



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

Studijski program:	Građevinarstvo
Godina/Semestar:	III godina / V semestar
Naziv predmeta (šifra):	Teorija betonskih konstrukcija 1 (Б3О3Б1)
Nastavnik:	Jelena Carević, Milica Vidović, Stefan Mitrović
Naslov vežbi:	O predmetu. Materijali. Trajnost. Čisto savijanje. Jednostruko armiranje-vezano dimenzionisanje.
Datum :	13.11.2025.

Beograd, 2024.

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.



O predmetu

- ***Predmetni nastavnik:***

- *kabinet 139:* *prof.dr Snežana Marinković*
- *kabinet 138:* *v.prof.dr Ivan Ignjatović*

- ***Asistenti/saradnici:***

- *kabinet 139:* *doc.dr Jelena Carević*
- *soba 3 (suteran-"beton"):* *asist. Stefan Mitrović*
- *soba 3 (suteran-"beton"):* *asist. Milica Vidović*
- *kabinet 142:* *doc.dr Ivan Milićević*
- *soba 3 (suteran-"beton"):* *saradnik Milan Stamenić*
- *soba 3 (suteran-"beton"):* *demonstrator, Dimitrije Kuzmanović*

- ***Uslovni predmeti:***

- ***Otpornost materijala 1, Građevinski materijali 2***
- *Za slušanje predmeta TBK-1 je neophodan potpis, a za polaganje predmeta TBK-1 položeni gore navedeni ispiti*

O predmetu

	PIO		Ispit		Σ
	Elaborat	Kolokvijum	Pismeni deo ispita	Usmeni deo ispita	
Maksimalan broj poena	10	20	30	40	100
Minimum za sticanje potpisa	5	7	-	-	12
Minimum za polaganje ispita	5	26		20	51

Broj ostvarenih poena Elaborat+Kolokvijum + Pismeni + Usmeni deo ispita	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100
Ocena	6	7	8	9	10

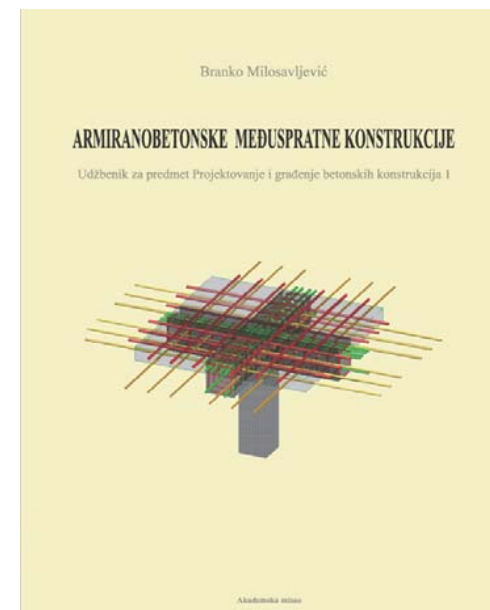
Obavezna predaja kompletnog elaborata!

Obavezno prisustvo na vežbama!

Detaljnije na: www.grf.bg.ac.rs ili na

http://imksus.grf.bg.ac.rs/nastava/BETON-NOVI%20NASTAVNI%20PLAN_2021/TBK1/

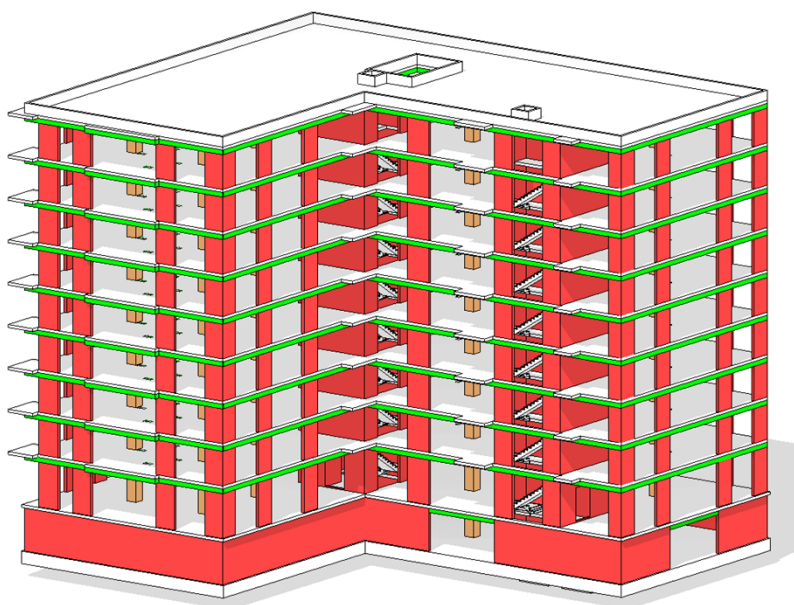
Literatura



Principi proračuna

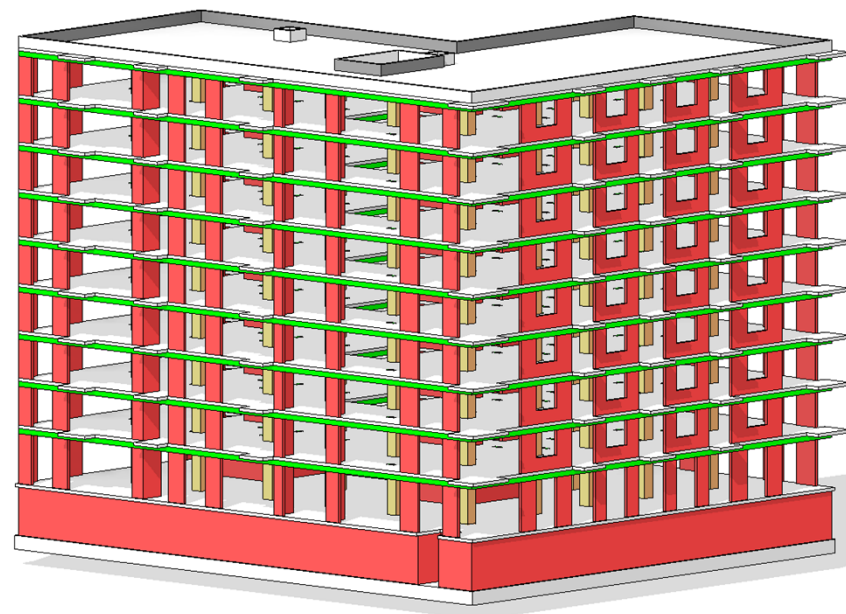
1. ANALIZA OPTEREĆENJA
2. STATIČKI SISTEM
3. DIMENZIONISANJE
4. PLAN ARMATURE I DETALJI

Noseći AB elementi



Tavanice 20 [cm]

Obodne grede 20/52 [cm]

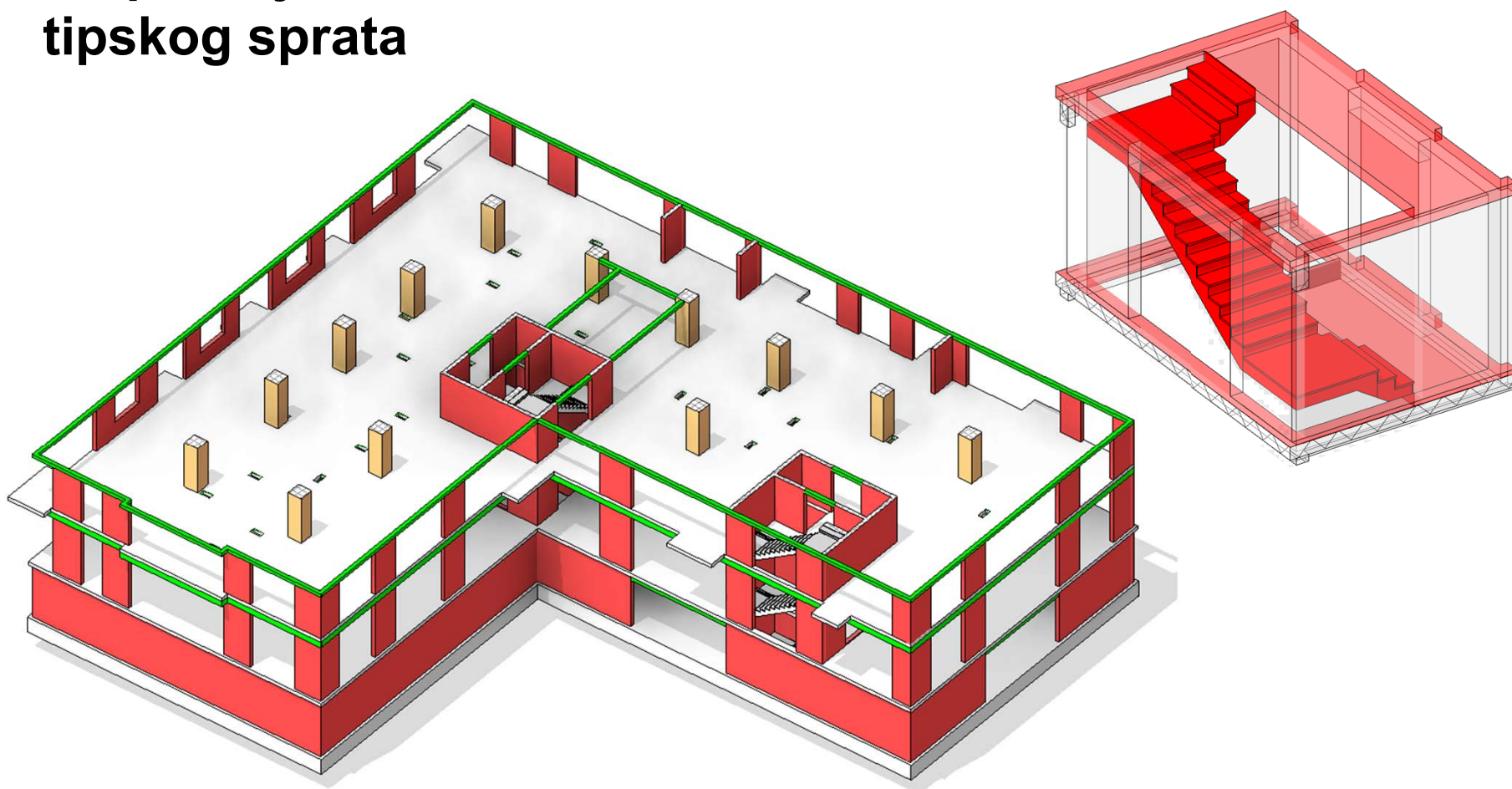


Zidovi 20 [cm]

Stubovi 75x75 [cm]

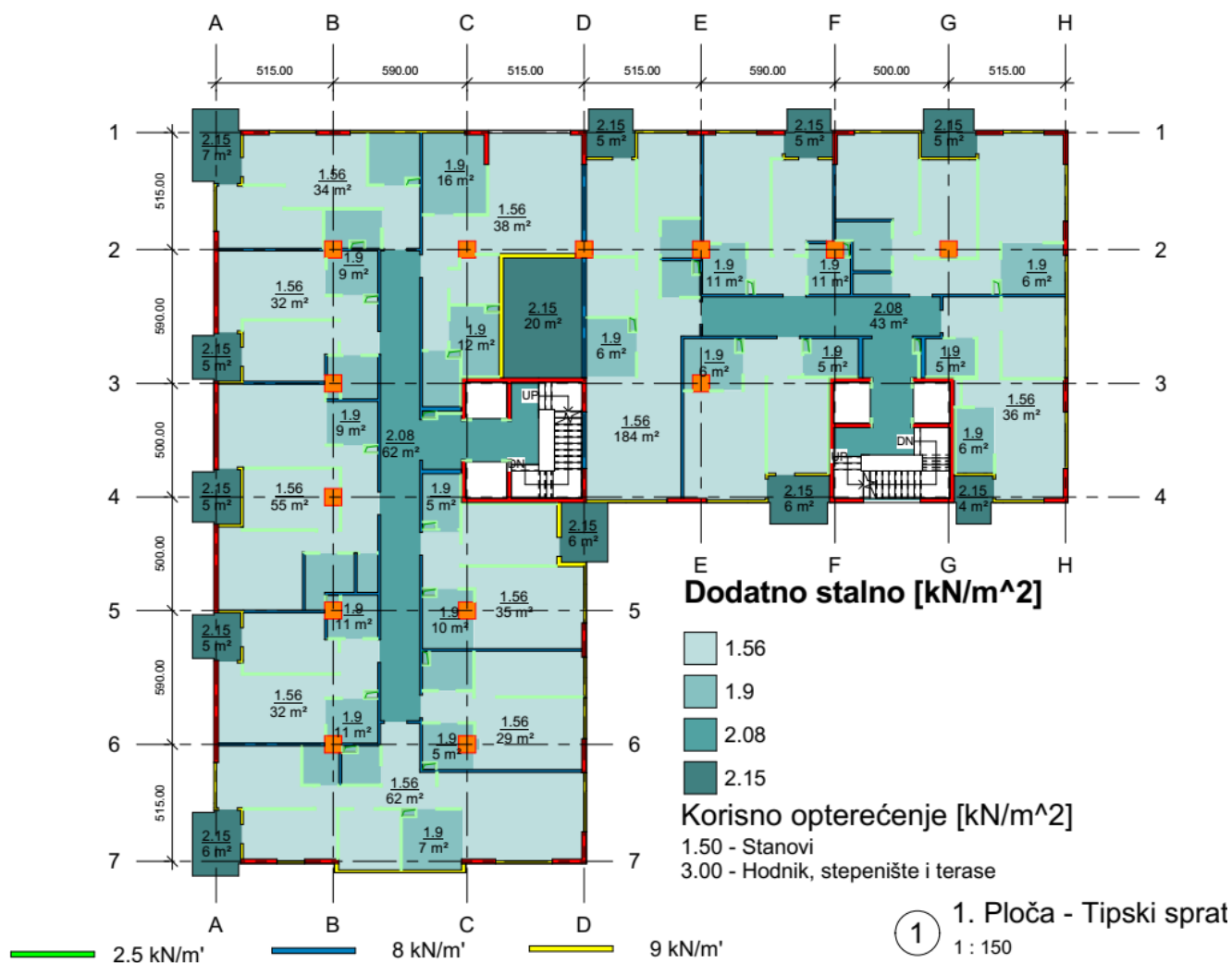
Temelj 85 [cm]

Dispozicija nosećih AB elemenata tipskog sprata



Dušan Stević, Projekat konstrukcije stambeno-poslovnog objekta Po+Pr+8, Master rad, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2019.

