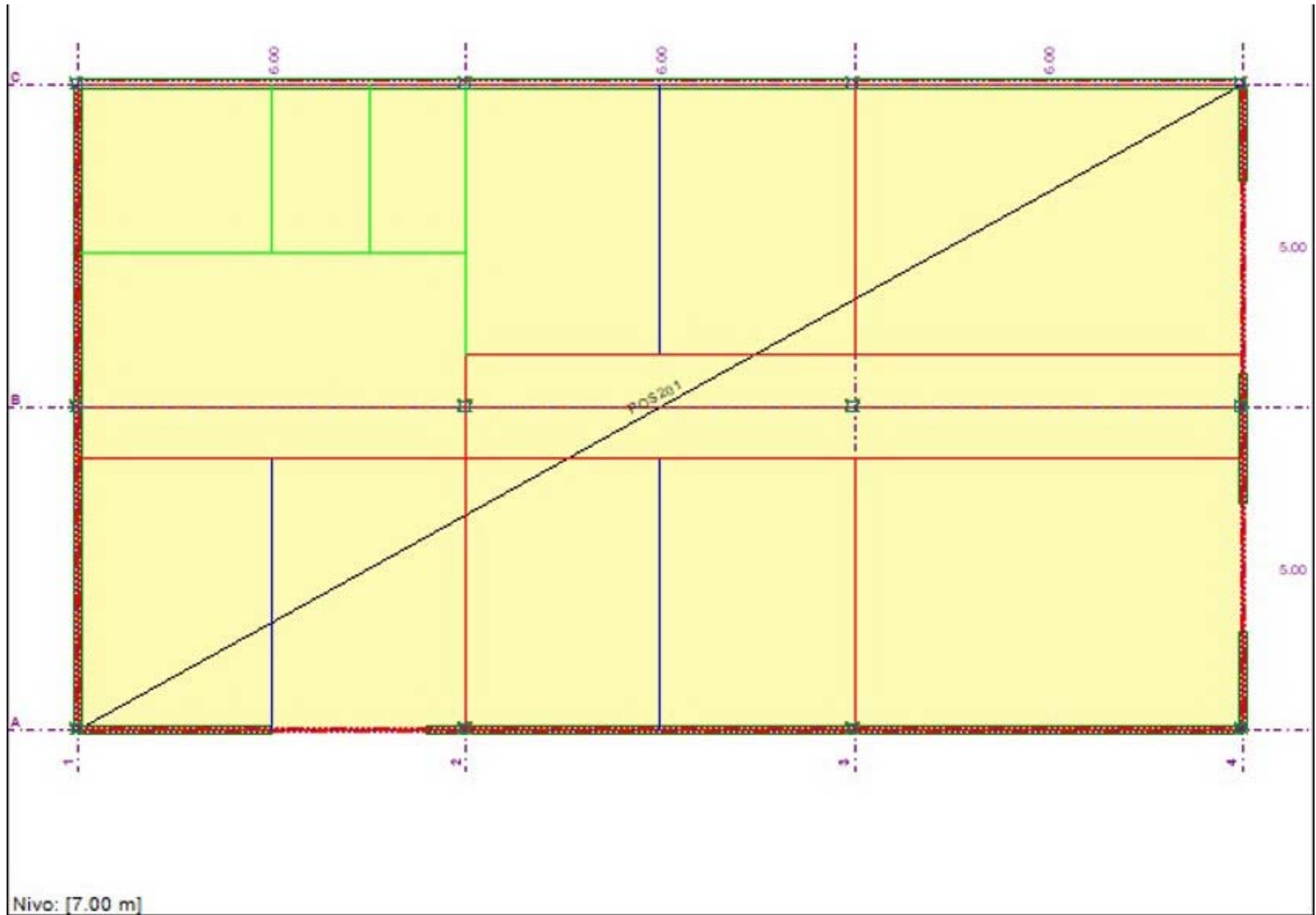
Pregradni zidovi – šematski prikaz – nivoi 1,3,5

7



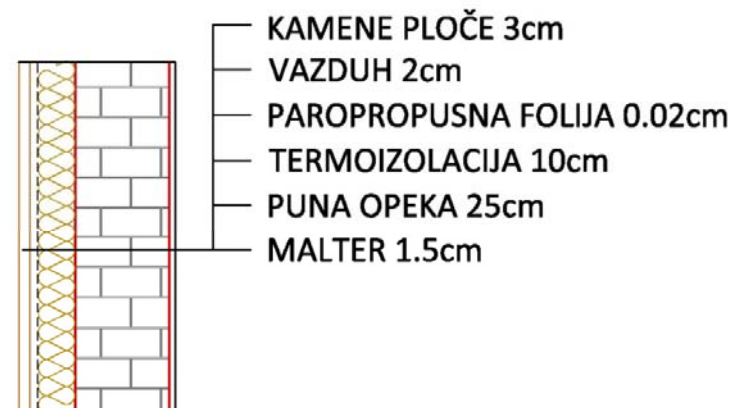
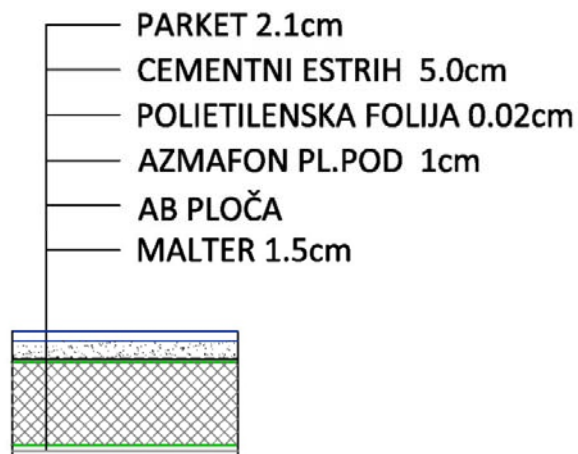
Pregradni zidovi – šematski prikaz – nivoi 2,4,6

8



Pregrade unutar razmatranog objekta su lake gips-kartonske, procenjene težine $\Delta g_1 = 0.75 \text{ kN/m}^2$, ravnomerno raspoređene po čitavoj osnovi ploče. Korisno (povremeno) opterećenje usvojiti prema odgovarajućoj regulativi **u zavisnosti od namene** objekta.

Podovi i fasada su definisani odgovarajućim opisima, prema skici:



Zapreminske težine pojedinih materijala: Građevinski materijali ili EC1.

Za zadat tip MK sračunati opterećenje: Δg_2

Težine pregradnih zidova (uprosečeno jednako raspodeljeno opterećenje) zadato zadatkom: Δg_1

Ukupno dodatno stalno opterećenje: $\Delta g = \Delta g_1 + \Delta g_2$

Analiza opterećenja

Pored sopstvene težine elemenata konstrukcije (ploče, grede, zidovi), usvojena su i sledeća opterećenja:

a. pregradni gips-kartonski zidovi, prosečno: $\Delta g_1 = 0.75 \text{ kN/m}^2$

b. težina poda i plafona:

- parket 21 mm	0.021×8	$= 0.16 \text{ kN/m}^2$
- cementni malter 5 cm	0.05×21	$= 1.05 \text{ kN/m}^2$
- <u>plafon (produžni malter) 1.5 cm</u>	<u>0.015×19</u>	<u>$= 0.29 \text{ kN/m}^2$</u>

ukupno, težina poda i plafona: $\Delta g_2 = 1.50 \text{ kN/m}^2$

c. ukupno dodatno stalno opterećenje: $\Delta g = 2.25 \text{ kN/m}^2$

Dodatno stalno opterećenje se zadaje kao jednako raspodeljeno opterećenje po čitavoj površini međuspratne konstrukcije (ploča, odnosno montažna ili polu-montažna konstrukcija koja simulira ploču) u svim varijantama koje će biti razmatrane.

EC1 - Tabela 6.1: Kategorije upotrebe

11

Kategorija	Specifična upotreba	Primer
A	<i>stambene površine</i>	<i>Sobe u stambenim zgradama i kućama; spavaće sobe i odeljenja u bolnicama; spavaće sobe u hotelima i prenoćištima; kuhinje i toaleti</i>
B	<i>Kancelarijske površine</i>	
C	<i>Površine na kojima je moguće okupljanje ljudi (sa izuzetkom površina definisanih u kategorijama A, B i D)</i>	C1: <i>Površine sa stolovima (npr. površine u školama, kafeima, restoranima, trpezarijama, salama za prijeme)</i> C2: <i>Površine sa nepokretnim sedištim (npr. površine u crkvama, pozorištima ili bioskopima, konferencijskim salama, učionicama, salama za skupove, čekaonicama)</i> C3: <i>Površine bez prepreka za kretanje ljudi, npr. površine u muzejima i izložbenim prostorijama; pristupne površine u javnim i administrativnim zgradama, hotelima, bolnicama i predvorjima železničkih stanica</i> C4: <i>Površine sa mogućim fizičkim aktivnostima (plesne dvorane, gimnastičke sale, pozornice)</i> C5: <i>Površine osetljive na veliko okupljanje ljudi (koncertne i sportske dvorane, tribine, terase i pristupne površine, železničke platforme)</i>
D	<i>Prodajne površine</i>	D1: <i>površine u maloprodajnim radnjama uopšte</i> D2: <i>površine u robnim kućama</i>

EC1 - Tabela 6.3: Kategorije skladištenja i industrijske upotrebe

Kategorija	Specifična upotreba	Primer
E1	<i>Površine osetljive na nagomilavanje skladištenog materijala, uključujući pristupne površine</i>	<i>Površine za skladištenje, uključujući skladištenje knjiga i drugih dokumenata</i>
E2	<i>Industrijska upotreba</i>	

EC1 - Tabela 6.7: Saobraćajne i parking površine u zgradama

Kategorija	Specifična upotreba	Primer
F	<i>Saobraćajne i parking površine za laka vozila (≤ 30 kN bruto težine vozila i ≤ 8 sedišta, ne uključujući vozača)</i>	<i>garaže; parking površine, parking hale</i>
G	<i>Saobraćajne i parking površine za srednja vozila (> 30 kN, ≤ 160 kN bruto težine vozila, na 2 osovine)</i>	<i>prilazi; dostavne zone; prilazne zone za vatrogasna vozila (≤ 160 kN bruto težine vozila)</i>

EC0 - Tabela A1.1: Preporučene vrednosti ψ koeficijenata za zgrade

13

Korisna opterećenja u zgradama, prema kategoriji (videti EN 1991-1-1)

Dejstvo	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kategorija A : prostorije za domaćinstvo i stanovanje	0.7	0.5	0.3
Kategorija B : kancelarijske prostorije	0.7	0.5	0.3
Kategorija C : prostorije za okupljanje ljudi	0.7	0.7	0.6
Kategorija D : trgovačke prostorije	0.7	0.7	0.6
Kategorija E : skladišne prostorije	1	0.9	0.8
Kategorija F : saobraćajne površine, težina vozila ≤ 30 kN	0.7	0.7	0.6
Kategorija G : saobraćajne površine, 30 kN < težina vozila ≤ 160 kN	0.7	0.5	0.3

Kategorija H: krovovi (dejstvo snega na zgrade, videti EN 1991-1-3)

Finska, Island, Norveška, Švedska	0.7	0.5	0.2
ostale države članice CEN, za lokacije na nadmorskoj visini $H > 1000$ m	0.7	0.5	0.2
ostale države članice CEN, za lokacije na nadmorskoj visini $H \leq 1000$ m	0.5	0.2	0
Opterećenje od vetra na zgrade (videti EN 1991-1-4)	0.6	0.2	0
Temperatura (osim požara) u zgradama (videti EN 1991-1-5)	0.6	0.5	0

EC1 - Tabela 6.2: Korisna opterećenja na podovima, balkonima i stepeništima zgrada

Kategorije opterećenih površina	q_k [kN/m ²]			Q_k [kN]		
Kategorija A						
- podovi	1.5	do	2.0	2.0	do	3.0
- stepeništa	2.0	do	4.0	2.0	do	4.0
- balkoni	2.5	do	4.0	2.0	do	3.0
Kategorija B	2.0	do	3.0	1.5	do	4.5
Kategorija C						
- C1	2.0	do	3.0	3.0	do	4.0
- C2	3.0	do	4.0	2.5	do	7.0 (4.0)
- C3	3.0	do	5.0	4.0	do	7.0
- C4	4.5	do	5.0	3.5	do	7.0
- C5	5.0	do	7.5	3.5	do	4.5
Kategorija D						
- D1	4.0	do	5.0	3.5	do	7.0 (4.0)
- D2	4.0	do	5.0	3.5	do	7.0

EC1 - Tabela 6.4 Korisna opterećenja podova usled skladištenja

Kategorije opterećenih površina	q_k [kN/m²]	Q_k [kN]
Kategorija E1	7.5	7.0

EC1 - Tabela 6.8 Korisna opterećenja za vozila u garažama i na saobraćajnim površinama

Kategorije opterećenih površina	q_k [kN/m²]	Q_k [kN]
Kategorija F Bruto težina vozila ≤ 30 kN	1.5 do 2.5	10.0 do 20.0
Kategorija G 30 kN < bruto težina vozila ≤ 160 kN	5.0	40.0 do 90.0

Ploča POS 1 na *gredama u jednom pravcu*

16

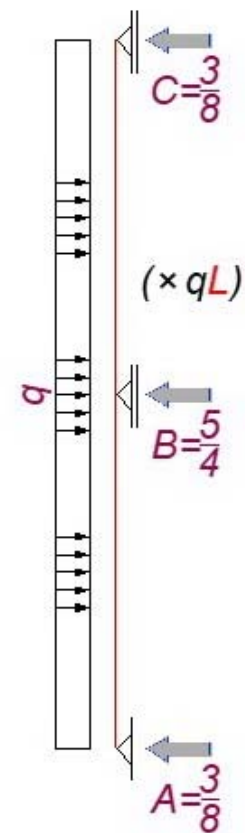
Kao najjednostavnije rešenje, međuspratnu konstrukciju ćemo u prvoj varijanti projektovati kao punu AB ploču oslonjenu na grede u jednom pravcu. Zavisno od odnosa L_1 i L_2 , grede će biti postavljene tako da ploča bude što manjeg raspona.