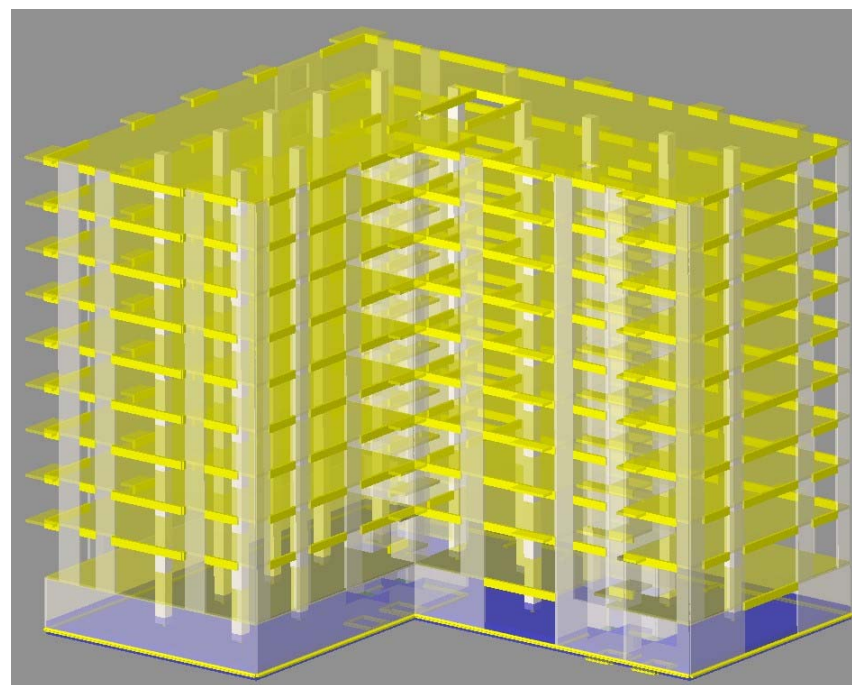
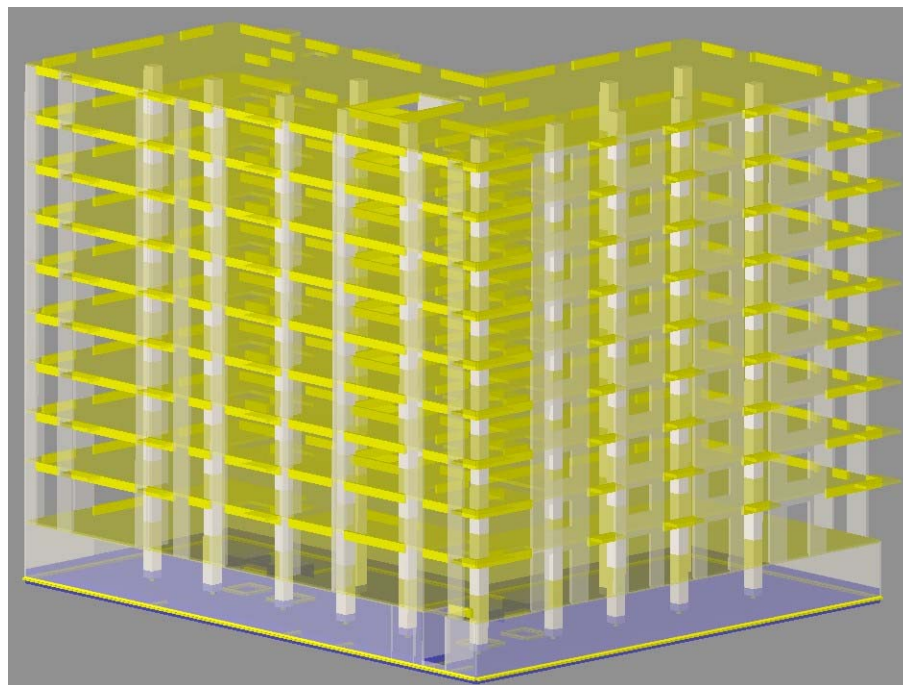
Analiza opterećenja tipskog sprata



Dušan Stević, Projekat konstrukcije stambeno-poslovnog objekta Po+Pr+8, Master rad, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2019.

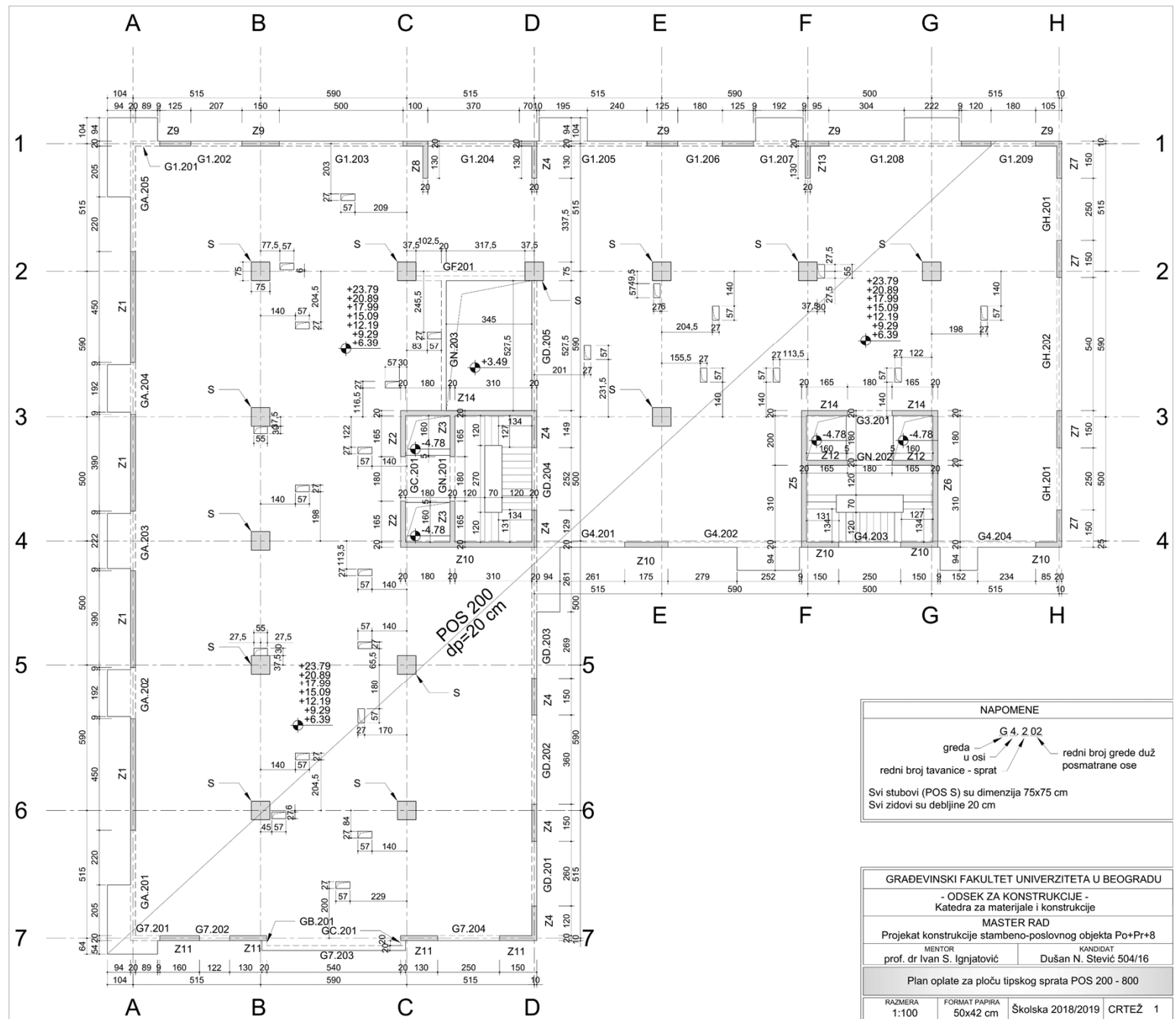
Model konstrukcije - MKE

- Opterećenja
- Modeliranje AB elemenata
- Analiza konstrukcije
- Određivanje uticaja
- Dimenzionisanje

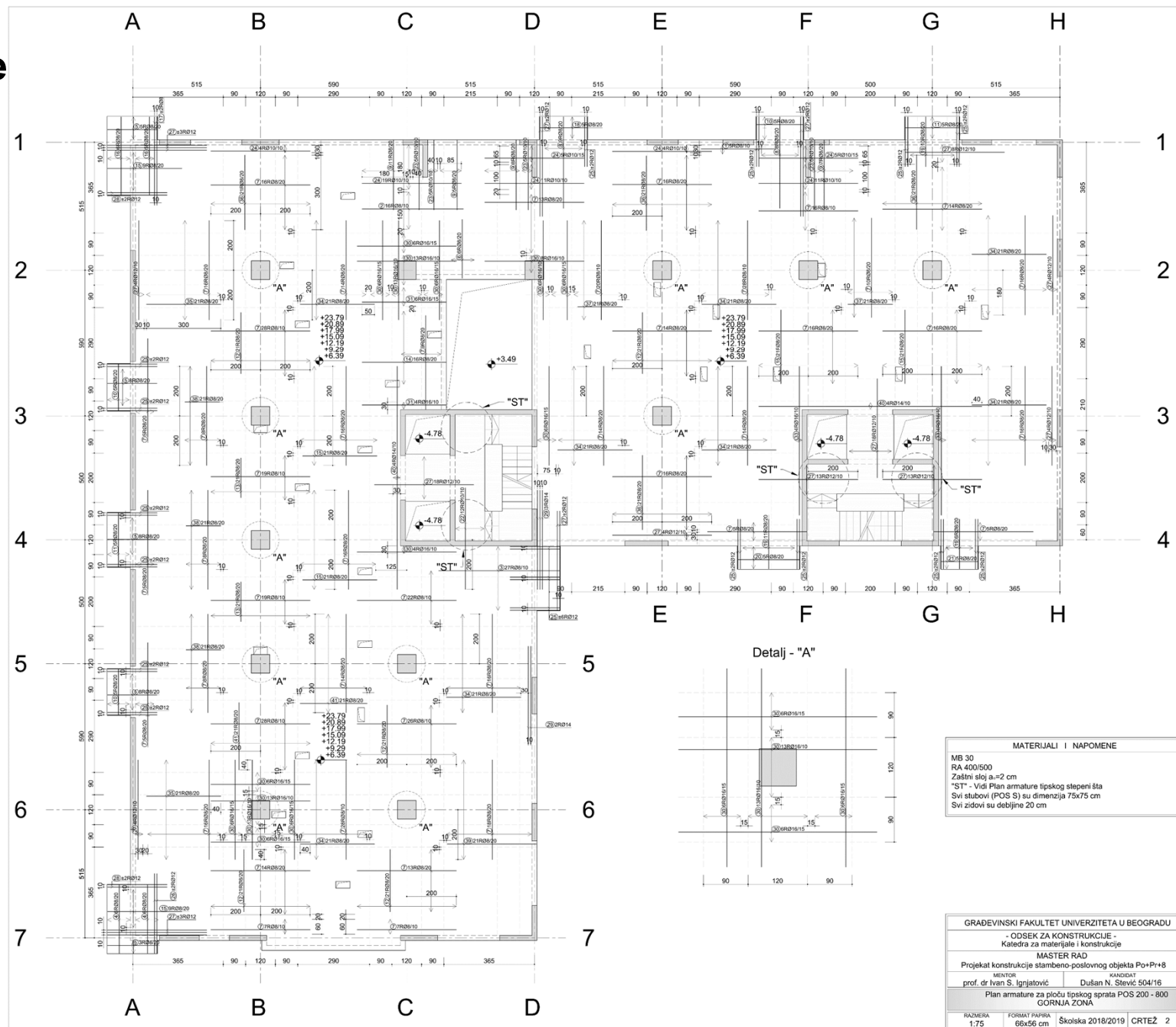


Dušan Stević, Projekat konstrukcije stambeno-poslovnog objekta Po+Pr+8, Master rad, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2019.

Plan oplate tipske ploče



Plan armature tipske ploče



Materijali

Odeljak 3 SRPS EN 1992:2015

KLASE ČVRSTOĆE BETONA															
f_{ck}	MPa	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
$f_{ck,cube}$	MPa	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105
f_{cm}	MPa	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98
$f_{ct,m}$	MPa	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0
$f_{ctk,0.05}$	MPa	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5
$f_{ctk,0.95}$	MPa	2.0	2.5	2.9	3.3	3.8	4.2	4.6	4.9	5.3	5.5	5.7	6.0	6.3	6.6
E_{cm}	GPa	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44
ϵ_{c1}	‰	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.25	2.3	2.4	2.45	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8
ϵ_{cu1}	‰	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.2	3.0	2.8	2.8	2.8
ϵ_{c2}	‰	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6
ϵ_{cu2}	‰	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.1	2.9	2.7	2.6	2.6
n		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.75	1.6	1.45	1.4	1.4
ϵ_{c3}	‰	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3
ϵ_{cu3}	‰	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.1	2.9	2.7	2.6	2.6



Materijali

Oznaka vrste i klase armature!

B 500 B		
Ø	$A_a^{(1)}$	$m_a^{(1)}$
mm	cm ²	kg/m
6	0.283	0.222
8	0.503	0.395
10	0.785	0.617
12	1.13	0.888
14	1.54	1.21
16	2.01	1.58
20	3.14	2.47
25	4.91	3.85
28	6.16	4.83
32	8.04	6.31
40	12.57	9.86
50	19.63	15.41

Ø large

Dodatna pravila ! (EN 1992, deo 8.8)

		PREČNIK ŽICE		RASTOJANJE ŽICE		MASA MREŽE	
	tip	D mm	d mm	a mm	t mm	$m^{(1)}$ kg/m ²	M kg
Q	84	4	4	150	150	1.364	17.598
Q	131	5	5	150	150	2.122	27.375
Q	188	6	6	150	150	3.059	39.463
Q	196	5	5	100	100	3.147	40.596
Q	221	6.5	6.5	150	150	3.583	46.218
Q	257	7	7	150	150	4.162	53.684
Q	283	6	6	100	100	4.537	58.521
Q	335	8	8	150	150	5.443	70.216
Q	378	8.5	8.5	150	150	6.132	79.104
Q	424	9	9	150	150	6.876	88.702
Q	503	8	8	100	100	8.072	104.126
Q	524	10	10	150	150	8.502	109.678
Q	753	12	12	150	150	12.237	157.851
Q	785	10	10	100	100	12.608	162.647
Q	1130	12	12	100	100	18.146	234.086



Materijali



		PREČNIK ŽICE		RASTOJANJE ŽICE		MASA MREŽE	
	tip	D mm	d mm	a mm	t mm	m ⁽¹⁾ kg/m ²	M kg
R	84	4	4	150	250	1.098	14.158
R	131	5	4	150	250	1.485	19.158
R	188	6	4.2	150	250	2.005	25.861
R	196	5	4.2	100	250	2.032	26.212
R	221	6.5	4.6	150	250	2.357	30.409
R	257	7	5	150	250	2.750	35.478
R	283	6	4.2	100	250	2.735	35.278
R	335	8	5	150	250	3.406	43.932
R	378	8.5	5	150	250	3.758	48.477
R	424	9	6	150	250	4.413	56.929
R	503	8	6	100	250	4.979	64.231
R	524	10	6	150	250	5.245	67.655
R	753	12	8	150	250	7.853	101.305
R	785	10	6	100	250	7.281	93.928
R	1130	12	8	100	200	11.172	144.120

Trajnost

EC2: „**Trajna konstrukcija** mora da zadovolji zahteve upotrebljivosti, nosivosti i stabilnosti u toku svog **proračunskog eksploatacionog veka**, bez značajnog gubitka sposobnosti da služi svojoj nameni ili preterano velikih nepredviđenih troškova održavanja.“

U osnovi, EC2 podrazumeva:

1. **Upotrební vek od 50 godina**
2. „Normalni“ nadzor prilikom izvođenja radova
3. „Normalnu“ inspekciju i održavanje tokom eksploatacije