*U prvom slučaju, kada je $L_1 \geq L_2$, grede će biti postavljene u pravcu slovnih osa A, B i C, a ploča će biti sistema kontinualnog nosača na **dva polja**, raspona $L = L_{min} = L_2$ (slajd 17).*

*Ukoliko je $L_2 \geq L_1$, grede će biti postavljene u pravcu brojnih osa, a ploča će biti sistema kontinualnog nosača na **tri polja**, raspona $L = L_{min} = L_1$ (slajd 19).*

U oba slučaja su grede na koje se ploča POS 1 oslanja označene sa POS 2 (ivične) i POS 3 (srednje), dok su grede POS 4 grede koje prihvataju opterećenje od fasade, smanjuju deformaciju slobodne ivice ploče i utiču na raspodelu horizontalnih sila, ali ne menjaju statički sistem ploče za prenošenje vertikalnog opterećenja.

17



Ploča POS 1 na gredama u jednom pravcu

18

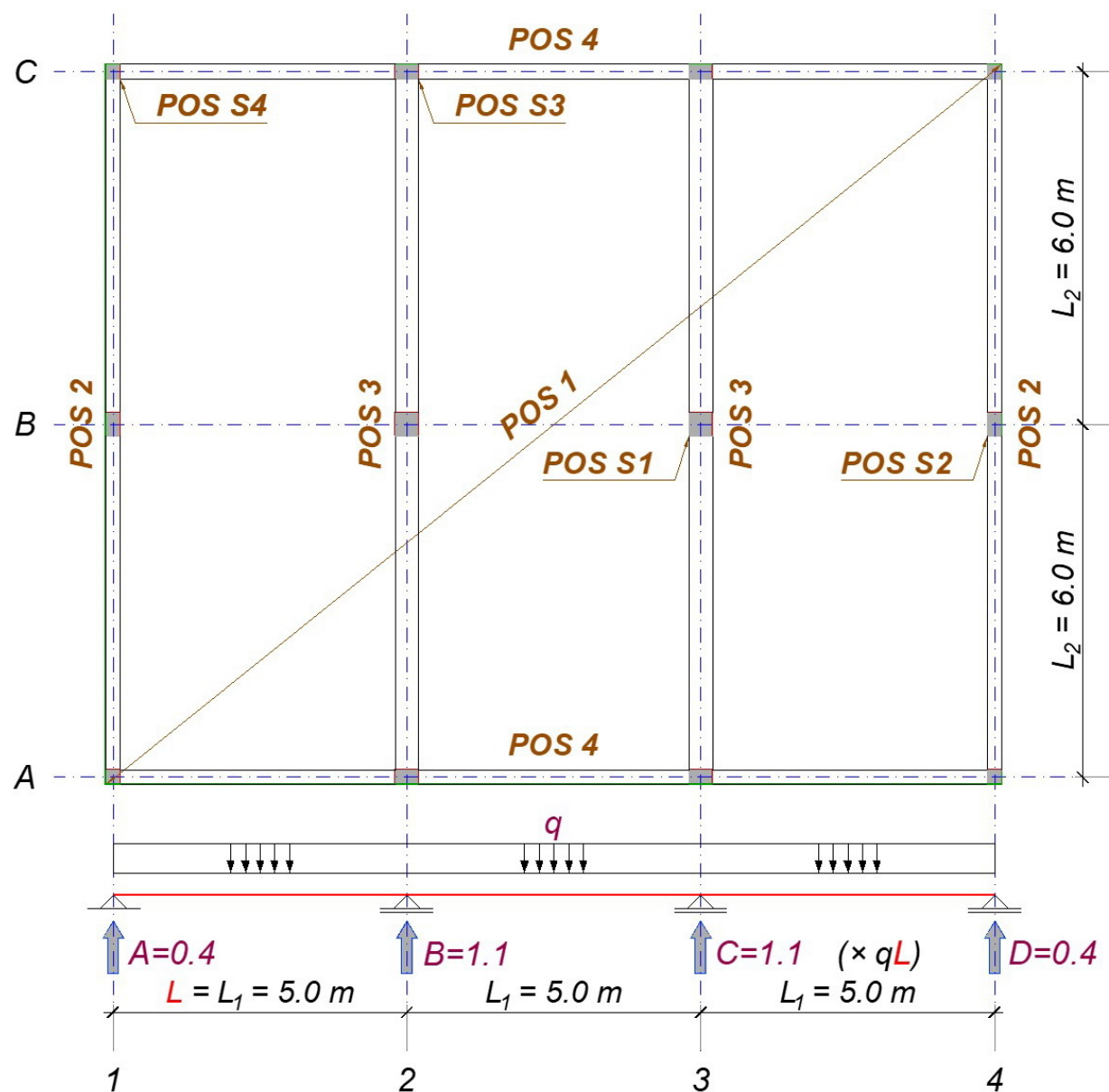
U slučaju da se izostave grede POS 4, postoje oslonci samo u jednom pravcu i POS 1 je nedvosmisleno ploča koja prenosi opterećenje samo u jednom pravcu, bez obzira na dimenzije u osnovi.

Ukoliko se izvedu i grede POS 4, ploča POS 1 (odnosno njeni delovi) su oslonjeni na sistem od četiri grede (**linijski oslonci na sve četiri strane**) i o tome da li ploča prenosi opterećenje u jednom ili dva pravca odlučuje **odnos strana** pojedinih delova.

Za dispoziciju prikazanu na slajdu 17 odnos strana ploče u osnovi je $3 \times 6,0 / 5,0 = 18,0 / 5,0 = 3,6 > 2$. Za dispoziciju prikazanu na slajdu 19 odnos strana ploče u osnovi je $2 \times 6,0 / 5,0 = 12,0 / 5,0 = 2,4 > 2$, pa ploča u oba slučaja prenosi opterećenje u jednom (kraćem) pravcu.

Ploča POS 1 na gredama u jednom pravcu ($L_1 < L_2$)

19



Usvajanje debljine ploče

20

Табела 7.4N – Основни односи распон/статичка висина за армиранобетонске елементе без аксијалног притиска

Конструкцијски систем	K	Велики напони у бетону $\rho = 1,5 \%$	Мали напони у бетону $\rho = 0,5 \%$
Слободно ослоњена греда, слободно ослоњена плоча која носи у једном или два правца	1,0	14	20
Крајње поље континуалног гредног носача или континуалне плоче која носи у једном правцу или плоче која носи у два правца, континуална преко једне, дуже стране	1,3	18	26
Унутрашње поље греде или плоче која носи у једном или два правца	1,5	20	30
Плоча ослоњена на стубове без греда (равна плоча) (у односу на већи распон)	1,2	17	24
Конзола	0,4	6	8

НАПОМЕНА 1 Дате вредности изабране су тако да су начелно на страни сигурности и прорачун често може да покаже да су могући тањи елементи.

НАПОМЕНА 2 За плоче које носе у два правца провера треба да се изврши према краћем распону. За равне плоче треба да се узме већи распон.

НАПОМЕНА 3 Граничне вредности дате за равне плоче без капитета одговарају мање строгим ограничењима од оних које даје однос распон/250 за угибе у средини распона у односу на стубове. Искуство је показало да су те граничне вредности задовољавајуће.

$$\frac{L}{d} \leq 1.3 \times 26 \Rightarrow d \geq \frac{L}{33.8} = \frac{500}{33.8} = 14.8 \text{ cm}$$

*S obzirom na Napomenu 1 uz Tabelu 7.4N, uzimaju se u obzir i propisani **maksimalni** odnosi L/d dati u britanskim i nemačkim nacionalnim dokumentima:*

$$\frac{L}{d} \leq 1.3 \times 40 = 52 \Rightarrow d \geq \frac{L}{52} = \frac{500}{52} = 9.6 \text{ cm} \quad (BS)$$

$$\frac{L}{d} \leq 1.3 \times 35 = 45.5 \Rightarrow d \geq \frac{L}{45.5} = \frac{500}{45.5} \approx 11 \text{ cm} \quad (DIN)$$

*Da bi se usvojila ukupna debljina ploče **h**, potrebno je izvršiti proračun debljine čistog zaštitnog sloja:*

$$h = d + d_1 = d + \left(c + \frac{\emptyset}{2} \right)$$

Utvrdjivanje debljine zaštitnog sloja

22

Proračunski eksploatacioni vek konstrukcije se utvrđuje prema *ECO*, deo 2.3:

2.3 PRORAČUNSKI EKSPLOATACIONI VEK

- (1) Proračunski eksploatacioni vek (*design working life*), treba da bude određen.

Napomena: Indikativne kategorije, date su u tabeli 2.1. Vrednosti, date u tabeli 2.1, mogu da budu korišćene i za određivanje ponašanja konstrukcije, koje zavisi od vremena, na primer, proračuni, koji se odnose na zamor (*fatigue*). Videti i aneks A.

Tabela 2.1 Indikativni proračunski eksploatacioni vek

Kategorija proračunskog eksploatacionog veka	Indikativni proračunski eksploatacioni vek (godina)	Primeri
1	10	Privremene konstrukcije ¹⁾
2	10 do 25	Zamenljivi delovi konstrukcije, na primer, kranski nosači, ležišta
3	15 do 30	Poljoprivredne i slične konstrukcije
4	50	Konstrukcije zgrada i druge jednostavne konstrukcije
5	100	Konstrukcije monumentalnih zgrada, mostovi, kao i konstrukcije drugih građevinskih objekata
¹⁾ Konstrukcije ili delovi konstrukcija, koji mogu da budu uklonjeni, sa izgledom da budu ponovo korišćeni, ne treba da budu razmatrani kao privremeni.		

Utvrđivanje debljine zaštitnog sloja

(2)П На плановима мора да се утврди величина називног заштитног слоја. Он се дефинише као минимални заштитни слој, $c_{\min}$ (видети 4.4.1.2), који се повећава за одступање у извођењу које се узима у обзир у прорачуну, Δc_{dev} (видети 4.4.1.3):

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} \quad (4.1)$$

4.4.1.2 Минимални заштитни слој, $c_{\min}$

(1)П Минимални заштитни слој бетона, $c_{\min}$, мора да се предвиди како би се обезбедили:

- сигуран пренос сила приањања бетона и арматуре (видети такође одељке 7 и 8);
- заштита челика од корозије (трајност);
- одговарајућа отпорност на дејство пожара (видети EN 1992-1-2).

(2)П Мора да се користи већа вредност $c_{\min}$ која задовољава и захтеве у погледу приањања бетона и арматуре и захтеве који произлазе из услова средине.

$$c_{\min} = \max \{c_{\min,b}; c_{\min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\} \quad (4.2)$$

где је:

- | | |
|-------------------------|---|
| $c_{\min,b}$ | минимални заштитни слој с обзиром на услове приањања, видети 4.4.1.2 (3); |
| $c_{\min,dur}$ | минимални заштитни слој с обзиром на услове средине, видети 4.4.1.2 (5); |
| $\Delta c_{dur,\gamma}$ | додатни елемент сигурности, видети 4.4.1.2 (6); |
| $\Delta c_{dur,st}$ | смањење минималног заштитног слоја када се користи нерђајући челик, видети 4.4.1.2 (7); |
| $\Delta c_{dur,add}$ | смањење минималног заштитног слоја када се користи додатна заштита, видети 4.4.1.2 (8). |

Табела 4.2 – Минимални заштитни слој $c_{\min,b}$, захтеви у вези са приањањем

Захтеви у вези са за приањањем	
Распоред шипки	Минимални заштитни слој $c_{\min,b}$ *
Појединачне шипке	Пречник шипке
Шипке у свежњу	Еквивалентни пречник (ϕ_n) (видети 8.9.1)

* Ако је максимална називна величина агрегата већа од 32 mm, $c_{\min,b}$ треба да се повећа за 5 mm.

Табела 4.1 – Класе изложености у зависности од услова средине, у складу са EN 206-1

Ознака класе	Опис средине	Информативни примери у којима могу да се јаве класе изложености
1 Без опасности од корозије или других агресивних дејстава		
X0	За бетон без арматуре или бетон без уграђених металних елемената: сви услови изложености осим замрзавања/одмрзавања, абразије или хемијског утицаја. За бетон са арматуром или уграђеним металним елементима: веома сува	Бетон у унутрашњости зграда са веома ниском влажношћу ваздуха
2 Корозија проузрокована карбонацијом		
XС1	Сува или стално влажна средина	Бетон у унутрашњости зграда са ниском влажношћу ваздуха Бетон стално потопљен у воду
XС2	Влажна, ретко сува средина	Површине бетона изложене дуготрајном контакту са водом Многи темељи
XС3	Умерено влажна средина	Бетон у унутрашњости зграда са умереном или високом влажношћу ваздуха Бетон у спољашњем простору заштићен од кише
XС4	Циклично влажна и сува средина	Површине бетона у контакту са водом, које не спадају у класу изложености XС2

EC2 - Tabela 4.1:

25

Klase izloženosti u zavisnosti od uslova sredine

Klasa	Opis sredine	Informativni primeri u kojima mogu da se jave klase izloženosti
1 Bez opasnosti od korozije ili drugih agresivnih dejstava		
X0	Za beton bez armature ili beton bez ugrađenih metalnih elemenata: svi uslovi izloženosti osim zamrzavanja/odmrzavanja, abrazije ili hemijskog uticaja. Za beton sa armaturom ili ugrađenim metalnim elementima: veoma suva	Beton u unutrašnjosti zgrada sa veoma niskom vlažnošću vazduha
2 Korozija prouzrokovana karbonacijom		
XC1	Suva ili stalno vlažna sredina	Beton u unutrašnjosti zgrada sa niskom vlažnošću vazduha. Beton stalno potopljen u vodu
XC2	Vlažna, retko suva sredina	Površine betona izložene dugotrajnom kontaktu sa vodom. Mnogi temelji
XC3	Umereno vlažna sredina	Beton u unutrašnjosti zgrada sa umerenom ili visokom vlažnošću vazduha. Beton u spoljašnjem prostoru zaštićen od kiše
XC4	Ciklično vlažna i suva sredina	Površine betona u kontaktu sa vodom, koje ne spadaju u klasu izloženosti XC2

EC2 - Tabela 4.1:

26

Klase izloženosti u zavisnosti od uslova sredine

Oznaka klase	Opis sredine	Informativni primeri u kojima mogu da se jave klase izloženosti
3 Korozija prouzrokovana hloridima koji ne potiču iz morske vode		
XD1	Umereno vlažna sredina	Površine betona izložene dejstvu hlorida iz vazduha
XD2	Vlažna, retko suva sredina	Bazeni za plivanje. Betonski elementi izloženi industrijskim vodama koje sadrže hloride
XD3	Ciklično vlažna i suva sredina	Delovi mostova izloženi prskanju aerosola koji sadrži hlorid. Kolovozi. Ploče parkinga
4 Korozija prouzrokovana hloridima iz morske vode		
XS1	Sredina izložena dejstvu soli iz vazduha, ali bez direktnog kontakta sa morskom vodom	Konstrukcije u blizini obale ili na obali
XS2	Permanentno potopljen	Delovi konstrukcija u morskoj vodi
XS3	Zone izložene plimi, kvašenju i prskanju	Delovi konstrukcija u morskoj vodi

EC2 - Tabela 4.1:

27

Klase izloženosti u zavisnosti od uslova sredine

Oznaka klase	Opis sredine	Informativni primeri u kojima mogu da se jave klase izloženosti
5 Zamrzavanje/odmrzavanje sa agensima za odmrzavanje ili bez njih		
XF1	Umerena zasićenost vodom, bez agensâ za odmrzavanje	Vertikalne betonske površine izložene kiši i mrazu
XF2	Umerena zasićenost vodom, sa agensima za odmrzavanje	Vertikalne betonske površine saobraćajnih konstrukcija, izložene mrazu i sredstvima za odmrzavanje iz vazduha
XF3	Velika zasićenost vodom, bez agensâ za odmrzavanje	Horizontalne betonske površine izložene kiši i mrazu
XF4	Velika zasićenost vodom sa agensima za odmrzavanje ili morskom vodom	Putne ili mostovske kolovozne konstrukcije izložene agensima za odmrzavanje. Betonske površine izložene direktnom prskanju rastvorima sredstava za odmrzavanje i mrazu. Zone kvašenja konstrukcija na morskoj obali izložene mrazu
6 Hemijska izloženost		
XA1	Blaga hemijska agresivnost sredine, prema EN 206-1, tabela 2	Prirodna tla i podzemna voda
XA2	Umerena hemijska agresivnost sredine, prema EN 206-1, tabela 2	Prirodna tla i podzemna voda
XA3	Izražena hemijska agresivnost sredine, prema EN 206-1, tabela 2	Prirodna tla i podzemna voda

EC2 - Tabela E.1N (zasad su **PREPORUČENE** vrednosti)
Indikativne najmanje klase čvrstoće betona

28

	Klase izloženosti uticajima sredine u skladu sa tabelom 4.1									
Korozija										
	Korozija usled uticaja karbonata				Korozija usled uticaja hlorida			Korozija usled uticaja hlorida iz morske vode		
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XS1	XS2	XS3
Indikativne najmanje klase čvrstoće betona	C20/25	C25/30	C30/37		C30/37		C35/45	C30/37	C35/45	
Oštećenje betona										
	bez rizika				Agresivno dejstvo zamrzavanja/odmrzavanja			Hemijska agresija		
	X0				XF1	XF2	XF3	XA1	XA2	XA3
Indikativna klasa čvrstoće	C12/15				C30/37	C25/30	C30/37	C30/37		C35/45

Utvrđivanje debljine zaštitnog sloja

29

Табела 4.3N – Препоручена класификација конструкција

Критеријум	Класа конструкције						
	Класе изложености у складу са табелом 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1	XD2/XS1	XD3/XS2/XS3
Прорачунски експлоатациони век од 100 година	повећати класу за 2	повећати класу за 2	повећати класу за 2	повећати класу за 2	повећати класу за 2	повећати класу за 2	повећати класу за 2
Класа чврстоће ¹⁾²⁾	≥ C30/37 смањити класу за 1	≥ C30/37 смањити класу за 1	≥ C35/45 смањити класу за 1	≥ C40/50 смањити класу за 1	≥ C40/50 смањити класу за 1	≥ C40/50 смањити класу за 1	≥ C45/55 смањити класу за 1
Елементи чија геометрија одговара плочама (поступак грађења нема утицаја на положај арматуре)	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1
Осигурана посебна контрола квалитета производње бетона	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1	смањити класу за 1

Pretpostavljeno: **C25/30** (min. barem prema Tabeli E1.N, slajd 28)

za gredu (stub): **klasa konstrukcije S4**

za ploču (zid): **S4 → S3**

Табела 4.4N – Вредности минималног заштитног слоја $c_{min,dur}$, захтеви за челик за армирање у погледу трајности у складу са EN 10080

Захтеви за $c_{min,dur}$ с обзиром на услове средине (mm)							
Класа конструкције	Класе изложености у складу са табелом 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

$$c_{min,dur} = 10 \text{ mm} \Rightarrow c_{min} = \max\{12, 10, 10\} = 12 \text{ mm}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm} \Rightarrow c_{nom} = 12 + 10 = 22 \text{ mm}$$

usvojeno: $c = 25 \text{ mm}$

$$h = d + d_1 = d + \left(c + \frac{\emptyset}{2} \right) = 11 + 2.5 + \frac{1.2}{2} = 14.1 \text{ cm}$$

pretpostavljeno: $h = 15 \text{ cm}$

Proračun statičkih uticaja

- <i>sopstvena težina ploče</i>	0.15×25	$= 3.75 \text{ kN/m}^2$
- <i><u>dodatno stalno opterećenje</u></i>	Δg	$= 2.25 \text{ kN/m}^2$
<i>ukupno, stalno opterećenje</i>	g	$= 6.00 \text{ kN/m}^2$
<i>povremeno opterećenje:</i>	q	$= 4.00 \text{ kN/m}^2$

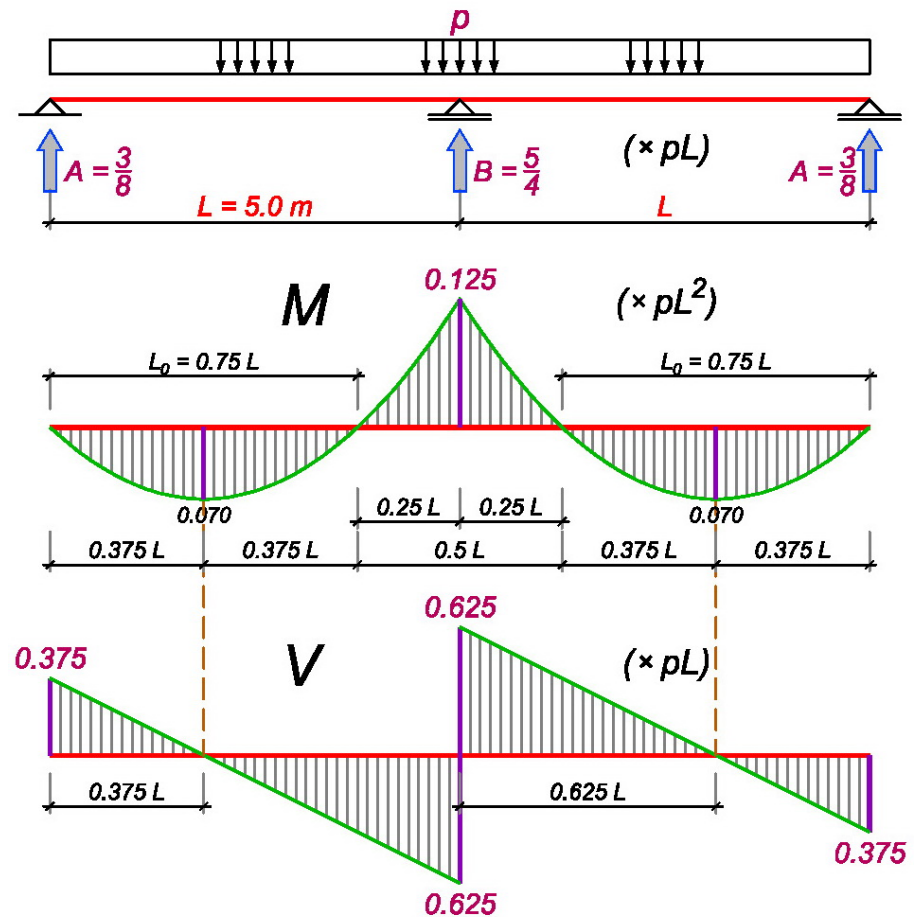
Reakcije oslonaca se sračunavaju za svako pojedinačno opterećenje:

$$A_g = \frac{3}{8} \times 6.0 \times 5.0 = 11.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$A_q = \frac{3}{8} \times 4.0 \times 5.0 = 7.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B_g = \frac{5}{4} \times 6.0 \times 5.0 = 37.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$B_q = \frac{5}{4} \times 4.0 \times 5.0 = 25.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



1.1 DIMENZIONISANJE

Informativni aneks E Evrokoda 2 preporučuje najmanje klase betona u funkciji klase izloženosti. Za klasu XC1 preporučuje se minimalno C20/25.

$$\text{usvojeno: } C\ 25/30 \Rightarrow f_{cd} = 0.85 \times \frac{25}{1.5} = 14.2\ \text{MPa}$$

$$B500B \Rightarrow f_{yd} = \frac{500}{1.15} = 434.8\ \text{MPa}$$

1.1.1 PRESEK NAD OSLONCEM

$$d_1 = 2.5 + 1.2/2 = 3.1\ \text{cm} \Rightarrow d = 15 - 3.1 = 11.9\ \text{cm} ; b = 1\ \text{m} = 100\ \text{cm}$$

$$k = \frac{11.9}{\sqrt{\frac{44.1 \times 10^2}{100 \times 1.42}}} = 2.134 \Rightarrow \varepsilon_{s1} = 7.727\text{‰} ; \omega = 25.236\%$$

$$A_s = 25.236 \times \frac{100 \times 11.9}{100} \times \frac{14.2}{434.8} = 9.79 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \Rightarrow s \leq \frac{100 \times 1.13}{9.79} = 11.6\ \text{cm}$$

$$\text{usvojeno: } \underline{\underline{\text{Ø12/10 (11.31 cm}^2\text{/m)}}}$$

$$A_{s,p} = 0.2 \times 9.79 = 1.96\ \text{cm}^2\text{/m} \Rightarrow s_p \leq \frac{100 \times 0.503}{1.96} = 25.7\ \text{cm}$$

$$\text{usvojeno: } \text{Ø8/25 (2.01 cm}^2\text{/m)}$$

1.1.2 KONTROLA GLAVNIH NAPONA ZATEZANJA

Kako je ploča tanja od 20 cm, nije dopušteno osiguranje armaturom, odnosno potrebno je obezbediti da je $\max V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$.

$$d = 11.9 \text{ cm} \Rightarrow k = 1 + \sqrt{\frac{200}{119}} > 2 \Rightarrow \text{usv. } k = 2$$

$$v_{min} = 0.035 \times k^{\frac{3}{2}} \times \sqrt{f_{ck}} = 0.035 \times 2^{\frac{3}{2}} \times \sqrt{25} = 0.495 \text{ MPa}$$

$$\min V_{Rd,c} = v_{min} \cdot b \cdot d = 0.495 \times 1000 \times 119 = 58900 \frac{\text{N}}{\text{m}} = 58.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}} > V_{Ed,max} = 44.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

U slučaju da poslednja relacija nije bila zadovoljena, ne treba odmah menjati neki od parametara (debljinu ploče, kvalitet betona...), već treba pristupiti proračunu stvarne vrednosti $V_{Rd,c}$ (sa stvarnim procentom armiranja). U ovom slučaju, za preseke uz srednju gredu POS 3, dobija se $V_{Rd,c} = 82.1 \text{ kN/m}$. Ovaj korak je preskočen, jer se (opravdano) pretpostavilo da će i minimalna vrednost v_{min} biti dovoljna za predmetni dokaz nosivosti.

6.2.2 Елементи за које се не захтева прорачун арматуре за смицање

(1) Прорачунска вредност носивости на смицање $V_{Rd,c}$ дата је изразом:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d \quad (6.2.a)$$

са најмањом вредношћу

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$$

$$V_{Rd,c} = 0.495 \times 1000 \times 119 = 58900 \frac{N}{m} \quad (6.2.b)$$

где је:

f_{ck} у МПа;

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \text{ са } d \text{ у [mm];}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{119}} > 2 \Rightarrow \text{usv. } k = 2$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0,02;$$

A_{sl} површина затегнуте арматуре, која се продужава за $\geq (l_{bd} + d)$ изван разматраног пресека (видети слику 6.3);

b_w најмања ширина попречног пресека у затегнутој зони, у [mm];

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c < 0,2 f_{cd}$, у [МПа];

N_{Ed} аксијална сила у попречном пресеку од оптерећења или претходног напрезања, у [N] ($N_{Ed} > 0$ за притисак). Утицај принудних деформација на N_{Ed} може да се занемари;

A_c површина попречног пресека бетона, у [mm²];

$V_{Rd,c}$ у [N].

НАПОМЕНА Вредности $C_{Rd,c}$, v_{min} и k_1 , које се користе у одређеној земљи, могу да се нађу у њеном националном прилогу. Препоручена вредност за $C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c$, за v_{min} вредности су дате у изразу (6.3N) и $k_1 = 0,15$.

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

$$v_{min} = 0.035 \times 2^{3/2} \times \sqrt{25} = 0.495 \quad (6.3N)$$

2 PRORAČUN GREDA

2.1 PRELIMINARNO ODREĐIVANJE DIMENZIJA

Iz arhitektonskih razloga je usvojeno da sve grede budu iste visine. Greda POS 3 prihvata opterećenje sa ploče POS 1, dok POS 2 pored ovoga prihvata i opterećenje od fasade.

Greda POS 3 u osi B je kontinualni nosač, raspona 3×6,0 m. Pored sopstvene težine, opterećena je i srednjom reakcijom ploče POS 1. Grede POS 2 u osama A i C su istog statičkog sistema i raspona, a pored opterećenja sa ploče (krajnje reakcije) prihvataju i opterećenje od fasade.