Oštećenja betona i korozija armature u potencijalno agresivnoj sredini

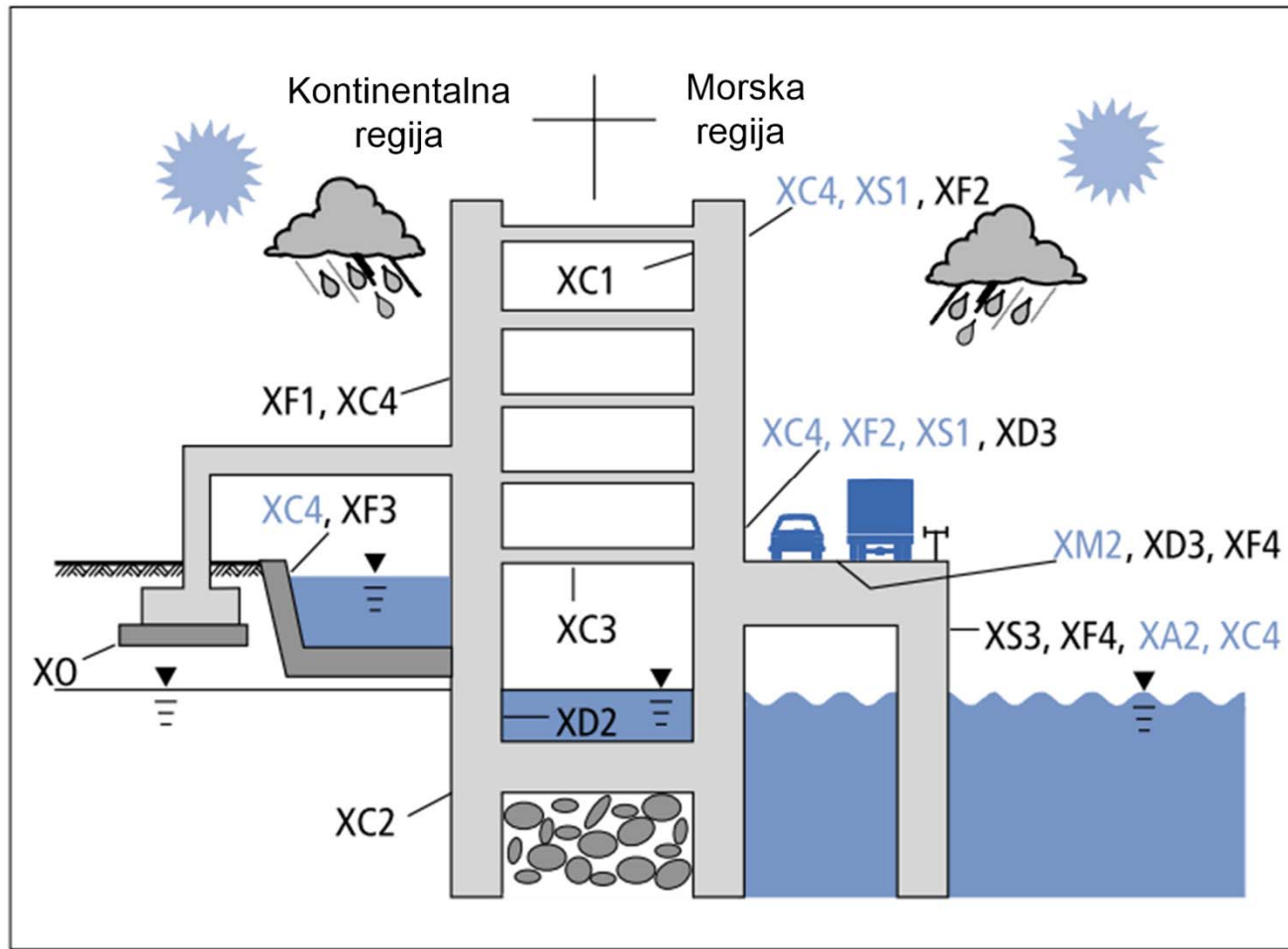
Identifikacija uslova izloženosti – fizički i hemijski uslovi sredine kojima je konstrukcija izložena

TRAJNOST SE OBEZBEĐUJE: 1) Zaštitnim slojem i 2) Kvalitetom betona



Trajnost – klase izloženosti

Uslovi i klase izloženosti konstrukcije



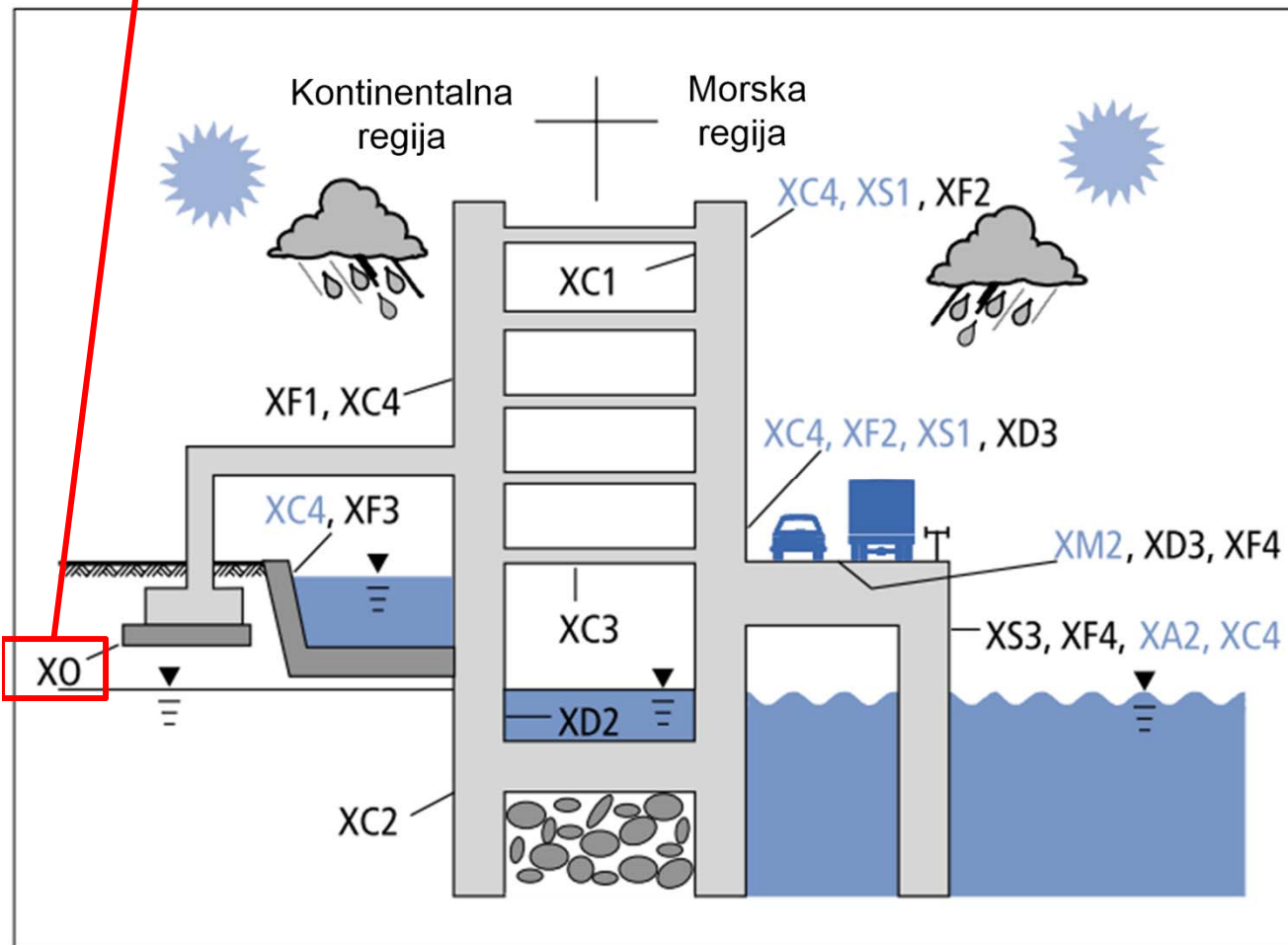
- XC – Carbonation
- XD – Chlorides from De-icing agents
- XS – Chlorides from Sea water
- XF – Freeze-thaw action
- XA – Chemical Attack

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

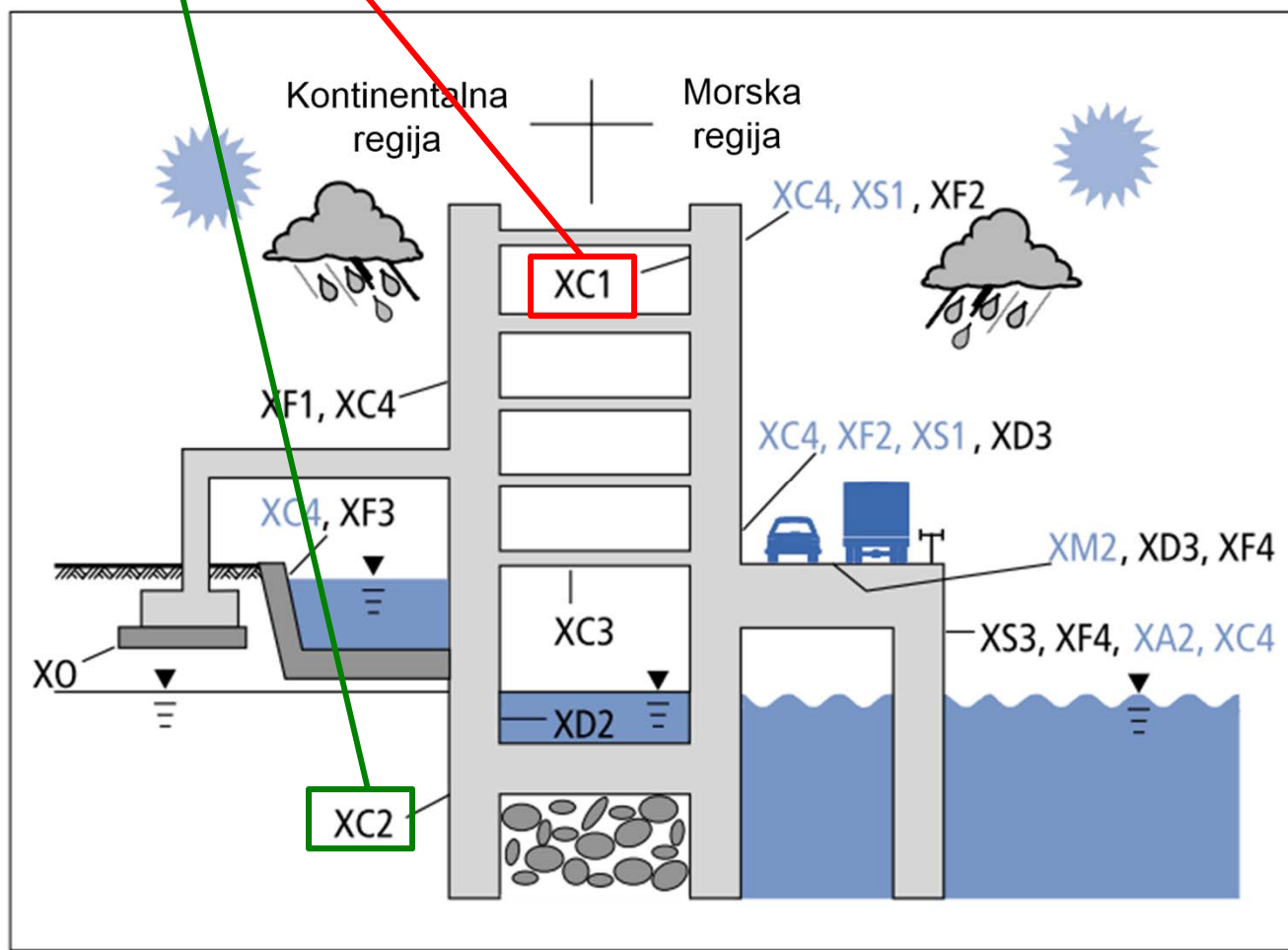
Бетон у унутрашњости зграда са веома ниском влажношћу ваздуха



XC – Carbonation
XD – Chlorides from De-icing agents
XS – Chlorides from Sea water
XF – Freeze-thaw action
XA – Chemical Attack

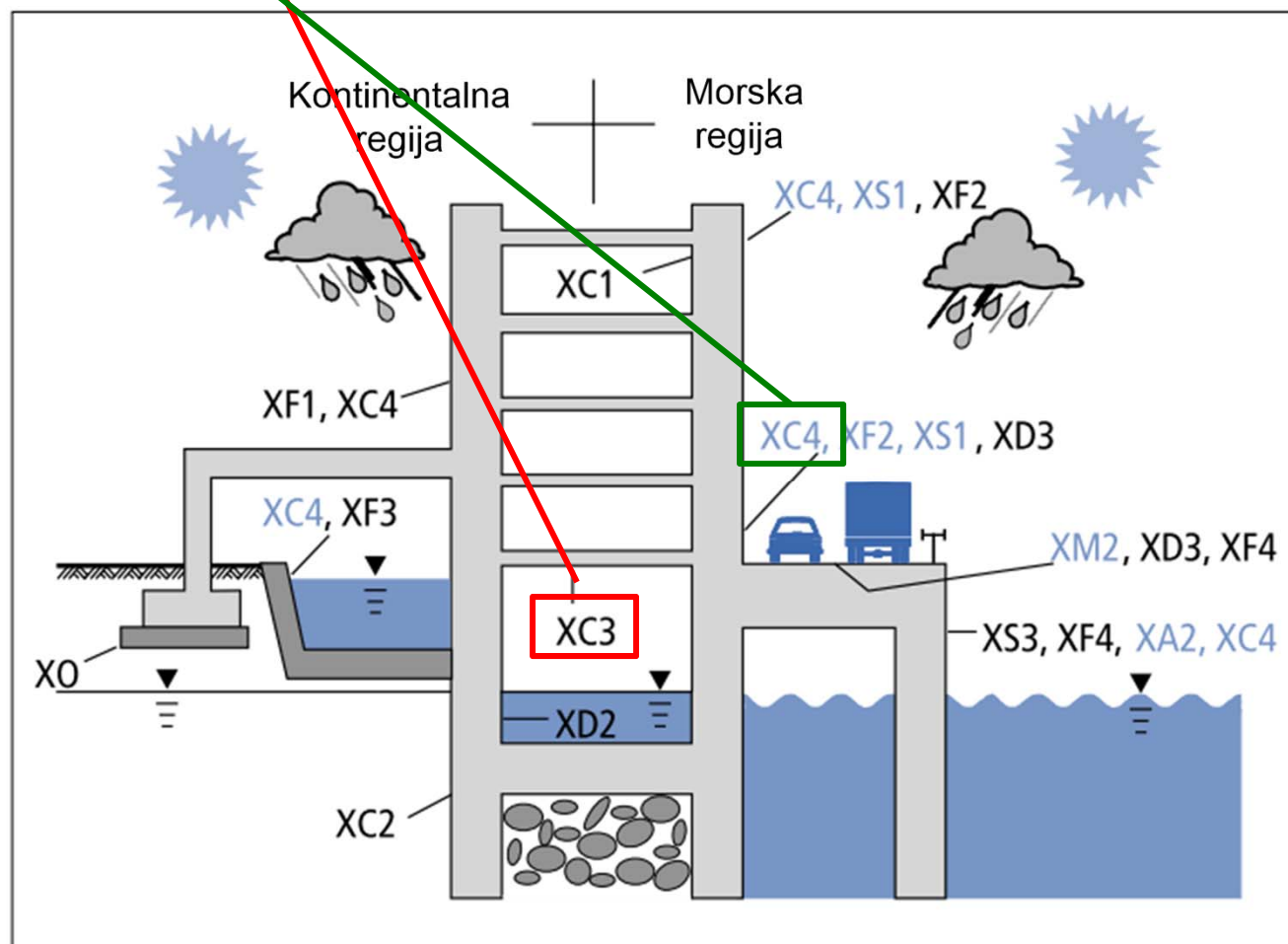
2 Корозија проузрокована карбонацијом

XC1	Сува или стално влажна средина	Бетон у унутрашњости зграда са ниском влажношћу ваздуха Бетон стално потопљен у воду
XC2	Влажна, ретко сува средина	Површине бетона изложене дуготрајном контакту са водом Многи темељи



2 Корозија проузрокована карбонацијом

XC3	Умерено влажна средина	Бетон у унутрашњости зграда са умереном или високом влажношћу ваздуха Бетон у спољашњем простору заштићен од кише
XC4	Циклично влажна и сува средина	Површине бетона у контакту са водом, које не спадају у класу изложености XC2



XC – Carbonation

XD – Chlorides from De-icing agents

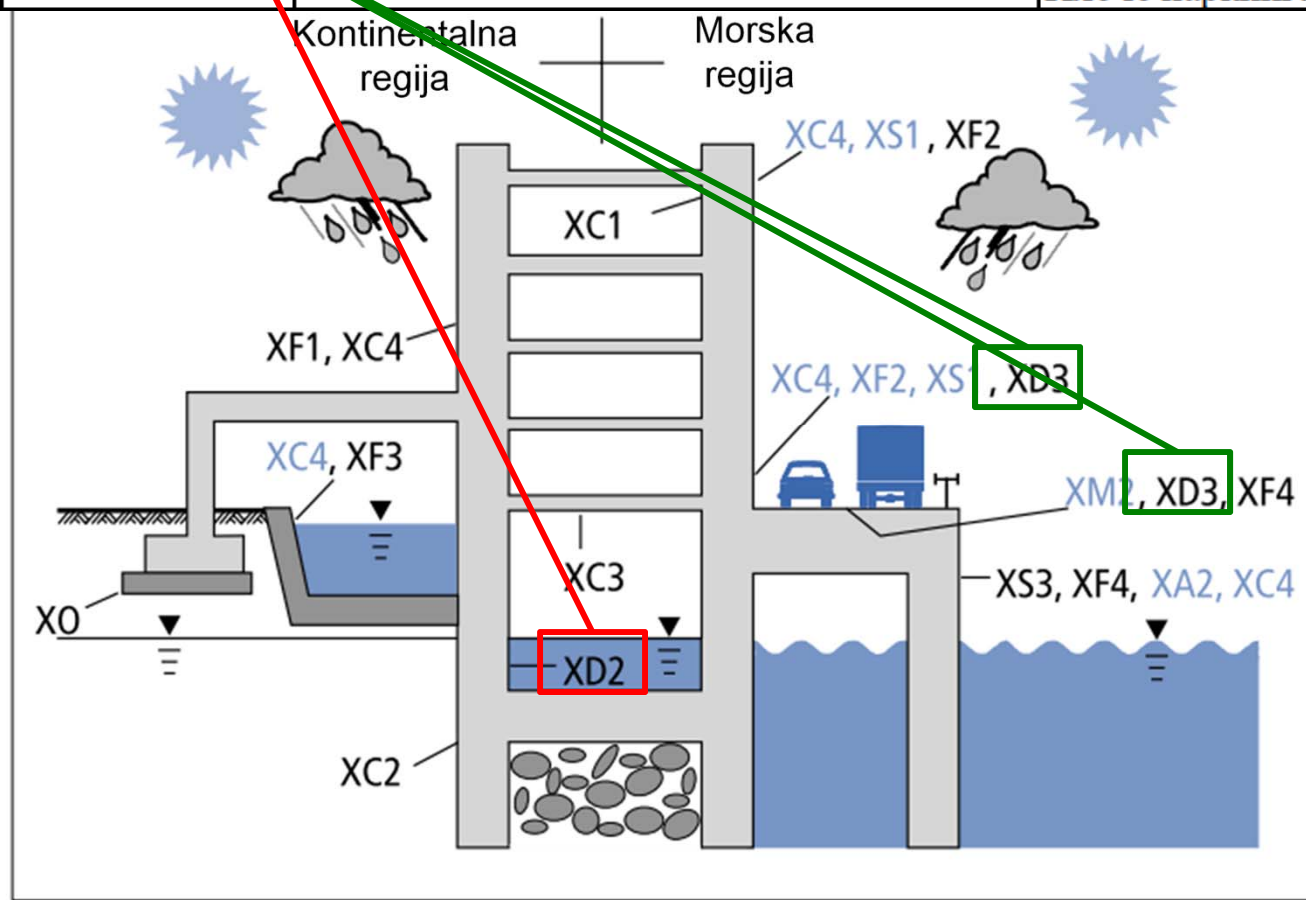
XS – Chlorides from **S**ea water

XF – Freeze-thaw action

XA – Chemical Attack

3 Корозија проузрокована хлоридима који не потичу из морске воде

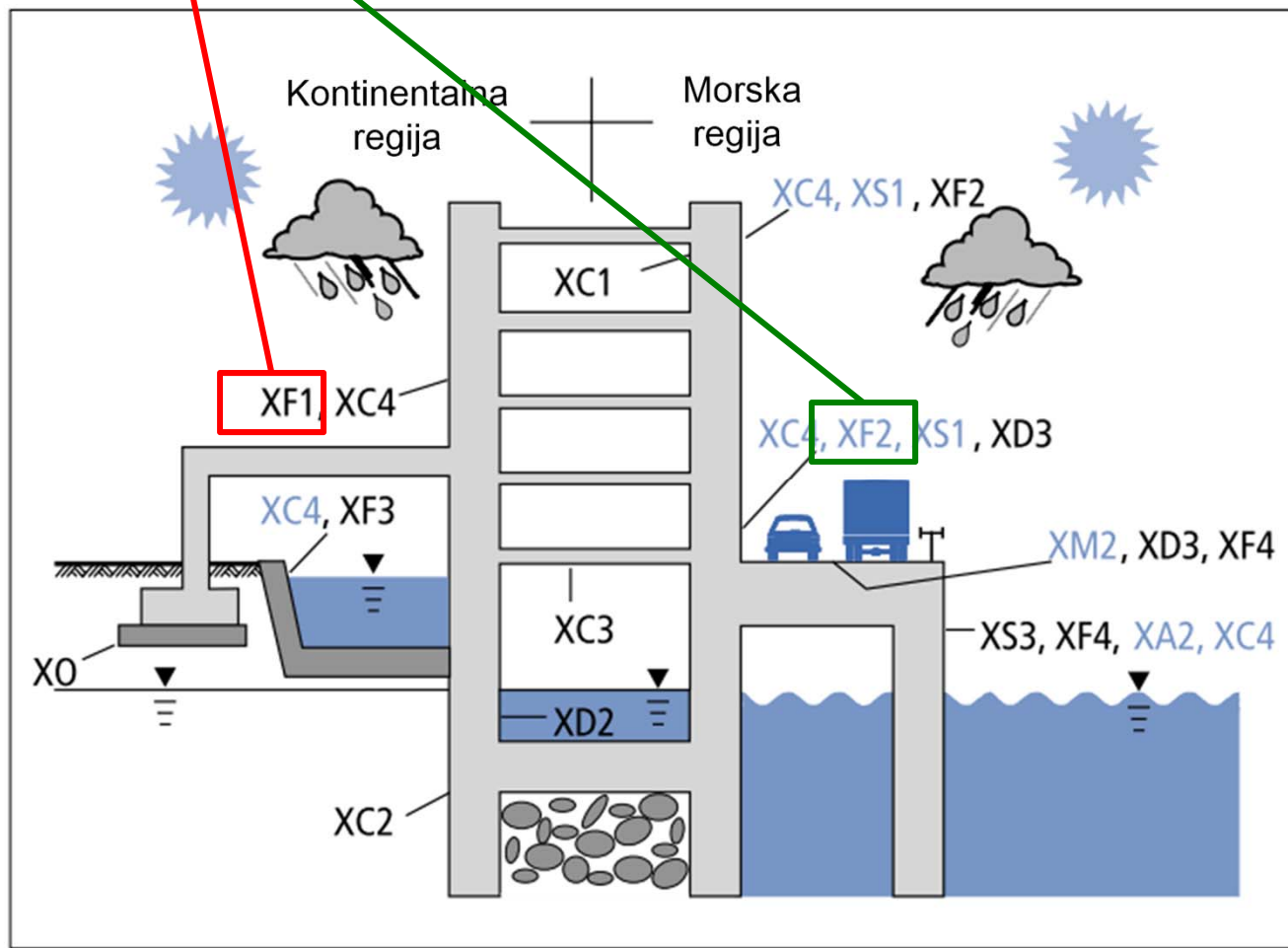
XD1	Умерено влажна средина	Површине бетона изложене дејству хлорида из ваздуха
XD2	Влажна, ретко сува средина	Базени за пливање Бетонски елементи изложени индустријским водама које садрже хлориде
XD3	Циклично влажна и сува средина	Делови мостова изложени прскању аеросола који садржи хлорид Коловози Плоче паркинга



XC – Carbonation
 XD – Chlorides from De-icing agents
 XS – Chlorides from Sea water
 XF – Freeze-thaw action
 XA – Chemical Attack

5 Замрзавање/одмрзавање са агенсима за одмрзавање или без њих

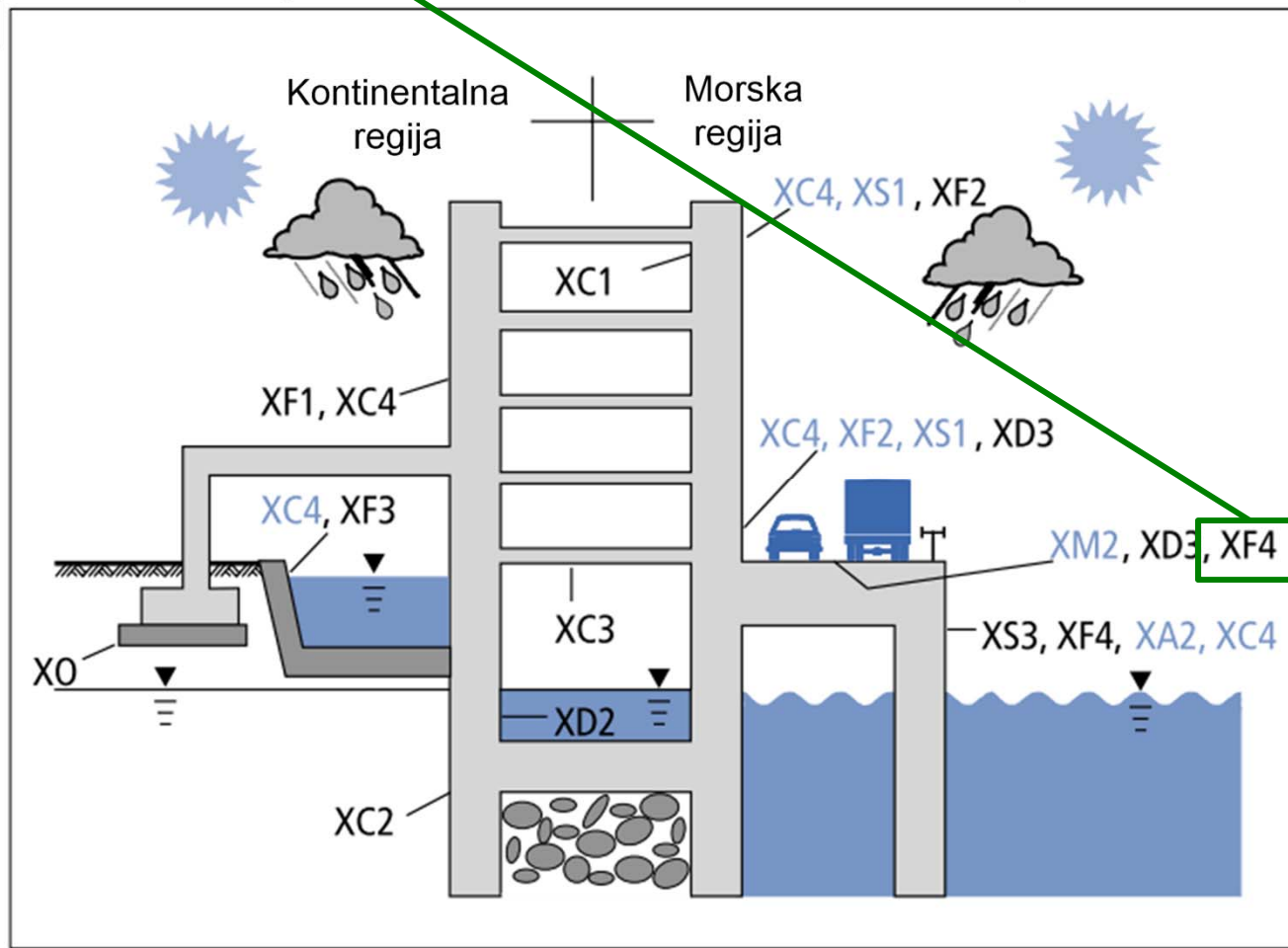
XF1	Умерена zasiћеност водом, без агенса за одмрзавање	Вертикалне бетонске површине изложене киши и мразу
XF2	Умерена zasiћеност водом, са агенсима за одмрзавање	Вертикалне бетонске површине саобраћајних конструкција, изложене мразу и средствима за одмрзавање из ваздуха



- XC – Carbonation
- XD – Chlorides from De-icing agents
- XS – Chlorides from Sea water
- XF – Freeze-thaw action
- XA – Chemical Attack