2.2 ANALIZA OPTEREĆENJA ZA POS 3

Uobičajena visina greda je:

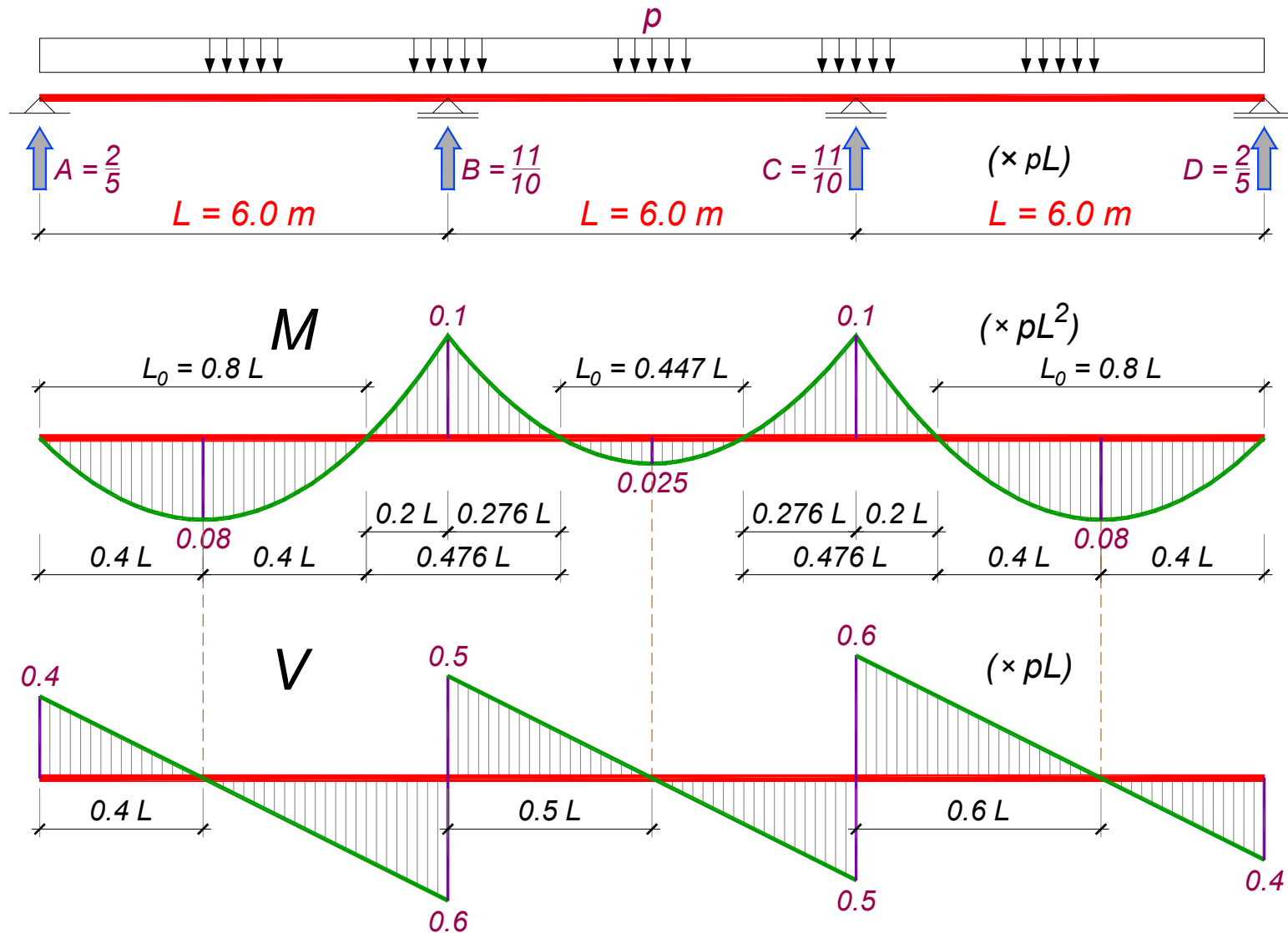
$$h \approx \frac{L}{10} \div \frac{L}{12} = \frac{600}{10} \div \frac{600}{12} = 60 \div 50 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad \text{pretp. } h = 50 \text{ cm}$$

Sa pretpostavljenom širinom grede POS 3 od $b = 40 \text{ cm}$, sledi:

- | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| - sopstvena težina POS 3 | $0.4 \times 0.5 \times 25$ | $= 5.0 \text{ kN/m}$ |
| - <u>stalno opterećenje od POS 1</u> | B_g | $= 37.5 \text{ kN/m}$ |
| ukupno, stalno opterećenje | g | $= 42.5 \text{ kN/m}$ |
| povremeno opterećenje od POS 1: | $B_q = q$ | $= 25.0 \text{ kN/m}$ |

Dijagrami presečnih sila

36



PRELIMINARNO DIMENZIONISANJE POS 3

Dimenzionisanje prema momentu savijanja

$$p_{Ed} = 1.35 \times 42.5 + 1.5 \times 25.0 = 94.88 \text{ kN/m}$$

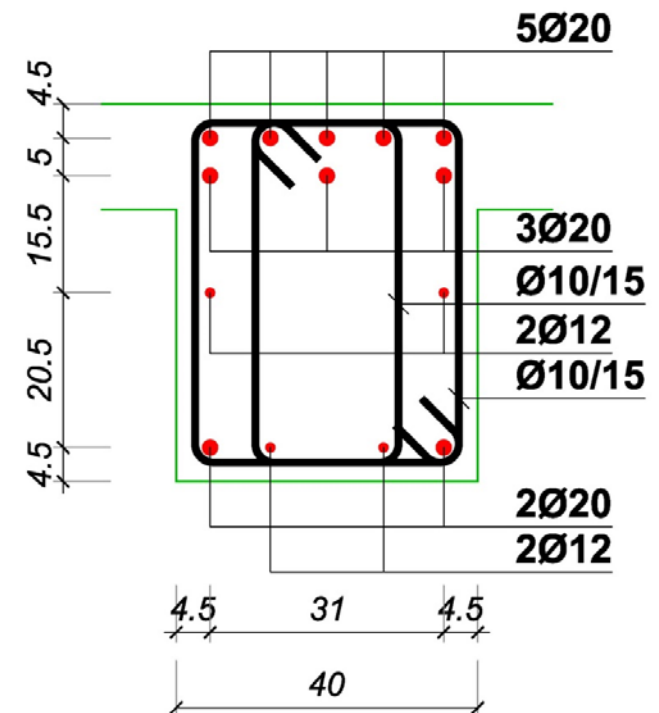
$$M_{Ed,1} = 94.88 \times 6.0^2 / 10 = 341.6 \text{ kNm} \quad - \text{ gornja zona, oslonac}$$

$$\text{pretp. } d_1 = 7 \text{ cm} \Rightarrow b/h/d = 40/50/43 \text{ cm}$$

$$k = \frac{43}{\sqrt{\frac{341.6 \times 10^2}{40 \times 1.42}}} = 1.751 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon_c / \varepsilon_s = 3.5 / 3.342\text{‰} \\ \omega = 41.409\% \end{cases}$$

$$A_s = 41.409 \times \frac{40 \times 43}{100} \times \frac{1.42}{43.5} = 23.21 \text{ cm}^2$$

$$\text{usvojeno: } 8\emptyset 20 \text{ (25.13 cm}^2\text{)}$$



Kontrola glavnih napona zatezanja

$$d_1 = 7 \text{ cm} \Rightarrow d = 50 - 7 = 43 \text{ cm} ; z \approx 0.9d = 0.9 \times 43 = 38.7 \text{ cm}$$

$$f_{cd} = \frac{0.85 \times 25}{1.5} = 14.2 \text{ MPa} \quad ; \quad v_1 = v = 0.6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \times \left(1 - \frac{25}{250} \right) = 0.54$$

$$V_{Rd,c} = \left(C_{Rd,c} k \sqrt[3]{100 \rho_l f_{ck}} + k_1 \sigma_{cp} \right) b_w d$$

$$A_s = 25.13 \text{ cm}^2 (8\emptyset 20) \Rightarrow \rho_l = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{25.13}{40 \times 43} = 1.46\% < 2\% = \rho_{l,max}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12 \quad ; \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \Rightarrow k = 1 + \sqrt{\frac{200}{430}} = 1.682$$

$$v_{min} = 0.035 k^2 \sqrt[3]{f_{ck}} = 0.035 \times 1.682^2 \times \sqrt{25} = 0.382 \text{ MPa}$$

$$C_{Rd,c} k \sqrt[3]{100 \rho_l f_{ck}} = 0.12 \times 1.682 \times \sqrt[3]{1.46 \times 25} = 0.67 \text{ MPa} > v_{min} = 0.382 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = 0 \Rightarrow V_{Rd,c} = (v_{Rd,c} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0.67 + 0) \times 40 \times 43 = 115.2 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = 0 \Rightarrow \alpha_{cw} = 1 ; \theta = 45^\circ \Rightarrow \tan \theta = \cot \theta = 1$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} v_1 f_{cd} b_w z}{\cot \theta + \tan \theta} = \frac{1 \times 0.54 \times 14.2 \times 40 \times 38.7}{1 + 1} = 592.1 \text{ kN}$$

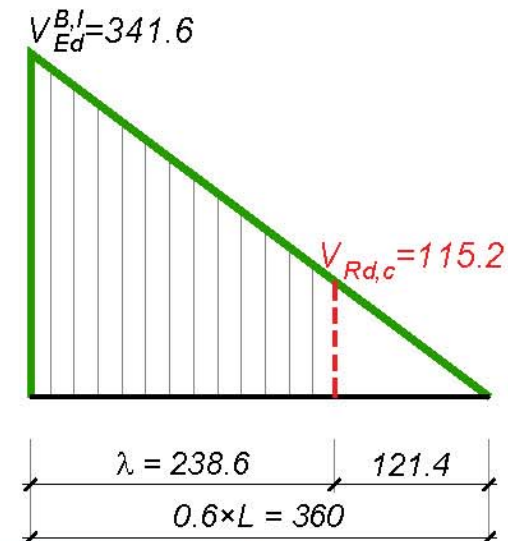
Kontrola glavnih napona zatezanja će, do konačnog usvajanja dimenzija greda i kvaliteta materijala, biti sprovedena samo u preseku sa maksimalnom silom V_{Ed} (presek B^{levo}):

$$p_{Ed} = 1.35 \times 42.5 + 1.5 \times 25 = 94.9 \frac{kN}{m} \Rightarrow V_{Ed}^{B,levo} = 0.6 \times 94.9 \times 6.0 = 341.6 kN \begin{cases} > V_{Rd,c} \\ < V_{Rd,max} \end{cases}$$

Kako je V_{Ed} manje od maksimalno dopuštene vrednosti, nije neophodno menjati pretpostavljene dimenzije ili kvalitet materijala. Kako je prekoračena vrednost $V_{Rd,c}$ potrebno je izvršiti osiguranje armaturom na dužini osiguranja λ :

$$\lambda = \left(1 - \frac{V_{Rd,c}}{V_{Ed}}\right) L_{0,V} = \left(1 - \frac{115.2}{341.6}\right) \times 360 = 238.6 cm$$

Maksimalno podužno i poprečno rastojanje armature za smicanje, u zavisnosti od veličine V_{Ed} , dato je u tabeli:



Proračunska vrednost sile smicanja		Klasa čvrstoće betona $\leq C50/60$
$V_{Ed} \leq 0.3V_{Rd,max}$	$s_{l,max}$	$0,75d \leq 30 cm$
	$s_{t,max}$	$0,75d \leq 60 cm$
$0.3V_{Rd,max} \leq V_{Ed} \leq 0.6V_{Rd,max}$	$s_{l,max}$	$0,55d \leq 30 cm$
	$s_{t,max}$	$0,75d \leq 60 cm$
$V_{Ed} > 0.6V_{Rd,max}$	$s_{l,max}$	$0,3d \leq 20 cm$
	$s_{t,max}$	$0,3d \leq 30 cm$

Kako je maksimalna vrednost sile V_{Ed} u granicama

$$0.3 < \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{341.6}{592.1} = 0.58 < 0.6$$

na čitavoj dužini osiguranja potrebno je da maksimalno rastojanje uzengija u poprečnom preseku bude:

$$s_{t,max} = 0.75 \times 43 = 32.2 \text{ cm}$$

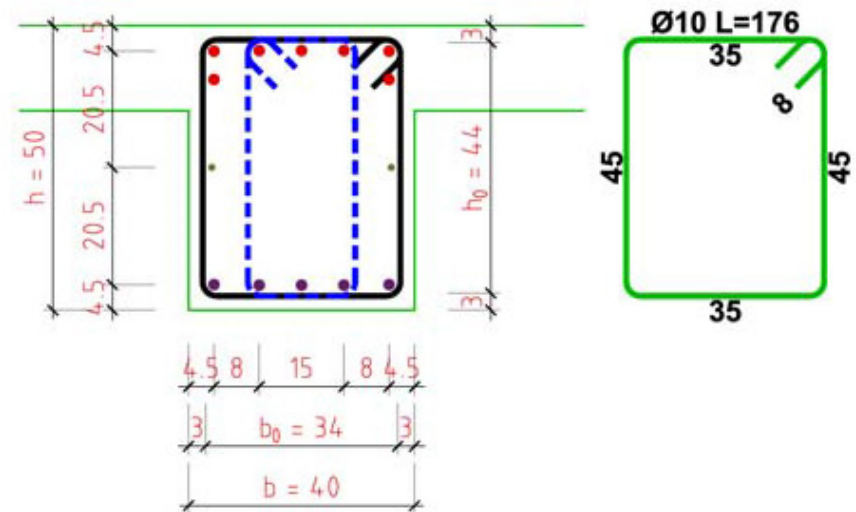
Kako je usvojena debljina zaštitnog sloja $c = 2.5 \text{ cm}$ (XC1), spoljašnja i osovinska širina uzengije su respektivno:

$$b - 2c = 40 - 2 \times 2.5 = 35 \text{ cm} ; \quad b_0 = 35 - 2 \frac{\emptyset_u}{2} = 35 - 2 \times \frac{1.0}{2} = 34 \text{ cm} > s_{t,max} = 32.2 \text{ cm}$$

što znači da samo spoljašnja uzengija u preseku nije dovoljna i da se MORA usvojiti minimalno trosečna uzengija na čitavoj dužini osiguranja.

Potrebna površina armature za smicanje se određuje iz izraza:

$$\frac{m \times a_{sw}^{(1)}}{s} \geq \frac{V_{Ed}}{z f_{yd} \cot \theta}$$



$$\frac{m \times a_{sw}^{(1)}}{s} = \frac{341.6}{38.7 \times 43.5 \times \cot 45^\circ} = 0.203 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Usvajajući $m=4$ i uzengiju prečnika 10 mm, sledi:

$$s \leq \frac{m \times a_{sw}^{(1)}}{0.203} = \frac{4 \times 0.785}{0.203} = 15.5 \text{ cm} \Rightarrow \text{usvojeno } U\emptyset 10/15 (m=4)$$

Kako je ovde unutrašnja uzengija usvojena radi zadovoljenja maksimalnog razmaka uzengija u poprečnom pravcu, nema mnogo prostora za uštedu prilagođavanjem razmaka ili prečnika šipki veličini transverzalne sile. Naime, mogle bi se na delu dužine osiguranja postaviti uzengije prečnika 8 mm ili "C" šipke (praktično, trosečne uzengije), ali takva racionalizacija na ovako maloj dužini ne bi bila opravdana.