5 Замрзавање/одмрзавање са агенсима за одмрзавање или без њих

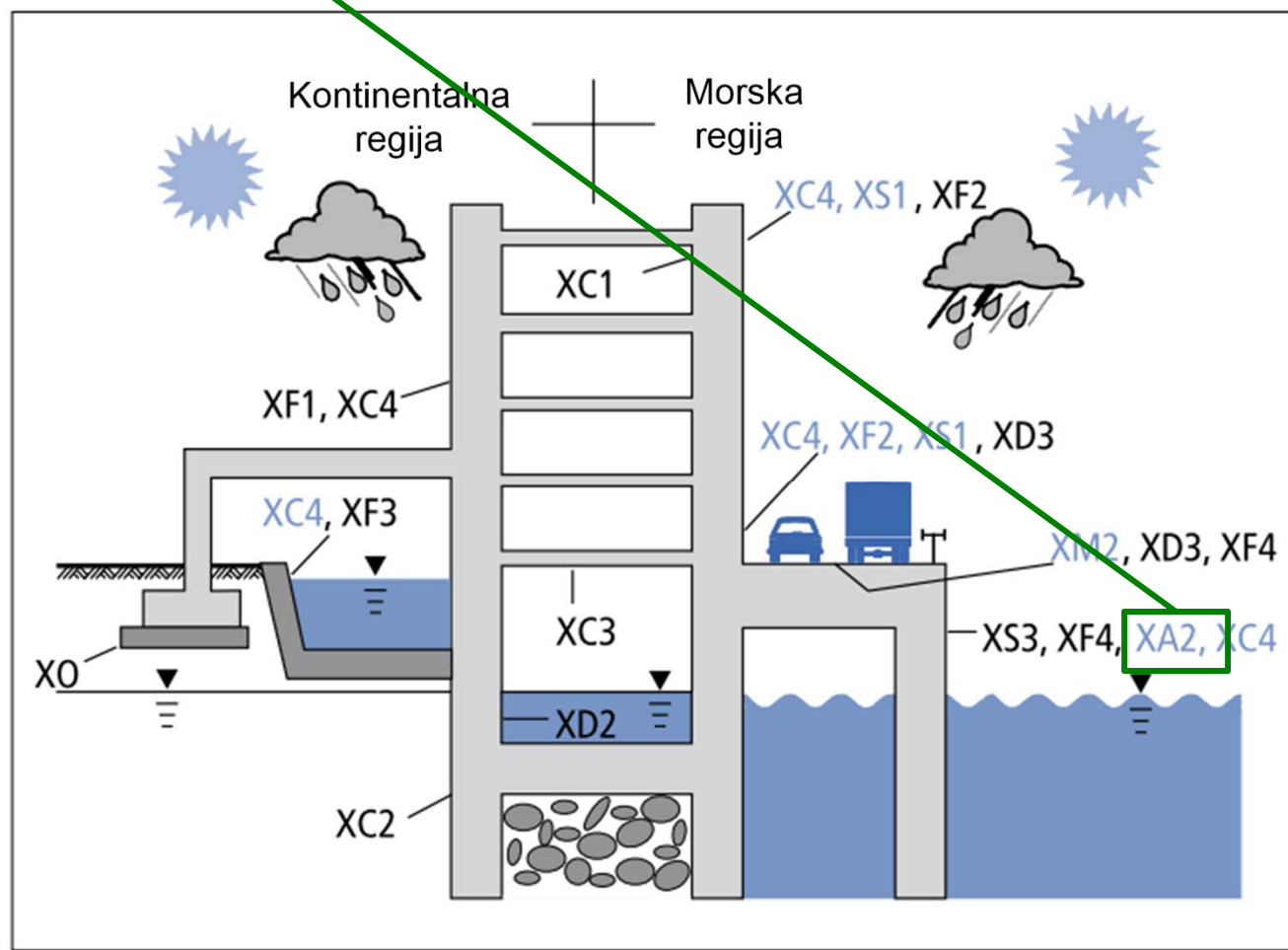
XF3	Велика zasiћеност водом, без агенса за одмрзавање	Хоризонталне бетонске површине изложене киши и мразу
XF4	Велика zasiћеност водом са агенсима за одмрзавање или морском водом	Путне или мостовске коловозне конструкције изложене агенсима за одмрзавање Бетонске површине изложене директном прскању растворима средстава за одмрзавање и мразу Зоне квашења конструкција на морској обали



XC – Carbonation
 XD – Chlorides from De-icing agents
 XS – Chlorides from Sea water
 XF – Freeze-thaw action
 XA – Chemical Attack

6 Хемијска изложеност

XA1	Блага хемијска агресивност средине, према EN 206-1, табела 2	Природна тла и подземна вода
XA2	Умерена хемијска агресивност средине, према EN 206-1, табела 2	Природна тла и подземна вода
XA3	Изражена хемијска агресивност средине, према EN 206-1, табела 2	Природна тла и подземна вода

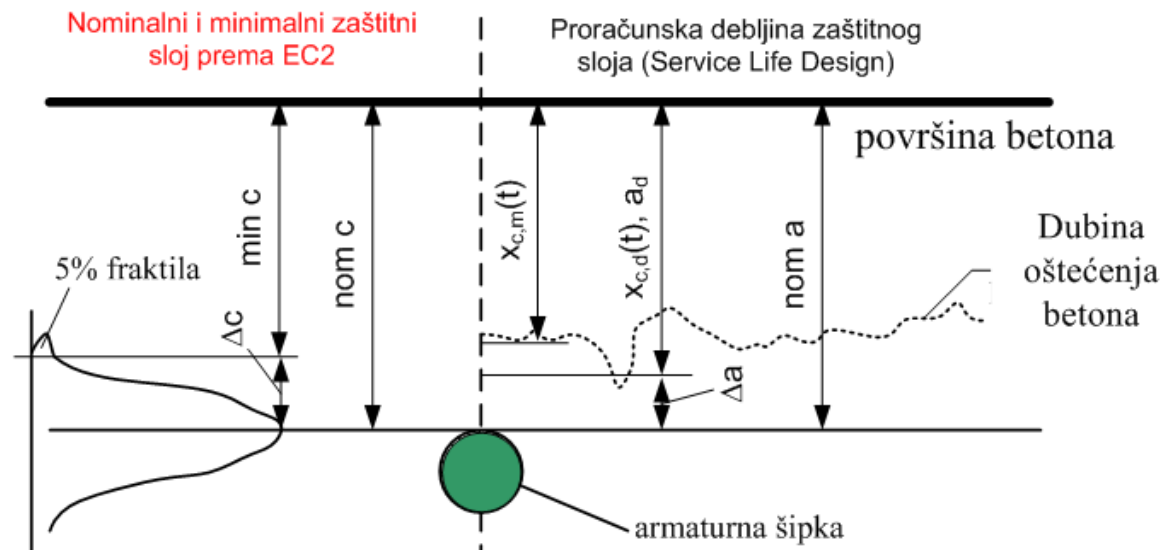


- XC – Carbonation
- XD – Chlorides from De-icing agents
- XS – Chlorides from Sea water
- XF – Freeze-thaw action
- XA – Chemical Attack

Trajnost – zaštitni slojevi

Procedura proračuna nominalnog zaštitnog sloja (c_{nom}) podrazumeva definisanje/identifikaciju:

1. Klase izloženosti za različite elemente konstrukcije
2. Minimalne klase čvrstoće za svaku od klasa izloženosti (Prilog E, EC2; Prilog F, EN206)
3. Minimalnog zaštitnog sloja s obzirom na prijanjanje armature ($c_{min,b}$) i trajnosti ($c_{min,dur}$)



Trajnost – zaštitni slojevi

Nominalni zaštitni sloj koji se koristi pri dimenzionisanju je:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Minimalni zaštitni sloj c_{min} , pod kojim se podrazumeva rastojanje između šipke ili kabla najbližeg površini betona i površine betona, treba da obezbedi:

1. siguran prenos napona prijanjanja,
2. zaštitu čelika od korozije (trajnost) i
3. odgovarajuću otpornost na požar.

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

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm} \quad \text{Odstupanje u izvođenju (moguće korekcije...)}$$

Trajnost – zaštitni slojevi

Minimalni zaštitni sloj iz uslova dobrog prijanjanja, $c_{min,b}$:

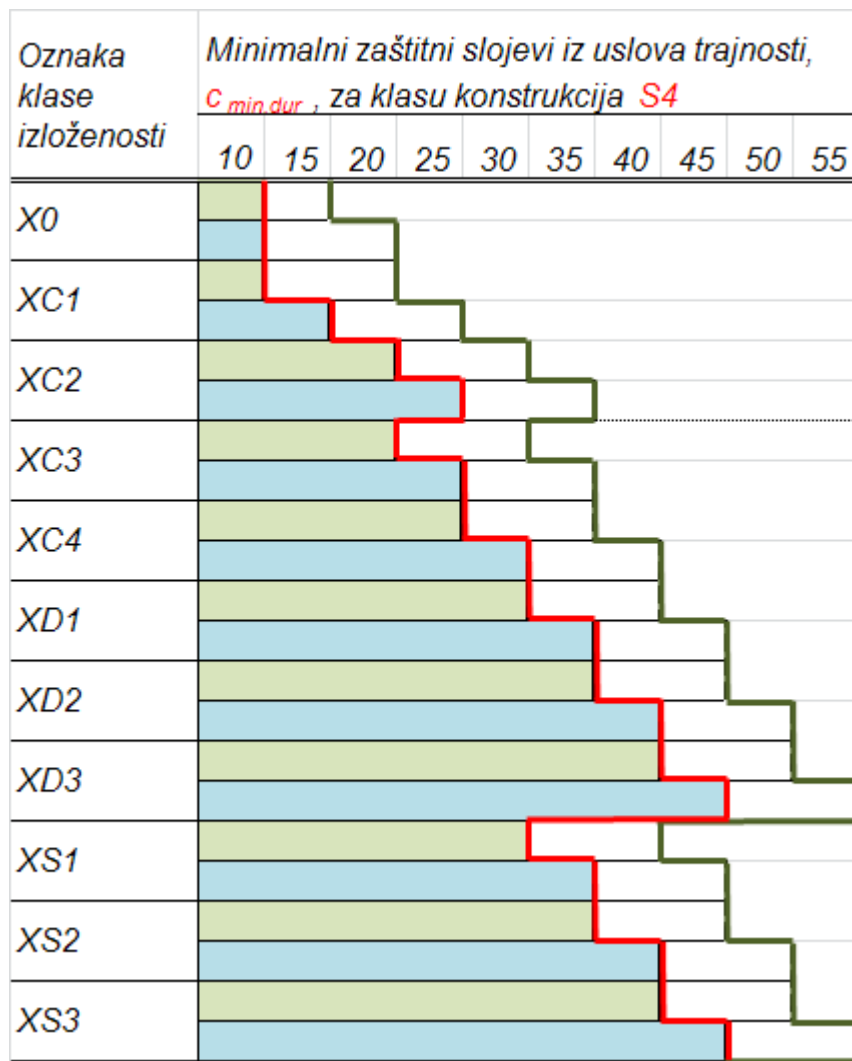
Raspored šipki	Minimalni zaštitni sloj $c_{min,b}$ *
Pojedinačne šipke	Prečnik šipke, $\emptyset$
Šipke u svežnju	Ekvivalentni prečnik ($\emptyset_n$)

*Ako je nominalna maksimalna dimenzija agregata veća od 32 mm, $c_{min,b}$ treba povećati za 5 mm

Minimalni zaštitni slojevi iz uslova trajnosti, $c_{min,dur}$:

Minimalni zaštitni sloj iz uslova trajnosti, $c_{min,dur}$ (mm)							
Klasa konstrukcije	Klasa izloženosti						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
1	10	10	10	15	20	25	30
2	10	10	15	20	25	30	35
3	10	10	20	25	30	35	40
4	10	15	25	30	35	40	45
5	15	20	30	35	40	45	50
6	20	25	35	40	45	50	55

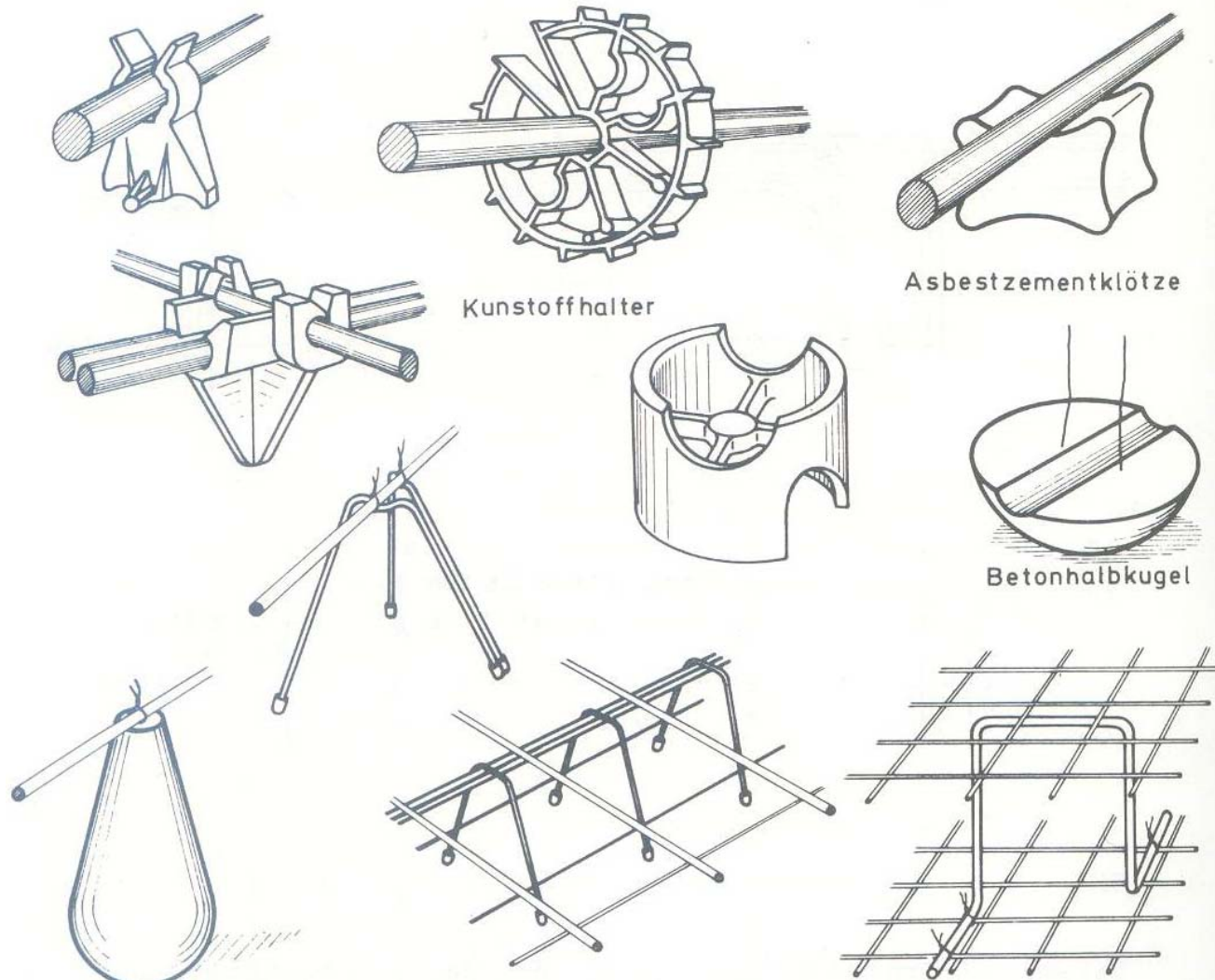
Trajnost – zaštitni slojevi



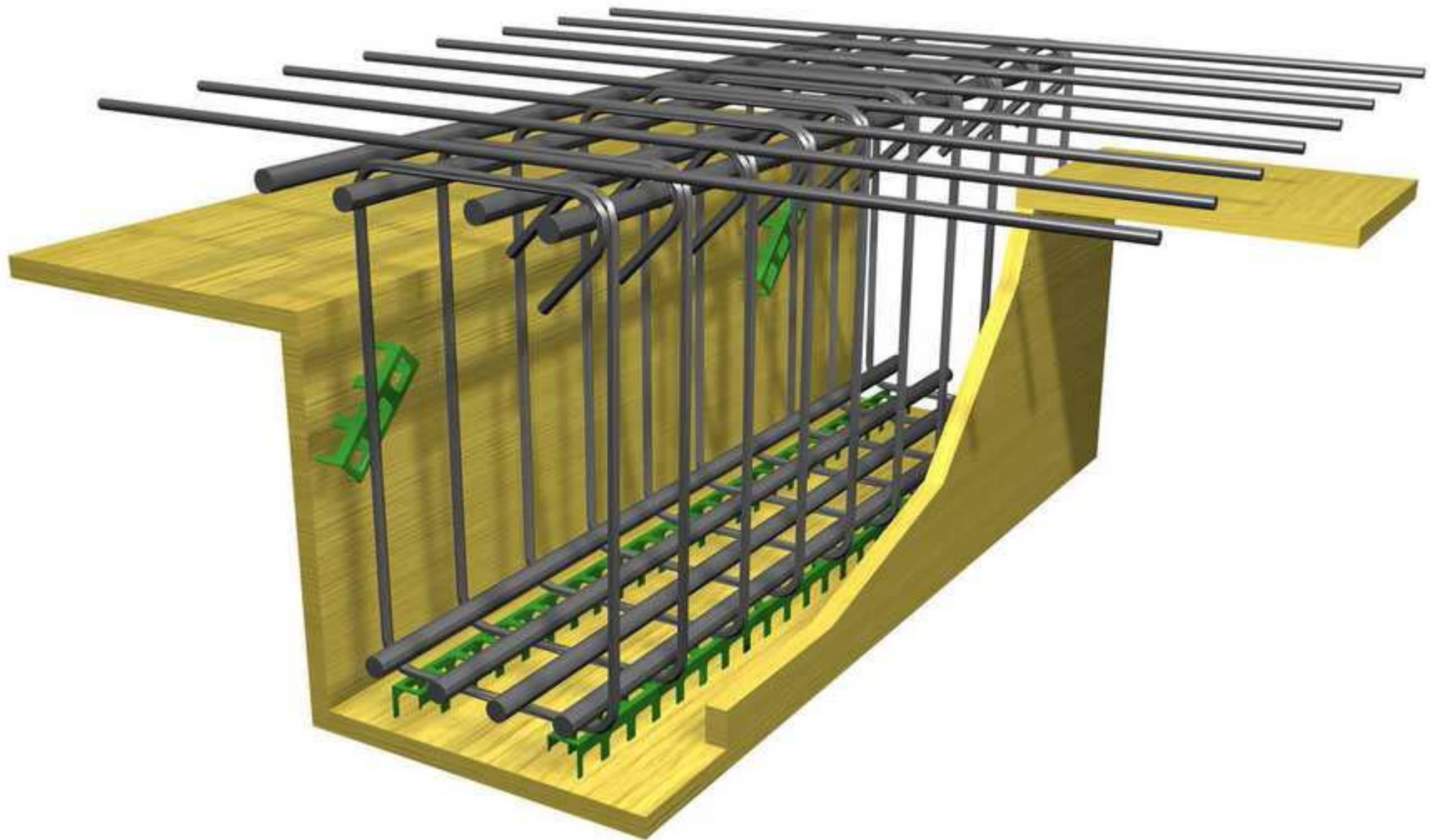
— Upotrebni vek 50 god.
— Upotrebni vek 100 god.

Tip elementa		Ploče, zidovi
		Grede, stubovi

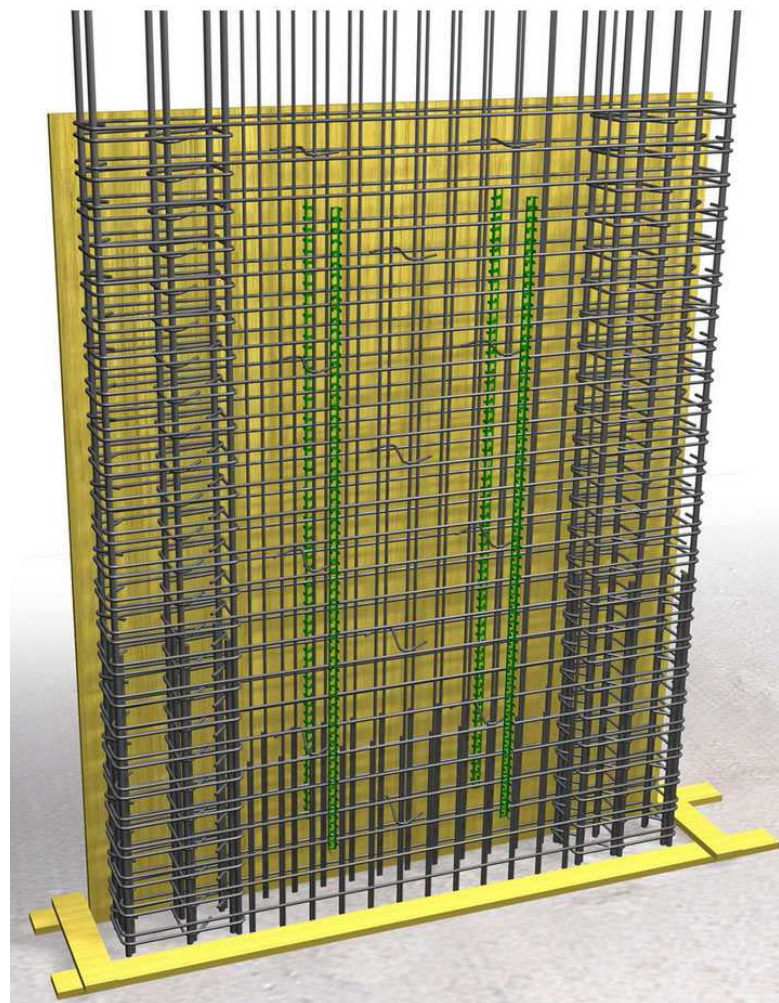
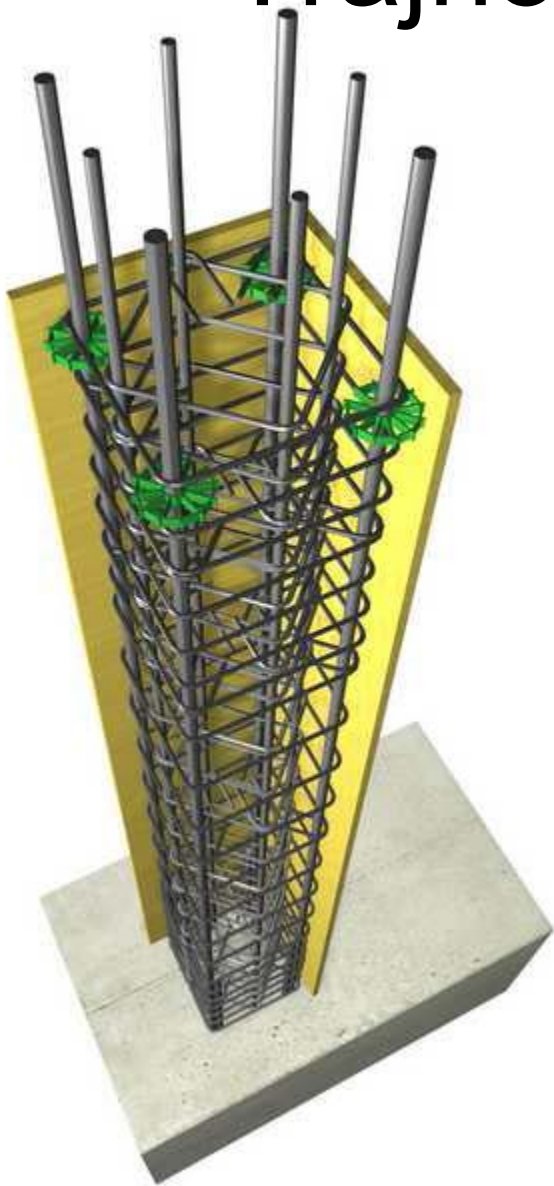
Trajnost – zaštitni slojevi

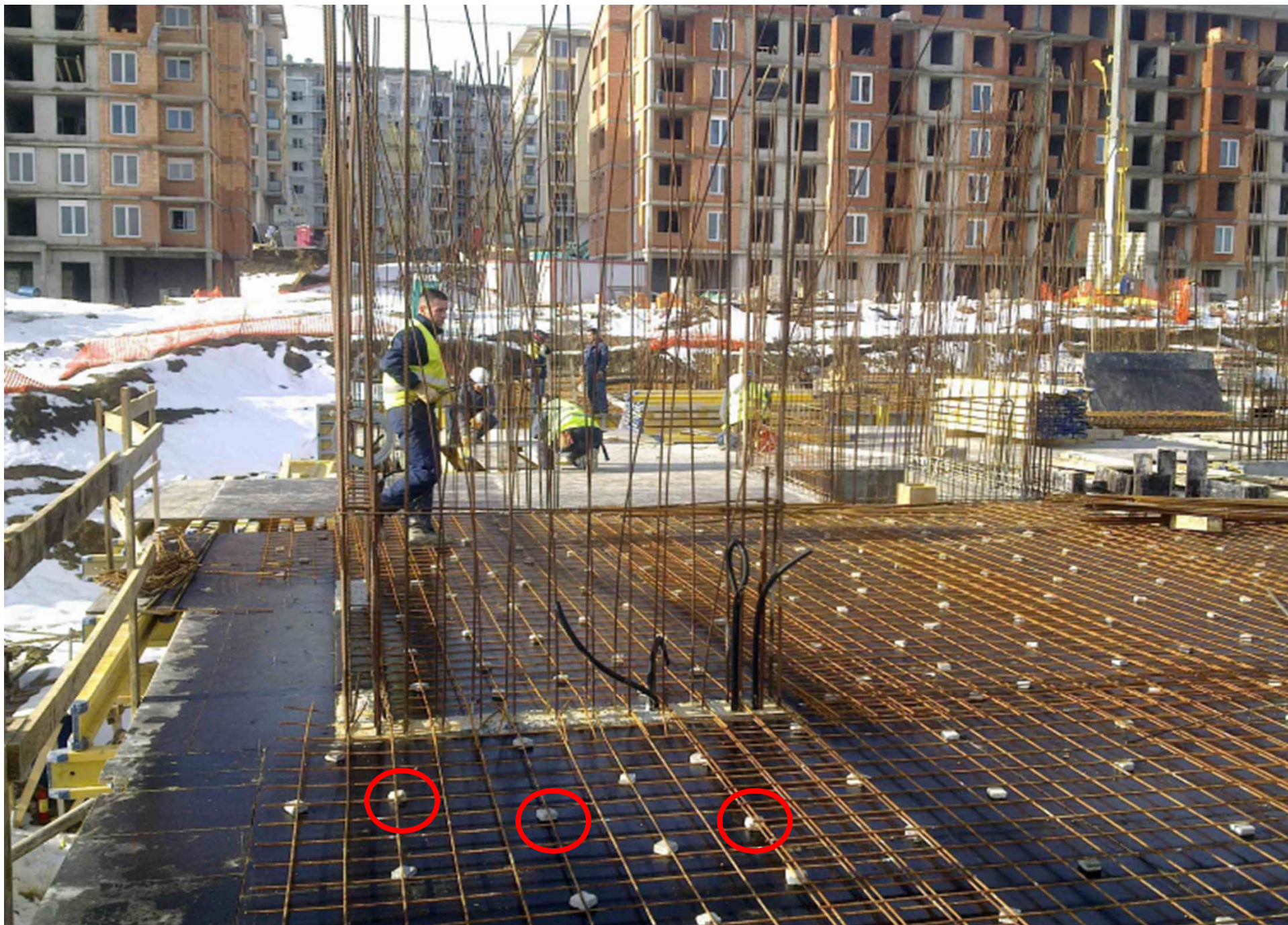


Trajnost – zaštitni slojevi



Trajnost – zaštitni slojevi

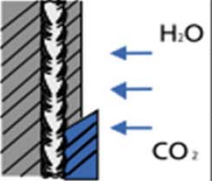
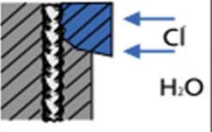
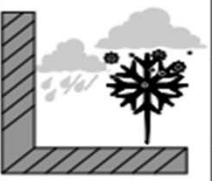




GF Beograd

Tebejstonski konj i kucija MTI

Trajnost – kvalitet betona

Klase izloženosti			Zahtevi po pitanju tehnologije betona		
Oznaka klase	Efekat	Sredina	Max. w/c	Min. Cementa [kg/m ³]	$f_{ck, cube}$
XO	 Bez efekta na beton	Bez dejstva na beton	Bez zahteva	Bez zahteva	C12/15
XC		1 Suva ili stalno mokra	0.65	260	C20/25
		2 Mokra, retko suva	0.60	280	C25/30
		3 Umereno vlažna	0.55	280	C30/37
		4 Karbonatizacija Ciklično mokra i suva	0.50	300	C30/37
XD/ XS		1 Umereno vlažna	0.55/0.50	300	C30/37
		2 Mokra, retko suva	0.55/0.45	300 / 320	C30/37 / C35/45
		3 Hloridi Ciklično mokra i suva	0.45	320 / 340	C35/45
XF		1 Umereno zasićena vodom, bez soli za odleđivanje	0.55	300	C30/37
		2 Umereno zasićena vodom, sa solima za odleđivanje	0.55	300	C25/30
		3 Jako zasićena vodom, bez soli za odleđivanje	0.50	320	C30/37
		4 Smrzavanje-odmrzavanje Jako zasićena vodom, sa solima za odleđivanje	0.45	340	C30/37

SRPS EN 206-1: 2021

Indikativne klase čvrstoće!

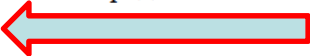


Zadatak 1

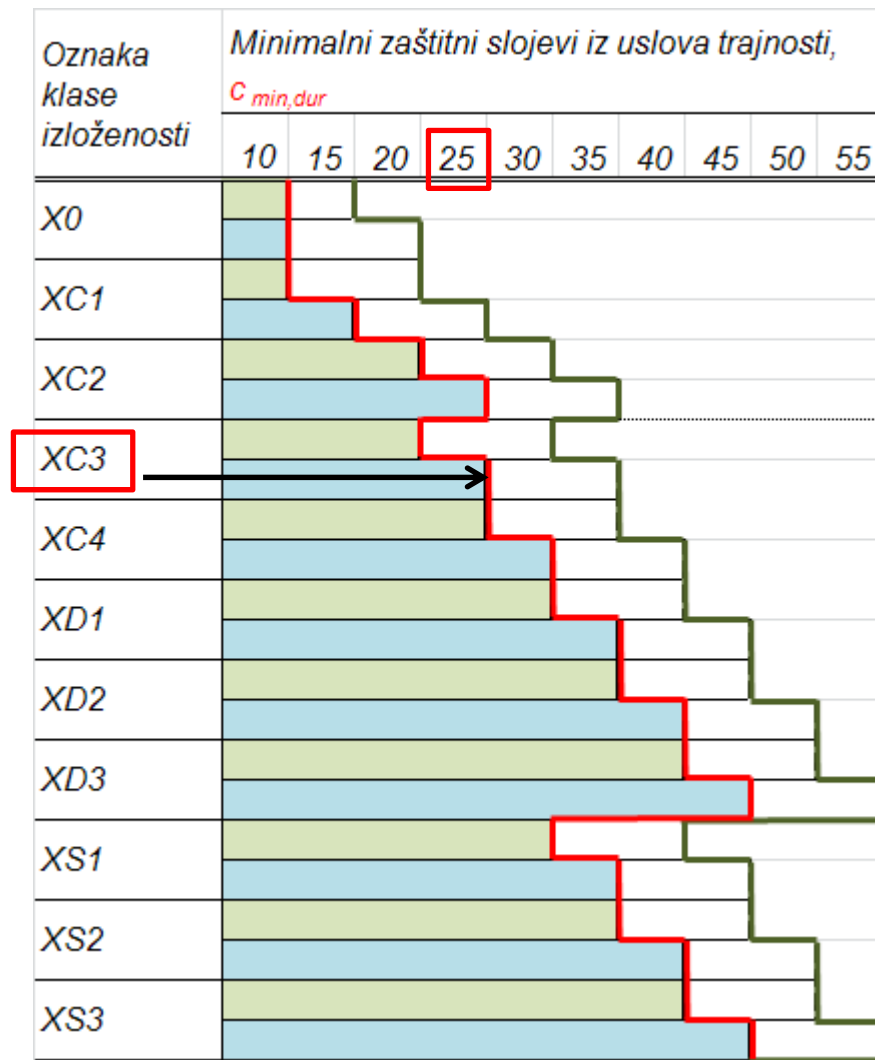
Odrediti nominalnu debljinu zaštitnog sloja **grednog** armiranobetonskog nosača, izvedenog od betona klase **C30/37** i koji se nalazi u unutrašnjosti objekta u uslovima umerene vlažnosti vazduha. Planirani upotrebnii vek je 50 godina.