Dodatnu zategnutu armaturu u razmatranom preseku B^{levo} (kao ni u susednom, B^{desno}) nije potrebno sračunati i dodati armaturi sračunatoj iz oslonačkog momenta savijanja, jer se ovde radi o "špicu momenta". Podužna armatura za prihvatanje transverzalnih sila se usvaja posredno, obezbeđivanjem dodatne dužine

$$a_1 = \frac{z}{2} (\cot \theta - \cot \alpha) = \frac{z}{2} \approx 0.45d = 19.35 \approx 20 \text{ cm}$$

u odnosu na dužinu šipki neophodnu za prihvatanje momenta M_{Ed} . O ovome voditi računa naročito u situaciji kada se, radi smanjenja količine uzengija, odabere ugao θ manji od 45° .

ANALIZA OPTEREĆENJA ZA POS 2

Greda je iste visine kao POS 3, a širina je usvojena tako da odgovara dimenziji opekarskog proizvoda koji se koristi za fasadu (puna opeka širine 25 cm). Za datu spratnu visinu od $H_{sp} = 3.50$ m i datu fasadu (puna opeka + termoizolacija + kamen 3 cm na potkonstrukciji), težina fasade se dobija kao:

$$g_f = (H_{sp} - h) \times g_{25} + H_{sp} \times g_{kp} = (3.50 - 0.50) \times 4.60 + 3.50 \times 0.90 = 16.95 \text{ kN/m}$$

gde je: $g_{25} = 4.60 \text{ kN/m}^2$ – težina obostrano omalterisanog zida od pune opeke, a

$g_{kp} = 0.90 \text{ kN/m}^2$ – težina kamenih ploča debljine 3 cm na potkonstrukciji

S obzirom na znatnu površinu otvora u fasadi (prozori, balkonska vrata), sračunata težina se umanjuje za 20%, što je smisleno raditi kod ovako teških fasadnih obloga:

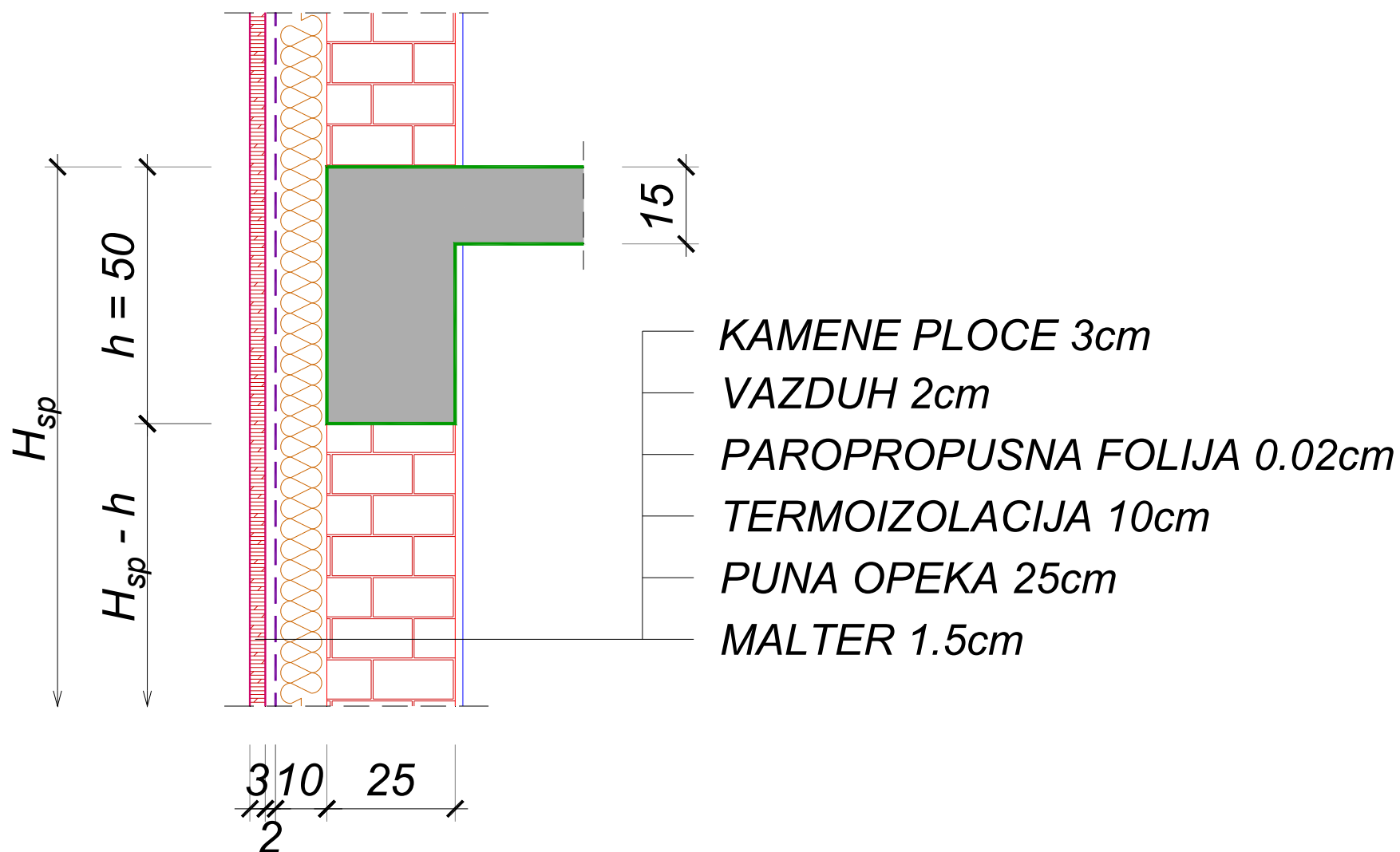
$$g_f = (1 - 0.2) \times 16.95 = 13.56 \text{ kN/m}$$

Za datu fasadu i usvojene dimenzije grede $b/h = 25/50$ cm sledi:

- sopstvena težina POS 2	$0.25 \times 0.5 \times 25$	= 3.13 kN/m
- težina fasade	g_f	= 13.56 kN/m
- <u>stalno opterećenje od POS 1</u>	A_q	= 11.25 kN/m
ukupno, stalno opterećenje	g	= 27.94 kN/m
povremeno opterećenje od POS 1:	$A_q = q$	= 7.50 kN/m

Detalj fasade

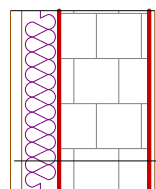
43



Opterećenje od fasadnih zidova

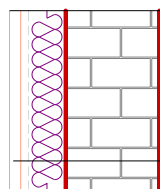
44

SZ-1



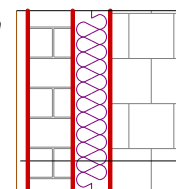
MALTER+RABIC 3cm
TERMOIZOLACIJA 10cm
GITER BLOK 24cm
MALTER 1.5cm

SZ-2



KAMENE PLOČE 3cm
VAZDUH 2cm
PAROPROPUSNA FOLIJA 0.02cm
TERMOIZOLACIJA 10cm
PUNA OPEKA 25cm
MALTER 1.5cm

SZ-3



MALTER+RABIC 3cm
PUNA OPEKA 12cm
TERMOIZOLACIJA 10cm
GITER BLOK 19cm
MALTER 1.5cm

Linjska opterećenja

Kao opšteprihvaćeni podaci se usvajaju jedinične težine OBOSTRANO OMALTERISANIH zidova:

a. zidovi od pune opeke

zid od opeke »na kant«

$d=7\text{ cm:}$

$$g_7 = 1.70 \text{ kN/m}^2$$

zid od pola opeke

$d=12\text{ cm:}$

$$g_{12} = 2.60 \text{ kN/m}^2$$

zid od cele opeke

$d=25\text{ cm:}$

$$g_{25} = 4.60 \text{ kN/m}^2$$

b. zidovi od šupljeg »giter« bloka

zid od bloka

$d=20\text{ cm:}$

$$g_{20} = 3.0 \text{ kN/m}^2$$

zid od bloka

$d=25\text{ cm:}$

$$g_{25} = 3.7 \text{ kN/m}^2$$

Linjska opterećenja se dobijaju množenjem navedenih jediničnih težina sa spratnom visinom H

PRELIMINARNO DIMENZIONISANJE POS 2

Dimenzionisanje prema momentu savijanja

$$p_{Ed} = 1.35 \times 27.94 + 1.5 \times 7.5 = 48.96 \text{ kN/m}$$

- gornja zona, oslonac:

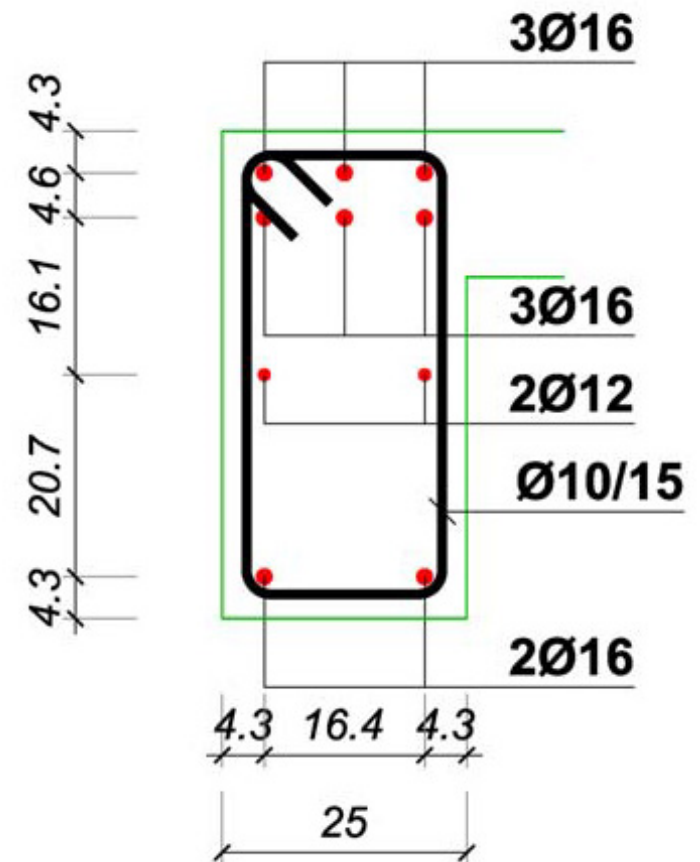
$$M_{Ed,1} = 48.96 \times 6.0^2 / 10 = 176.3 \text{ kNm}$$

$$\text{pretp. } d_1 = 7 \text{ cm} \Rightarrow b/h/d = 25/50/43 \text{ cm}$$

$$k = \frac{43}{\sqrt{\frac{176.3 \times 10^2}{25 \times 1.42}}} = 1.927 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon_c / \varepsilon_s = 3.5 / 5.281\text{‰} \\ \omega = 32.266\% \end{cases}$$

$$A_s = 32.266 \times \frac{25 \times 43}{100} \times \frac{1.42}{43.5} = 11.30 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **6Ø16** (12.06 cm²)



Kontrola glavnih napona zatezanja

$$d_1 = 7 \text{ cm} \Rightarrow d = 50 - 7 = 43 \text{ cm} ; z \approx 0.9d = 0.9 \times 43 = 38.7 \text{ cm}$$

$$f_{cd} = \frac{0.85 \times 25}{1.5} = 14.2 \text{ MPa} ; v_1 = v = 0.6 \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \times \left(1 - \frac{25}{250} \right) = 0.54$$

$$A_s = 12.06 \text{ cm}^2 (6\emptyset 16) \Rightarrow \rho_f = \frac{A_s}{b_w d} = \frac{12.06}{25 \times 43} = 1.122\% < 2\% = \rho_{f,max}$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12 ; k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \Rightarrow k = 1 + \sqrt{\frac{200}{430}} = 1.682$$

$$v_{min} = 0.035 k^{\frac{3}{2}} \sqrt{f_{ck}} = 0.035 \times 1.682^{\frac{3}{2}} \times \sqrt{25} = 0.382 \text{ MPa}$$

$$C_{Rd,c} k \sqrt[3]{100 \rho_f f_{ck}} = 0.12 \times 1.682 \times \sqrt[3]{1.122 \times 25} = 0.613 \text{ MPa} > v_{min} = 0.382 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = 0 \Rightarrow V_{Rd,c} = (v_{Rd,c} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0.613 + 0) \times 25 \times 43 = 65.9 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = 0 \Rightarrow \alpha_{cw} = 1 ; \theta = 45^\circ \Rightarrow \tan \theta = \cot \theta = 1$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} v_1 f_{cd} b_w z}{\cot \theta + \tan \theta} = \frac{1 \times 0.54 \times 14.2 \times 25 \times 38.7}{1 + 1} = 370.1 \text{ kN}$$

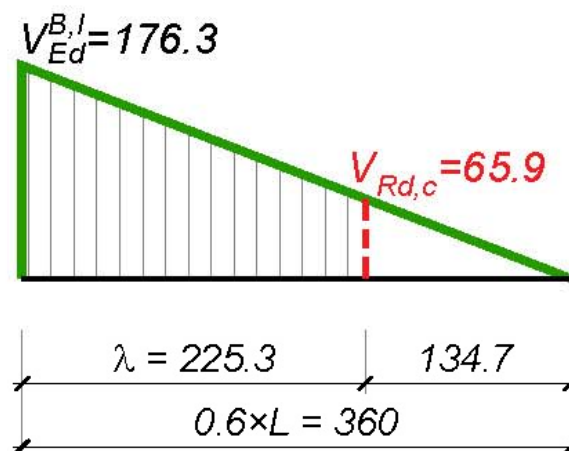
Kontrola glavnih napona zatezanja će, do konačnog usvajanja dimenzija greda i kvaliteta materijala, biti sprovedena samo u preseku sa maksimalnom silom V_{Ed} (presek B^{levo}):

$$p_{Ed} = 1.35 \times 27.94 + 1.5 \times 7.5 = 48.96 \frac{kN}{m} \Rightarrow V_{Ed}^{B,levo} = 0.6 \times 48.96 \times 6.0 = 176.3 kN \begin{cases} > V_{Rd,c} \\ < V_{Rd,max} \end{cases}$$

Kako je V_{Ed} manje od maksimalno dopuštene vrednosti, nije neophodno menjati pretpostavljene dimenzije ili kvalitet materijala. Kako je prekoračena vrednost $V_{Rd,c}$ potrebno je izvršiti osiguranje armaturom na dužini osiguranja λ :

$$\lambda = \left(1 - \frac{V_{Rdc}}{V_{Ed}}\right) L_{0,V} = \left(1 - \frac{65.9}{176.3}\right) \times 360 = 225.3 \text{ cm}$$

$$0.3 < \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{176.3}{370.1} = 0.48 < 0.6$$



Kako je sila V_{Ed} manja od 60% sile $V_{Rd,max}$, razmak uzengija u poprečnom pravcu mora biti manji od $0.75d = 32.3 \text{ cm}$, kao i u slučaju grede POS 3. S obzirom da je širina preseka 25 cm , dovoljna je spoljna uzengija da bi ovaj uslov bio zadovoljen.

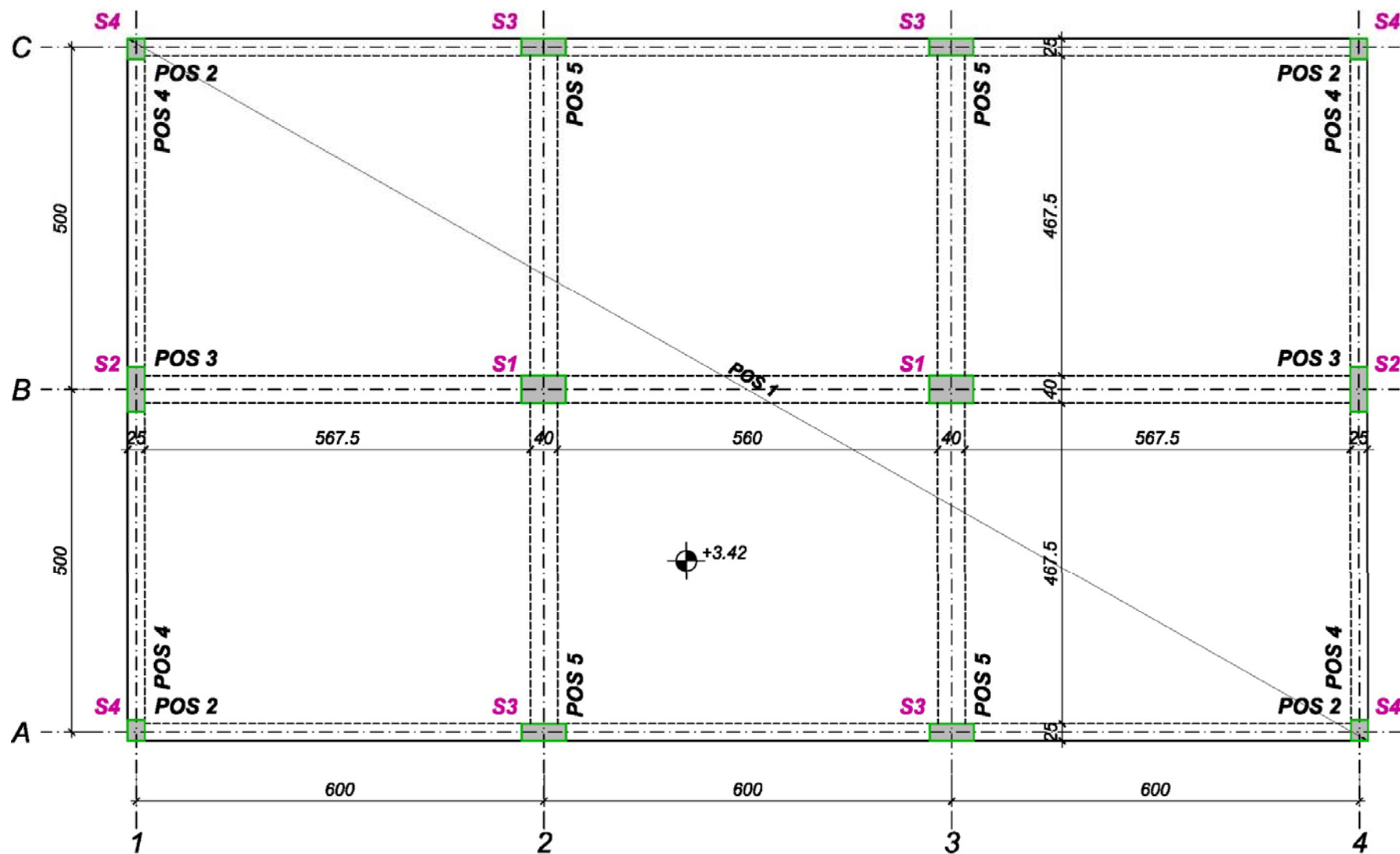
Potrebna površina armature za smicanje se određuje iz izraza:

$$\frac{m \times a_{sw}^{(1)}}{s} \geq \frac{V_{Ed}}{z f_{yd} \cot \theta} = \frac{176.3}{38.7 \times 43.5 \times \cot 45^\circ} = 0.105 \frac{cm^2}{m} \quad s \leq \frac{m \times a_{sw}^{(1)}}{0.203} = \frac{2 \times 0.785}{0.105} = 15.0 \text{ cm}$$

$\Rightarrow$ usvojeno UØ10/15 ($m=2$)

Krstasto armirana ploča

48



Ploča POS 1 je gredama izdeljena na šest polja. Svako polje je oslonjeno na sve četiri strane, a odnos dimenzija u osnovi je:

$$\frac{L_{\max}}{L_{\min}} = \frac{L_1}{L_2} = \frac{6.0}{5.0} = 1.2 < 2$$

pa se ploča proračunava kao krstasta. Grede POS 2 i POS 3 su postavljene u dužem, a POS 4 i POS 5 u kraćem pravcu.

1.2 ANALIZA OPTEREĆENJA

S obzirom da se radi o varijantnom rešenju konstrukcije obrađene u primeru P1, usvojena su ista opterećenja kao u tom primeru:

ukupno dodatno stalno opterećenje: $\Delta g = 2.25 \text{ kN/m}^2$

povremeno opterećenje: $q = 4.00 \text{ kN/m}^2$

Usvojena je debljina ploče kao u primeru P1 – iste minimalne dimenzije ploče, bilo da se radi o ploči u jednom pravcu ili krstasto armiranoj ploči, preporučuju kako EC2, tako i doskora važeći PBAB 87.

Ukupno stalno, odnosno povremeno opterećenje:

- sopstvena težina ploče	0.15×25	$= 3.75 \text{ kN/m}^2$
- dodatno stalno opterećenje	Δg	$= 2.25 \text{ kN/m}^2$
ukupno, stalno opterećenje	g	$= 6.00 \text{ kN/m}^2$
povremeno opterećenje:	q	$= 4.00 \text{ kN/m}^2$

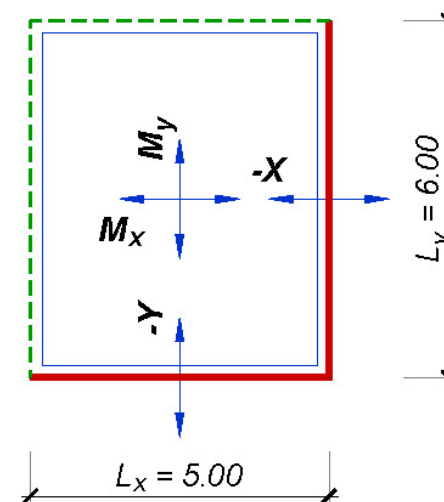
1.3.1 Ploča "A"

$$L_y/L_x = 6.0/5.0 = 1.2$$

$$G = g \times L_x \times L_y = 6.0 \times 5.0 \times 6.0 = 180.0 \text{ kN}$$

$$Q = q \times L_x \times L_y = 4.0 \times 5.0 \times 6.0 = 120.0 \text{ kN}$$

			G	Q	Ed
			kNm/m	kNm/m	kNm/m
	<i>k</i>				
kraći pravac, polje	0.032	M_x	5.8	3.8	13.5
duži pravac, polje	0.023	M_y	4.1	2.8	9.7
kraći pravac, oslonac	0.071	-X	12.8	8.5	30.0
duži pravac, oslonac	0.062	-Y	11.2	7.4	26.2



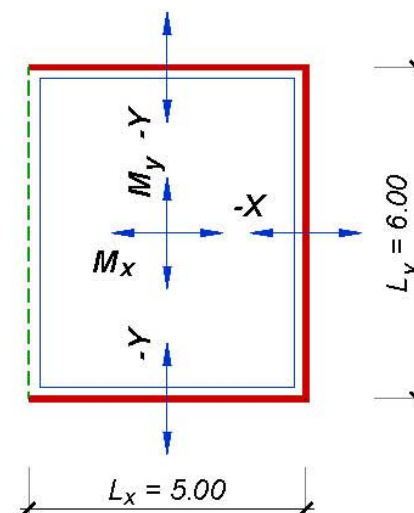
1.3.2 Ploča "B"

$$L_y/L_x = 6.0/5.0 = 1.2$$

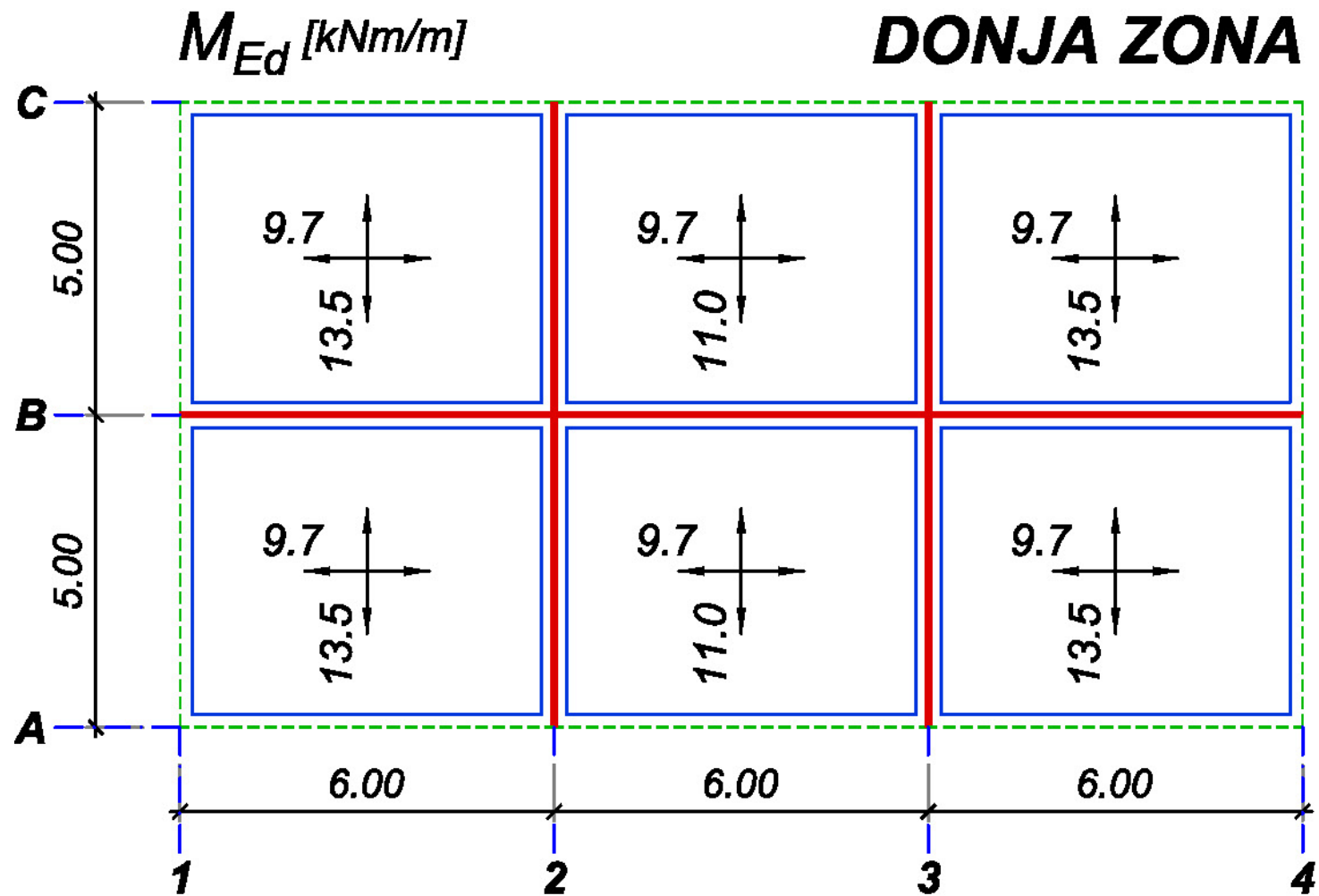
$$G = g \times L_x \times L_y = 6.0 \times 5.0 \times 6.0 = 180.0 \text{ kN}$$

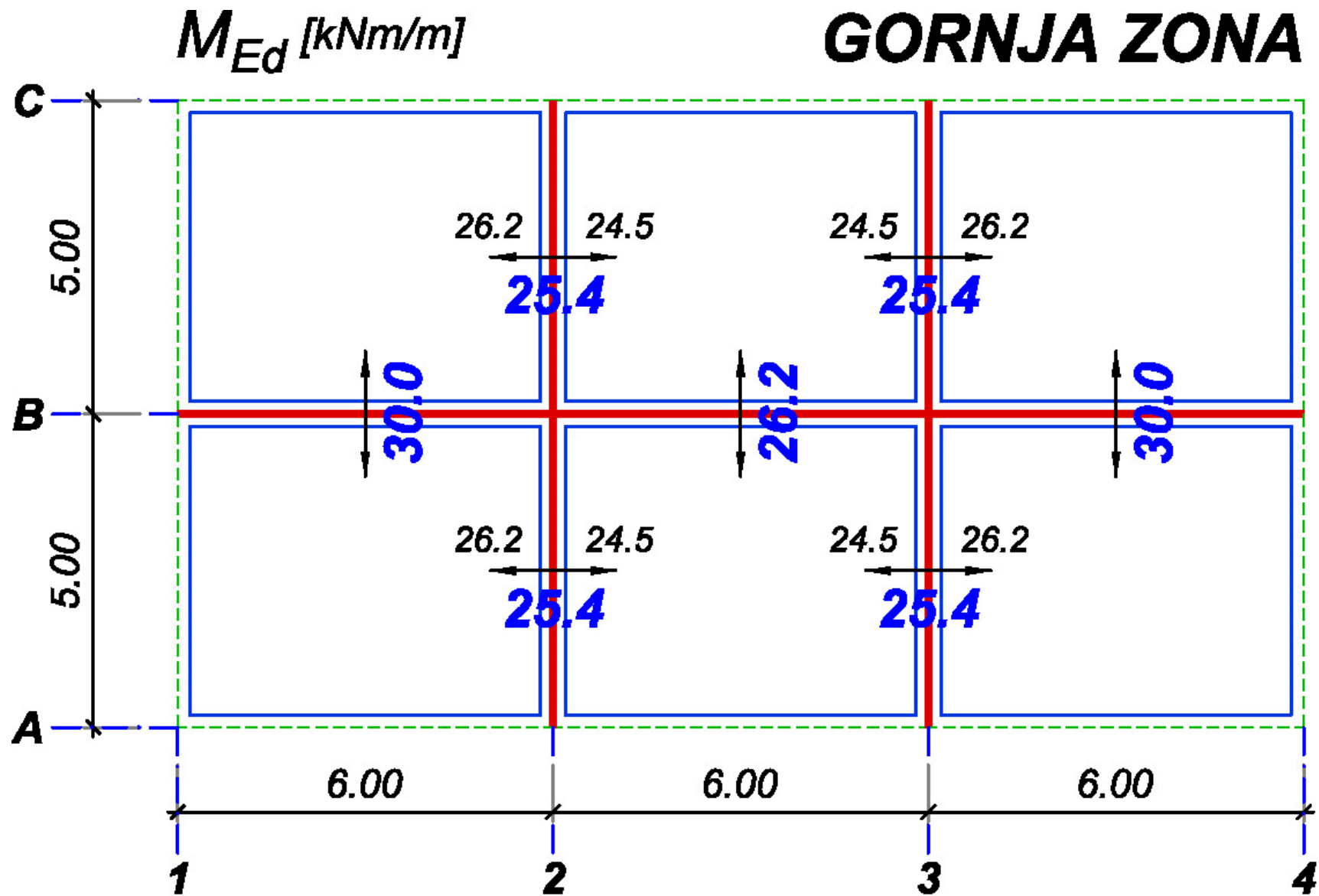
$$Q = q \times L_x \times L_y = 4.0 \times 5.0 \times 6.0 = 120.0 \text{ kN}$$

			G	Q	Ed
			kNm/m	kNm/m	kNm/m
	<i>k</i>				
kraći pravac, polje	0.026	M_x	4.7	3.1	11.0
duži pravac, polje	0.023	M_y	4.1	2.8	9.7
kraći pravac, oslonac	0.062	-X	11.2	7.4	26.2
duži pravac, oslonac	0.058	-Y	10.4	7.0	24.5



Granični momenti savijanja u ploči, posebno za donju, odnosno gornju zonu, su prikazani na narednim šemama. Posebno se naglašava da momenti savijanja M_x i M_y nisu momenti savijanja u pravcu nekakvih globalnih koordinatnih osa, već momenti određeni prema notaciji primenjenoj u tablicama (M_x je moment u kraćem, a M_y u dužem pravcu).





2 PRORAČUN GREDA

Grede POS 2 i POS 3 su kontinualni nosači raspona 3×6,0 m a grede POS 4 i POS 5 raspona 2×5,0 m. Usvojene su dimenzije greda iz primera P1: ivične grede POS 2 i POS 4 su dimenzija 25/50 cm, a srednje grede POS 3 i POS 5 dimenzija 40/50 cm.

2.1 ANALIZA OPTEREĆENJA

Pored sopstvene težine i težine fasade (ivične grede POS 2 i POS 4), grede su opterećene opterećenjem od POS 1, koje se sračunava pomoću tabele za proračun krstastih ploča.

Slično proračunu momenata savijanja, za utvrđeni odnos strana i tip oslanjanja, iz tabele se čitaju koeficijenti k_i i ukupne sile Q_i koje se prenose na jednu oslonačku gredu (zid) usled opterećenja q (stalno, povremeno) sračunavaju kao:

$$Q_i = k_i \times Q \quad ; \quad Q = q \times L_x \times L_y$$

Mada je stvarna raspodela neznatno drugačija, uobičajeno se usvaja da je opterećenje oslonačkih greda (zidova) jednako raspodeljeno, pa se odgovarajuće vrednosti dobijaju deljenjem sračunatih sila Q_i sa odgovarajućim rasponima L_y ili L_x . Vrednosti ukupnih oslonačkih reakcija G_i , Q_i (za stalno, odnosno povremeno opterećenje), kao i opterećenja g_i , q_i su prikazane tabelarno.

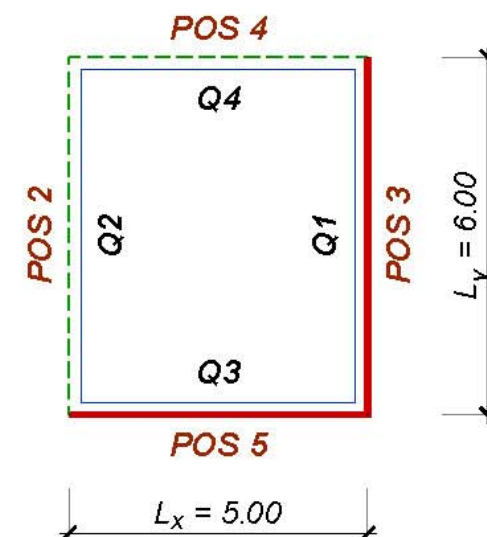
2.1.1 Ploča "A"

$$L_y / L_x = 6.0 / 5.0 = 1.2$$

$$G = g \times L_x \times L_y = 6.0 \times 5.0 \times 6.0 = 180.0 \text{ kN}$$

$$Q = q \times L_x \times L_y = 4.0 \times 5.0 \times 6.0 = 120.0 \text{ kN}$$

<i>k</i>		G	Q	L	g	q
		kN	kN	m	kN/m	kN/m
0.331	Q ₁	59.6	39.7	6.0	9.93	6.62
0.226	Q ₂	40.7	27.1	6.0	6.78	4.52
0.257	Q ₃	46.3	30.8	5.0	9.25	6.17
0.186	Q ₄	33.5	22.3	5.0	6.70	4.46



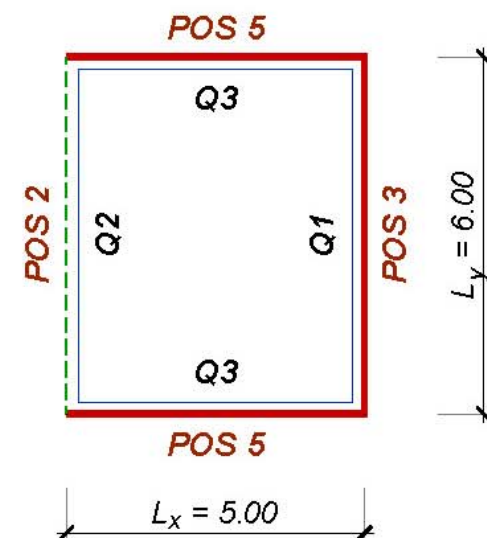
2.1.2 Ploča "B"

$$L_y / L_x = 6.0 / 5.0 = 1.2$$

$$G = g \times L_x \times L_y = 6.0 \times 5.0 \times 6.0 = 180.0 \text{ kN}$$

$$Q = q \times L_x \times L_y = 4.0 \times 5.0 \times 6.0 = 120.0 \text{ kN}$$

<i>k</i>		G	Q	L	g	q
		kN	kN	m	kN/m	kN/m
0.300	Q ₁	54.0	36.0	6.0	9.00	6.00
0.210	Q ₂	37.8	25.2	6.0	6.30	4.20
0.245	Q ₃	44.1	29.4	5.0	8.82	5.88



2.2 PRORAČUN GREDE POS 3

2.2.1 Analiza opterećenja

krajnja polja:

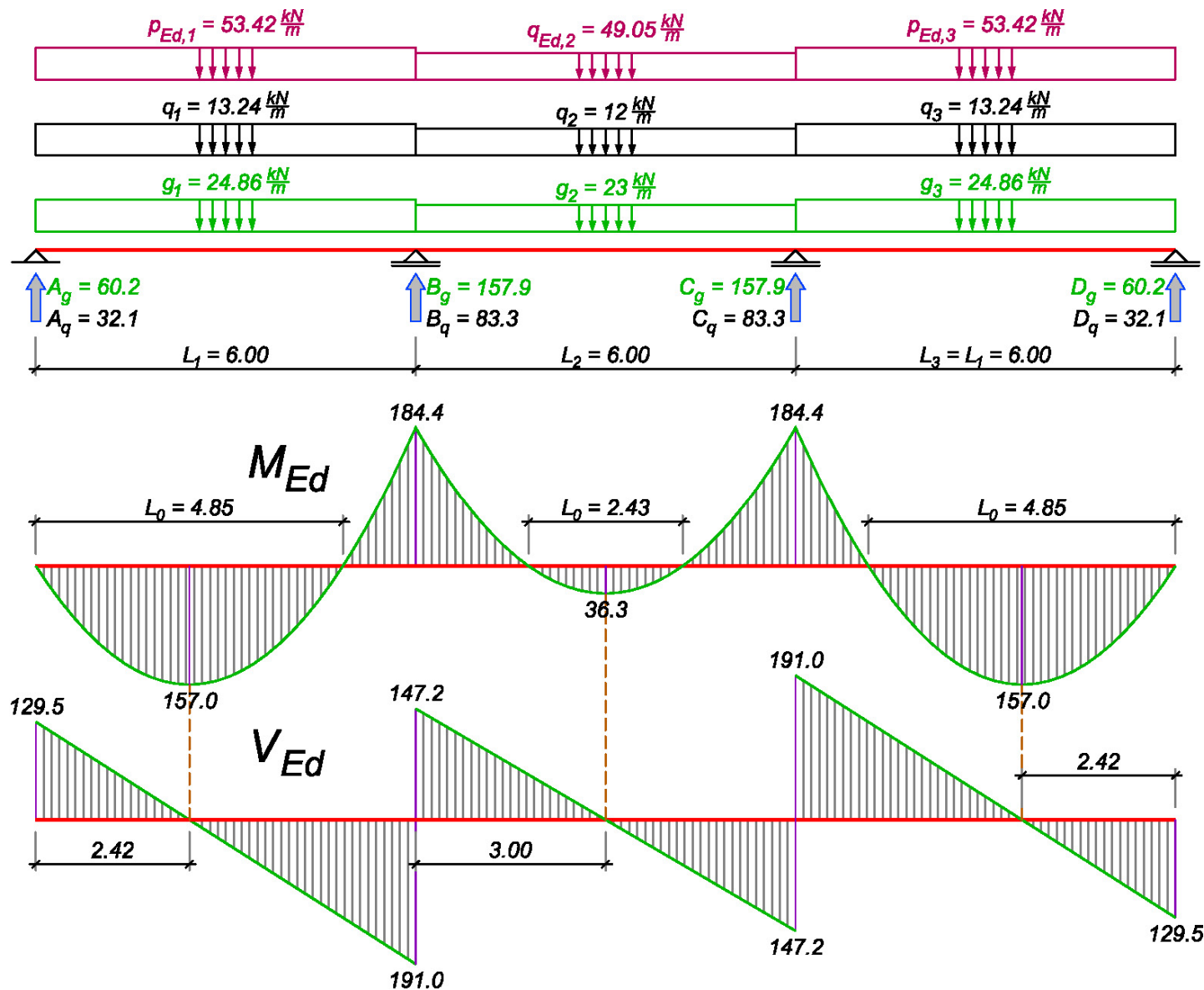
- | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|---------|--------------|
| - sopstvena težina | $0.4 \times 0.5 \times 25$ | = | 5.00 kN/m |
| - <u>stalno opterećenje od POS 1</u> | 2×9.93 | = | 19.86 kN/m |
| ukupno, stalno opterećenje | | g_1 | = 24.86 kN/m |
| povremeno opterećenje | 2×6.62 | = q_1 | = 13.24 kN/m |

srednje polje:

- | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|---------|--------------|
| - sopstvena težina | $0.4 \times 0.5 \times 25$ | = | 5.00 kN/m |
| - <u>stalno opterećenje od POS 1</u> | 2×9.00 | = | 18.00 kN/m |
| ukupno, stalno opterećenje | | g_2 | = 23.00 kN/m |
| povremeno opterećenje | 2×6.00 | = q_2 | = 12.00 kN/m |

POS 3 – dijagrami statičkih uticaja

57



2.3 PRORAČUN GREDE POS 2

2.3.1 Analiza opterećenja za POS 2

krajnja polja:

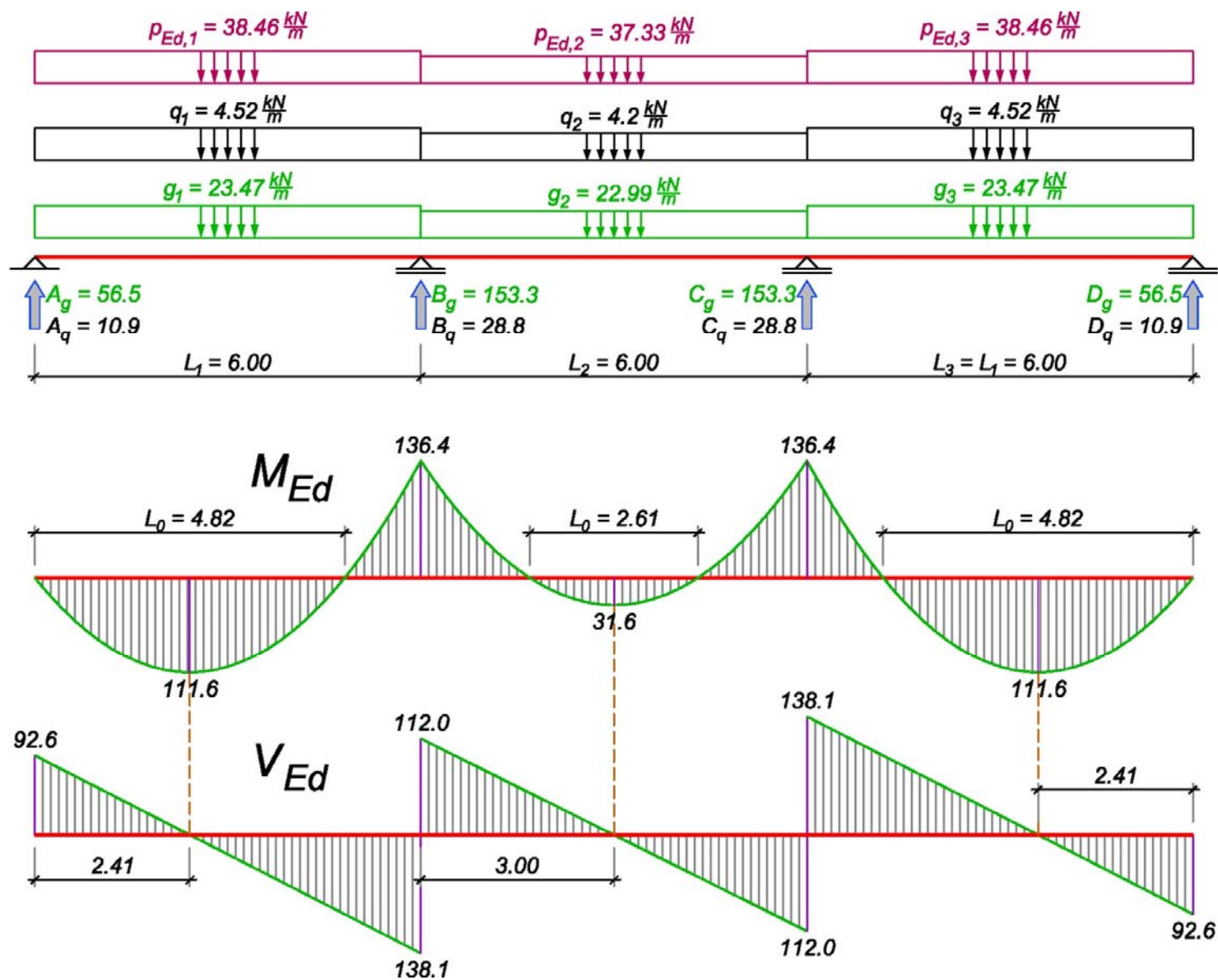
- sopstvena težina	$0.25 \times 0.5 \times 25$	= 3.13 kN/m
- težina fasade	g_f	= 13.56 kN/m
- <u>stalno opterećenje od POS 1</u>		= 6.78 kN/m
ukupno, stalno opterećenje		$g_1 = 23.47 \text{ kN/m}$
povremeno opterećenje		$q_1 = 4.52 \text{ kN/m}$

srednje polje:

- sopstvena težina	$0.25 \times 0.5 \times 25$	= 3.13 kN/m
- težina fasade	g_f	= 13.56 kN/m
- <u>stalno opterećenje od POS 1</u>		= 6.30 kN/m
ukupno, stalno opterećenje		$g_2 = 22.99 \text{ kN/m}$
povremeno opterećenje		$q_2 = 4.20 \text{ kN/m}$

POS 2 – dijagrami statičkih uticaja

59



2.4 PRORAČUN GREDE POS 5

Grede POS 5 su kontinualni nosači raspona $2 \times 5,0$ m, dimenzija 40/50 cm. Kako su opterećenja u oba polja jednaka, proračun statičkih uticaja je elementarno tablični.

2.4.1 Analiza opterećenja

- sopstvena težina $0.4 \times 0.5 \times 25 = 5.00$ kN/m
- stalno opterećenje od POS 1 $9.25 + 8.82 = 18.07$ kN/m
- ukupno, stalno opterećenje $g = 23.07$ kN/m
- povremeno opterećenje $6.17 + 5.88 = q = 12.05$ kN/m

2.4.2 Proračun presečnih sila

$$A_g = 0.375 \times 23.07 \times 5.0 = 43.3 \text{ kN} ; \quad B_g = 1.25 \times 23.07 \times 5.0 = 144.2 \text{ kN}$$

$$A_q = 0.375 \times 12.05 \times 5.0 = 22.6 \text{ kN} ; \quad B_q = 1.25 \times 12.05 \times 5.0 = 75.3 \text{ kN}$$

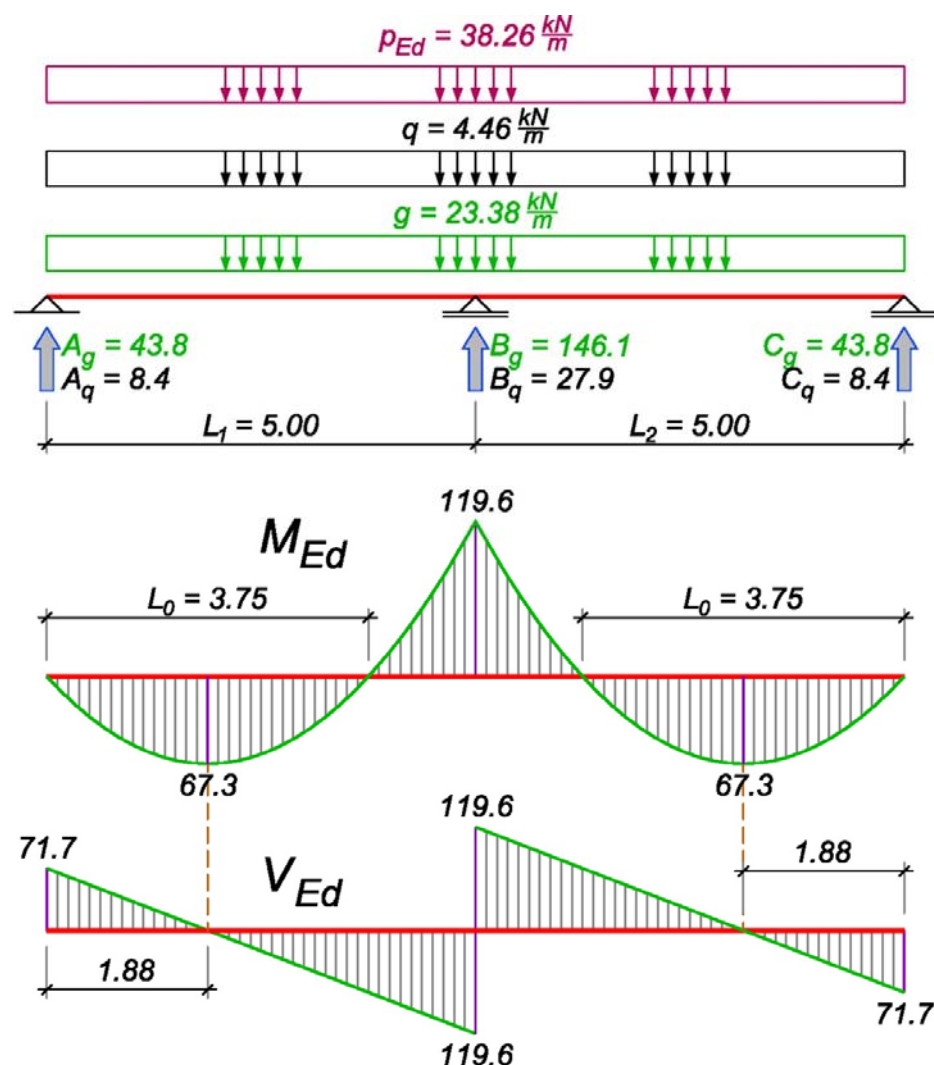
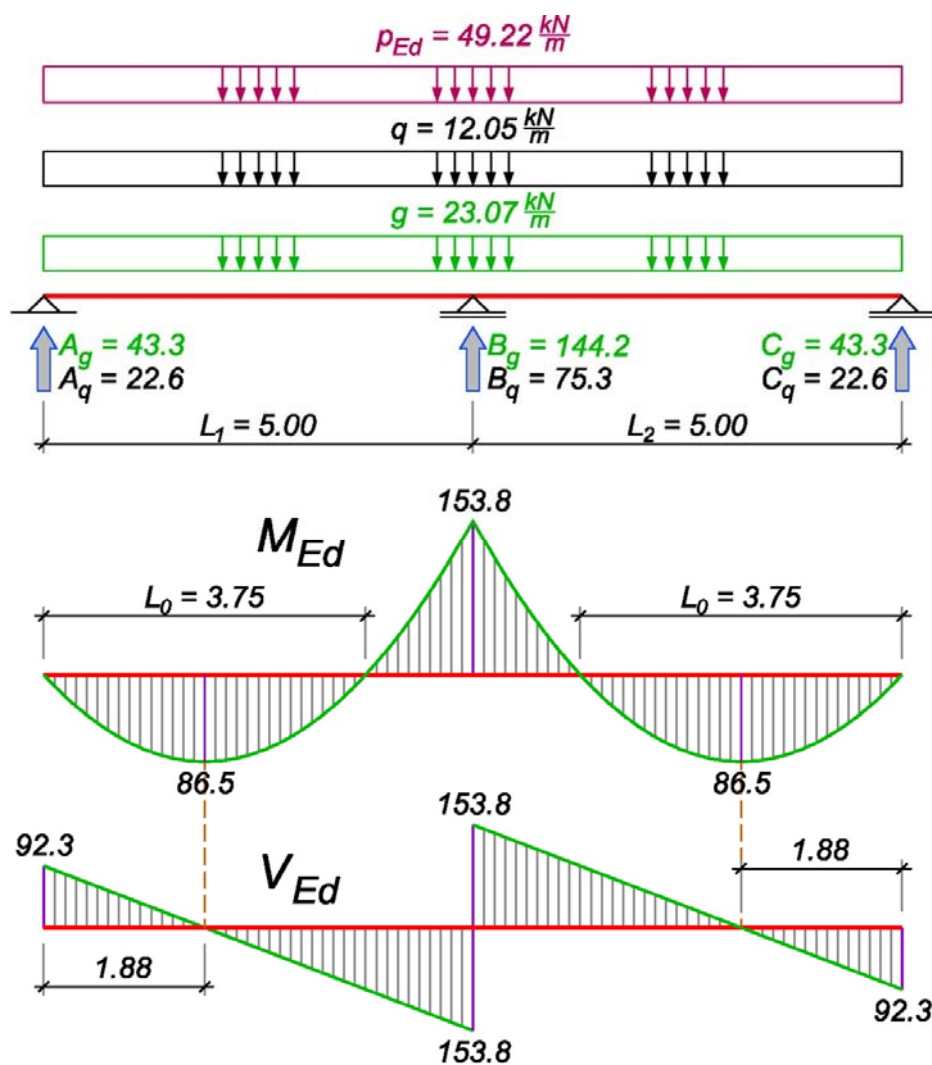
$$q_{Ed} = 1.35 \times 23.07 + 1.5 \times 12.05 = 49.22 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed}^{osl} = \frac{49.22 \times 5.0^2}{8} = 153.8 \text{ kNm} ; \quad M_u^{polje} = \frac{9 \times 49.22 \times 5.0^2}{128} = 86.5 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed}^{B,I} = \frac{5 \times 49.22 \times 5.0}{8} = 153.8 \text{ kN} ; \quad V_{Ed}^A = \frac{3 \times 49.22 \times 5.0}{8} = 92.3 \text{ kN}$$

POS 5 , POS 4 – dijagrami statičkih uticaja

61



2.5 PRORAČUN GREDE POS 4

Grede POS 4 su kontinualni nosači raspona $2 \times 5,0$ m, dimenzija 25/50 cm.

2.5.1 Analiza opterećenja

- sopstvena težina $0.25 \times 0.5 \times 25 = 3.13 \text{ kN/m}$
- težina fasade $g_f = 13.56 \text{ kN/m}$
- stalno opterećenje od POS 1 $= 6.70 \text{ kN/m}$
- ukupno, stalno opterećenje $g = 23.38 \text{ kN/m}$
- povremeno opterećenje $q = 4.46 \text{ kN/m}$

2.5.2 Proračun presečnih sila

$$A_g = 0.375 \times 23.38 \times 5.0 = 43.8 \text{ kN} ; \quad B_g = 1.25 \times 23.38 \times 5.0 = 146.1 \text{ kN}$$

$$A_q = 0.375 \times 4.46 \times 5.0 = 8.4 \text{ kN} ; \quad B_q = 1.25 \times 4.46 \times 5.0 = 27.9 \text{ kN}$$

$$q_{Ed} = 1.35 \times 23.88 + 1.5 \times 4.46 = 38.26 \text{ kN/m}$$

$$M_{Ed}^{osl} = \frac{38.26 \times 5.0^2}{8} = 119.6 \text{ kNm} ; \quad M_{Ed}^{polje} = \frac{9 \times 38.26 \times 5.0^2}{128} = 67.3 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed}^{B,I} = \frac{5 \times 38.26 \times 5.0}{8} = 119.6 \text{ kN} ; \quad V_{Ed}^A = \frac{3 \times 38.26 \times 5.0}{8} = 71.7 \text{ kN}$$

3 PRORAČUN SILA U STUBOVIMA

63

3.1 STUBOVI POS S1

$$G^{S1} = B_g^{POS3} + B_g^{POS5} = 157.9 + 144.2 = 302.1 \text{ kN}$$

$$Q^{S1} = B_q^{POS3} + B_q^{POS5} = 83.3 + 75.3 = 158.6 \text{ kN}$$

3.2 STUBOVI POS S2

$$G^{S2} = A_g^{POS3} + B_g^{POS4} = 60.2 + 146.1 = 206.4 \text{ kN}$$

$$Q^{S2} = A_q^{POS3} + B_q^{POS4} = 32.1 + 27.9 = 60.0 \text{ kN}$$

3.3 STUBOVI POS S3

$$G^{S3} = B_g^{POS2} + A_g^{POS5} = 153.3 + 43.3 = 196.5 \text{ kN}$$

$$Q^{S3} = B_q^{POS2} + A_q^{POS5} = 28.8 + 22.6 = 51.4 \text{ kN}$$

3.4 STUBOVI POS S4

$$G^{S4} = A_g^{POS2} + A_g^{POS4} = 56.5 + 43.8 = 100.3 \text{ kN}$$

$$Q^{S4} = A_q^{POS2} + A_q^{POS4} = 10.9 + 8.4 = 19.3 \text{ kN}$$