1) Klasifikacija izloženosti – **Tabela 4.1** SRPS EN 1992-1-1

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
2 Корозија проузрокована карбонацијом		
XC1	Сува или стално влажна средина	Бетон у унутрашњости зграда са ниском влажношћу ваздуха Бетон стално потопљен у воду
XC2	Влажна, ретко сува средина	Површине бетона изложене дуготрајном контакту са водом Многи темељи
XC3	Умерено влажна средина 	Бетон у унутрашњости зграда са умереном или високом влажношћу ваздуха Бетон у спољашњем простору заштићен од кише
XC4	Циклично влажна и сува средина	Површине бетона у контакту са водом, које не спадају у класу изложености XC2

Zadatak 1



 **Upotrební vek 50 god.**
 Upotrební vek 100 god.

Tip elementa		Ploče, zidovi
		Grede, stubovi

Zadatak 1

$$c_{\min, \text{dur}} = 25 \text{ mm}$$

Raspored šipki	Minimalni zaštitni sloj $c_{\min, b}^*$	Prp. $\varnothing_s \approx 10 \text{ mm}$ - uzengija
Pojedinačne šipke	Prečnik šipke, $\varnothing$	
Šipke u svežnju	Ekvivalentni prečnik ($\varnothing_n$)	

*Ako je nominalna maksimalna dimenzija agregata veća od 32 mm, $c_{\min, b}$ treba povećati za 5 mm

$$c_{\min, b} = 10 \text{ mm}$$

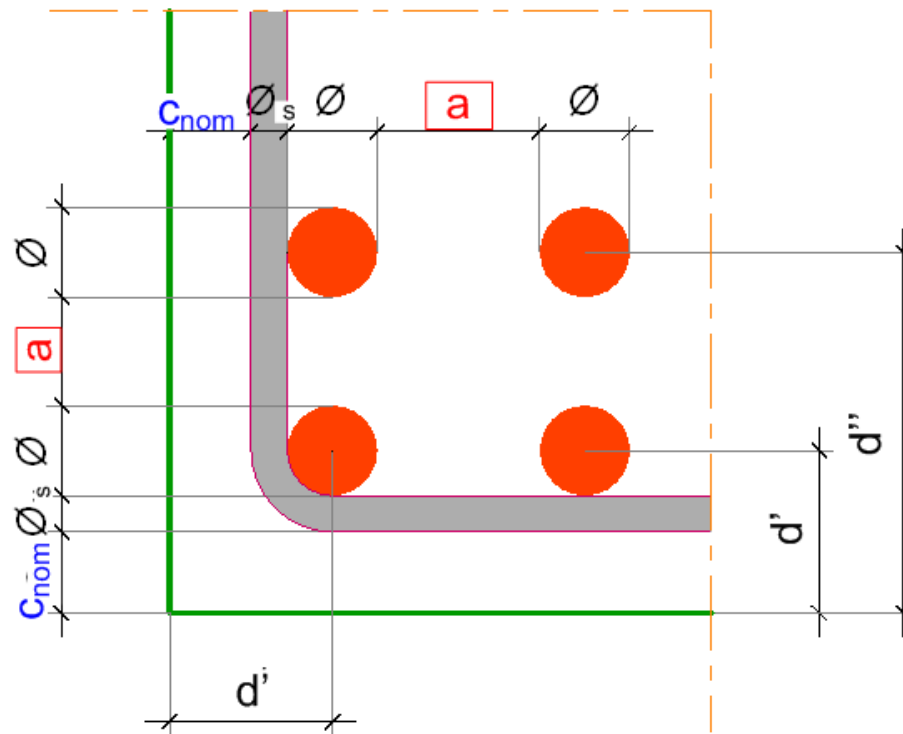
$$c_{\min} = \max\{c_{\min, b}; c_{\min, \text{dur}}; 10 \text{ mm}\} = \max\{10; 25; 10 \text{ mm}\} = 25 \text{ mm}$$

Nominalni zaštitni sloj koji se koristi pri dimenzionisanju je konačno:

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 25 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$$

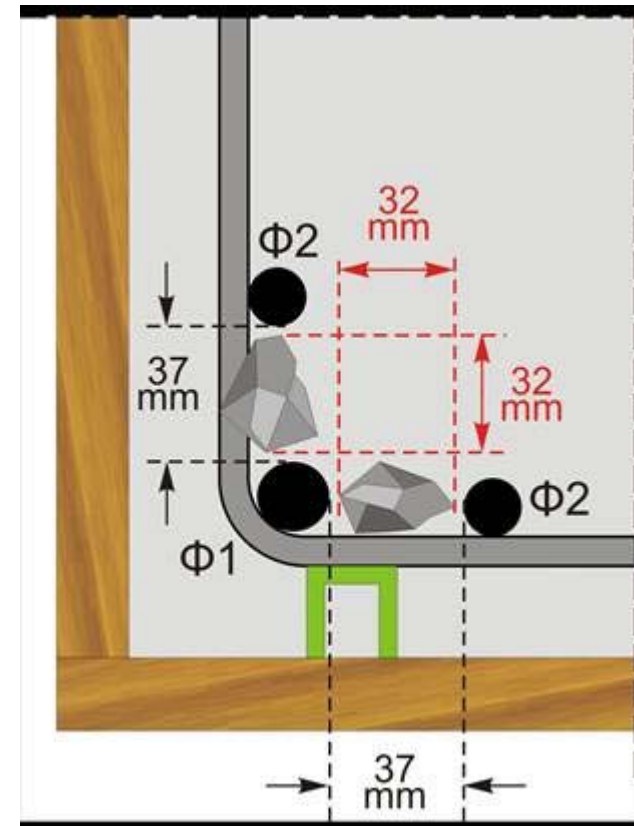


Oblikovanje armature

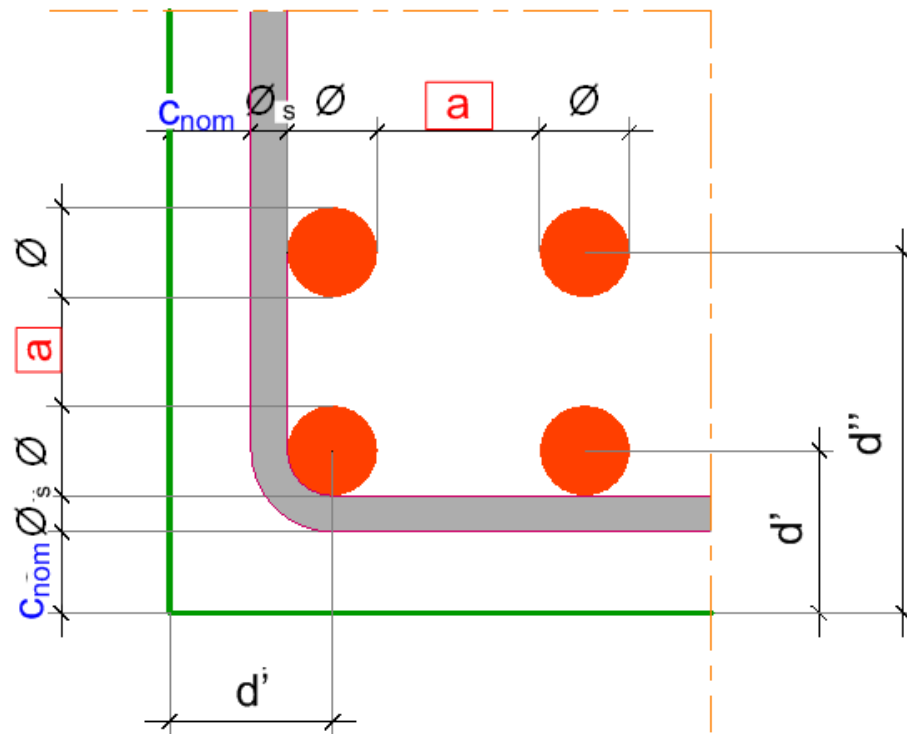


$$a = \max \{ \emptyset; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm} \}$$

d_g – najveća dimenzija zrna agregata [mm]

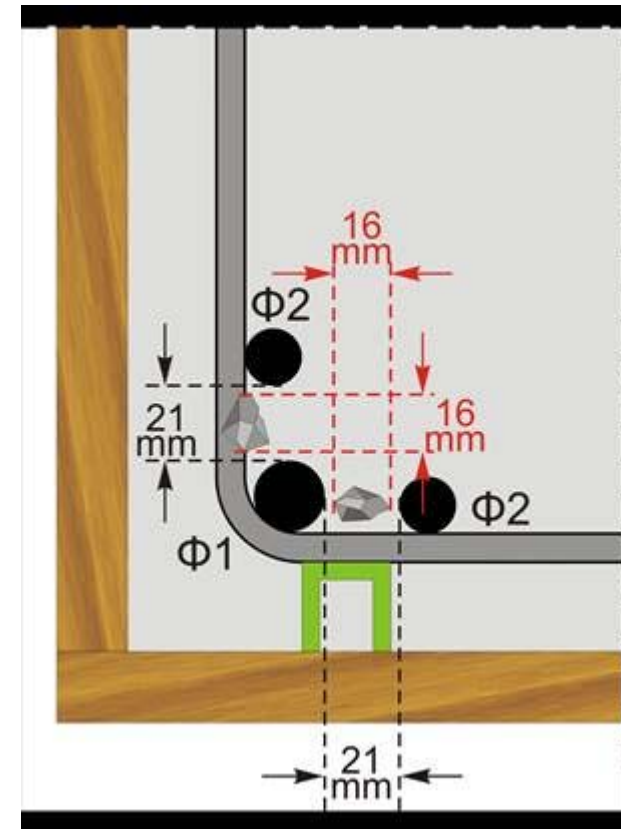


Oblikovanje armature



$$a = \max \{ \emptyset; d_g + 5 \text{ mm}; 20 \text{ mm} \}$$

d_g – najveća dimenzija zrna agregata [mm]



ULS – statički uticaji

Sračunavaju se granični računski statički uticaji za odgovarajuće **proračunske situacije**

Stalne i prolazne proračunske situacije

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \cancel{\gamma_P P} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$M_{Ed} = \gamma_G M_{G,k} + \gamma_{Q,1} M_{Qk,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} M_{Qk,i}$$

Dejstvo	Stalno (γ_G)	Promenljivo (γ_Q)
Nepovoljno	1.35	1.50
Povoljno	1.00	0.00

Dejstvo	ψ_0
Korisno opterećenje (SRPS EN 1991-1-1)	
Kategorija A: Prostorije za domaćinstvo i stanovanje	0.7
Kategorija B: Kancelarijske prostorije	0.7
Kategorija C: Prostorije za okupljanje ljudi	0.7
Kategorija D: Trgovačke prostorije	0.7
Kategorija E: Skladišne prostorije	1.0
Kategorija F: Saobraćajne površine, vozilo ≤ 30 kN	0.7
Kategorija G: Saobraćajne površine, 30kN < vozilo ≤ 160 kN	0.7
Kategorija H: Krovovi	0
Opterećenja od snega (SRPS EN 1991-1-3)	
Finska, Švedska, Norveška, Island	0.7
Ostale članice CEN, lokacije visine H > 1000m nadmorske visine	0.7
Ostale članice CEN, Lokacije visine H ≤ 1000m nadmorske visine	0.5
Opterećenja od vetra (SRPS EN 1991-1-4)	0.6
Temperatura (ne požar) (SRPS EN 1991-1-5)	0.6

Proračunske vrednosti

Za konstrukciju na skici odrediti vrednosti proračunskih **momenata savijanja** u preseku u uklještenju tako da se dobiju maksimalni momenti koji zatežu:

- a) levu stranu stuba
- b) desnu stranu stuba.

Odrediti i proračunske vrednosti **normalnih sila** koje deluju u stubu za svaku od tih proračunskih situacija.

Dimenzije stuba:

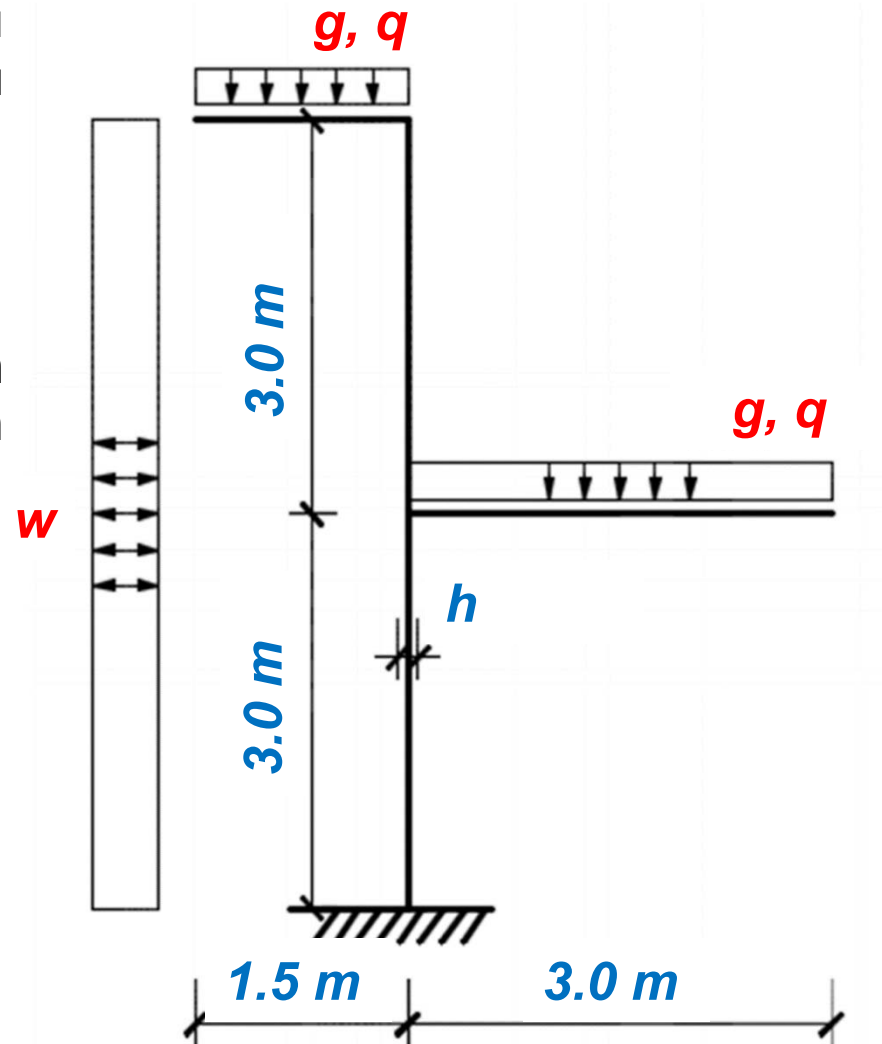
$$b/h = 30/80 \text{ cm}$$

Opterećenja:

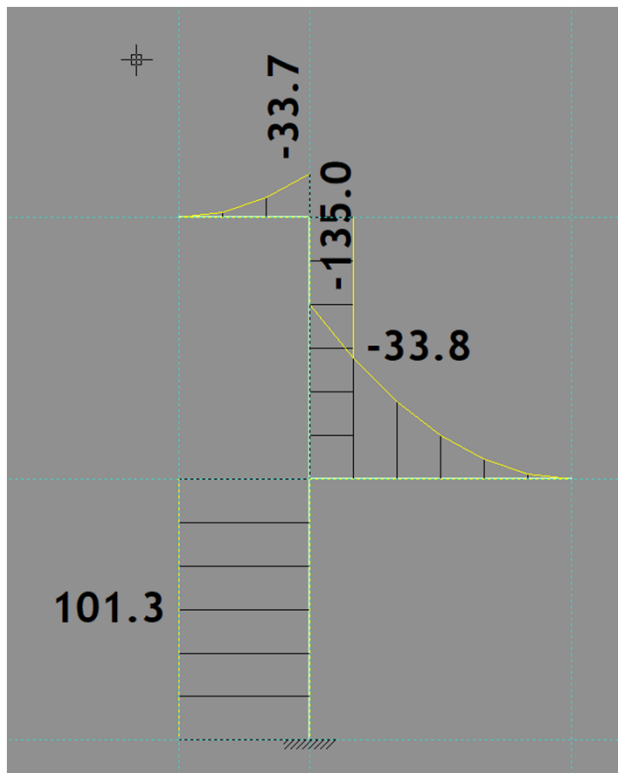
$$g = 30 \text{ kN/m}$$

$$q = 50 \text{ kN/m}$$

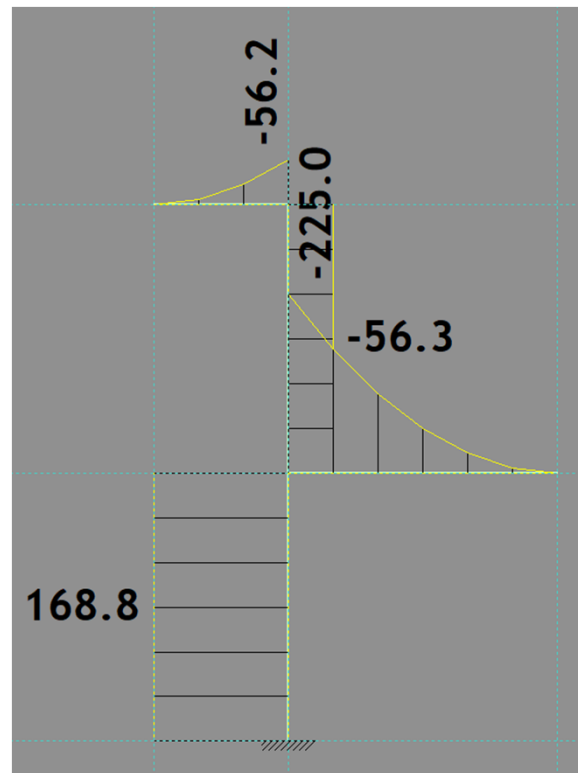
$$w = \pm 15 \text{ kN/m}$$



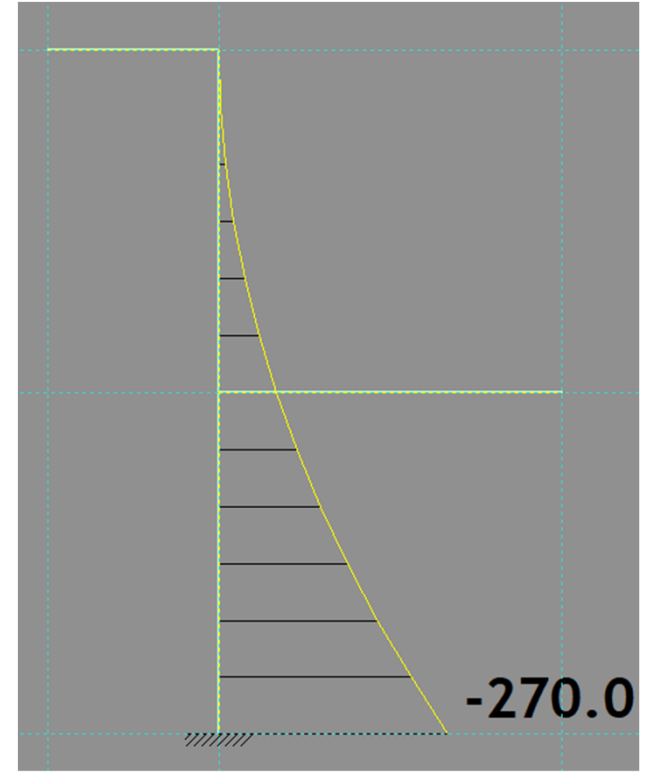
Mg



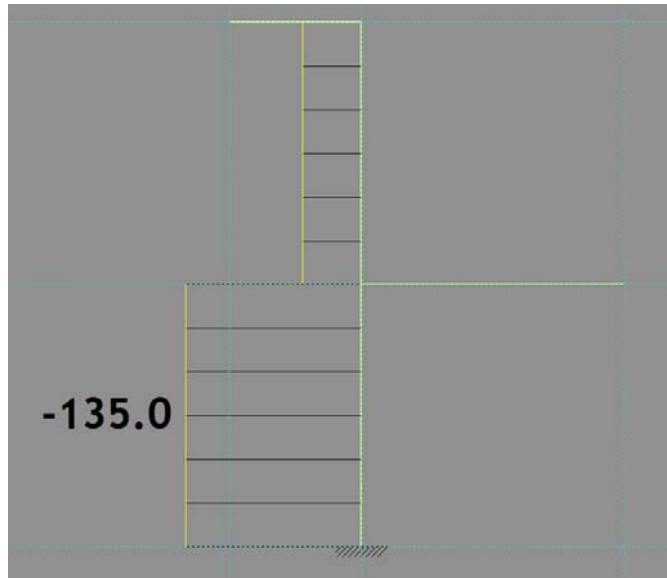
Mq



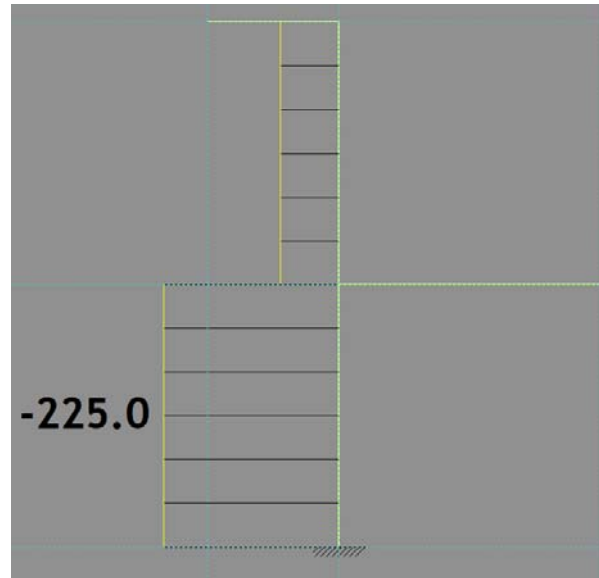
Mw



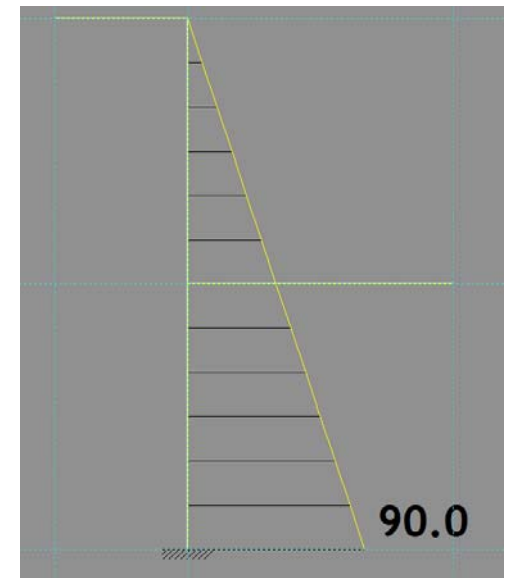
Ng



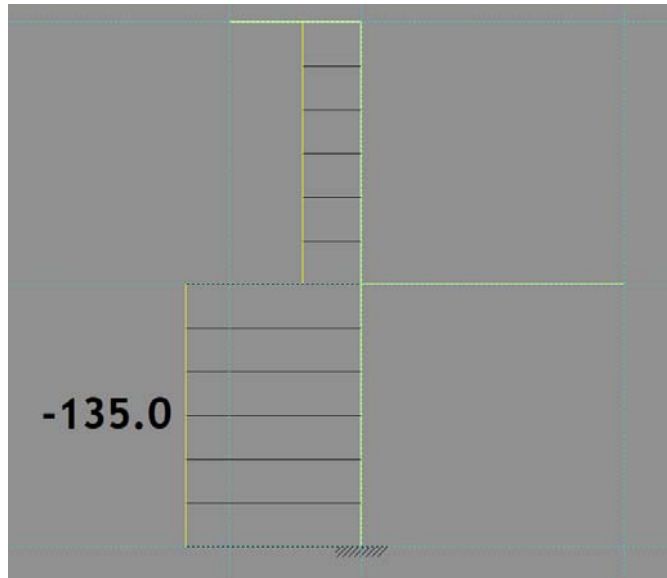
Nq



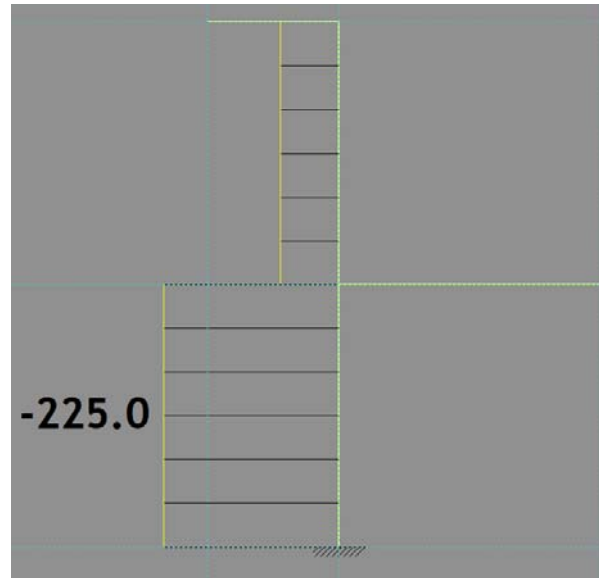
Vw



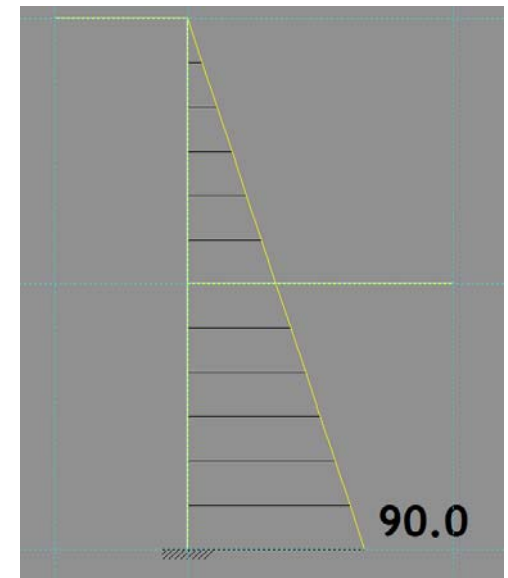
Ng



Nq



Vw



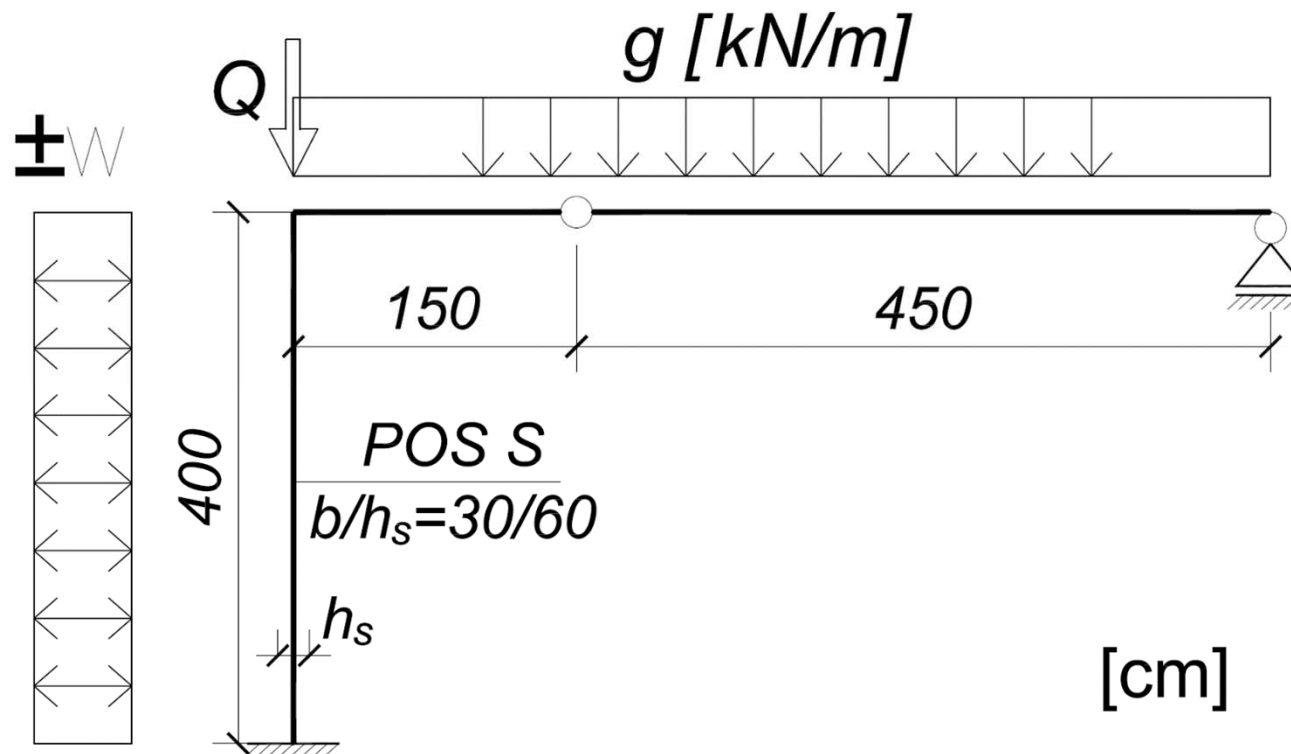
Ispitni zadatak!

Nacrtati dijagrame uticaja za zadata opterećenja.

$$g=20 \text{ kN/m}$$

$$Q=1300 \text{ kN}$$

$$w=\pm 15 \text{ kN/m}$$

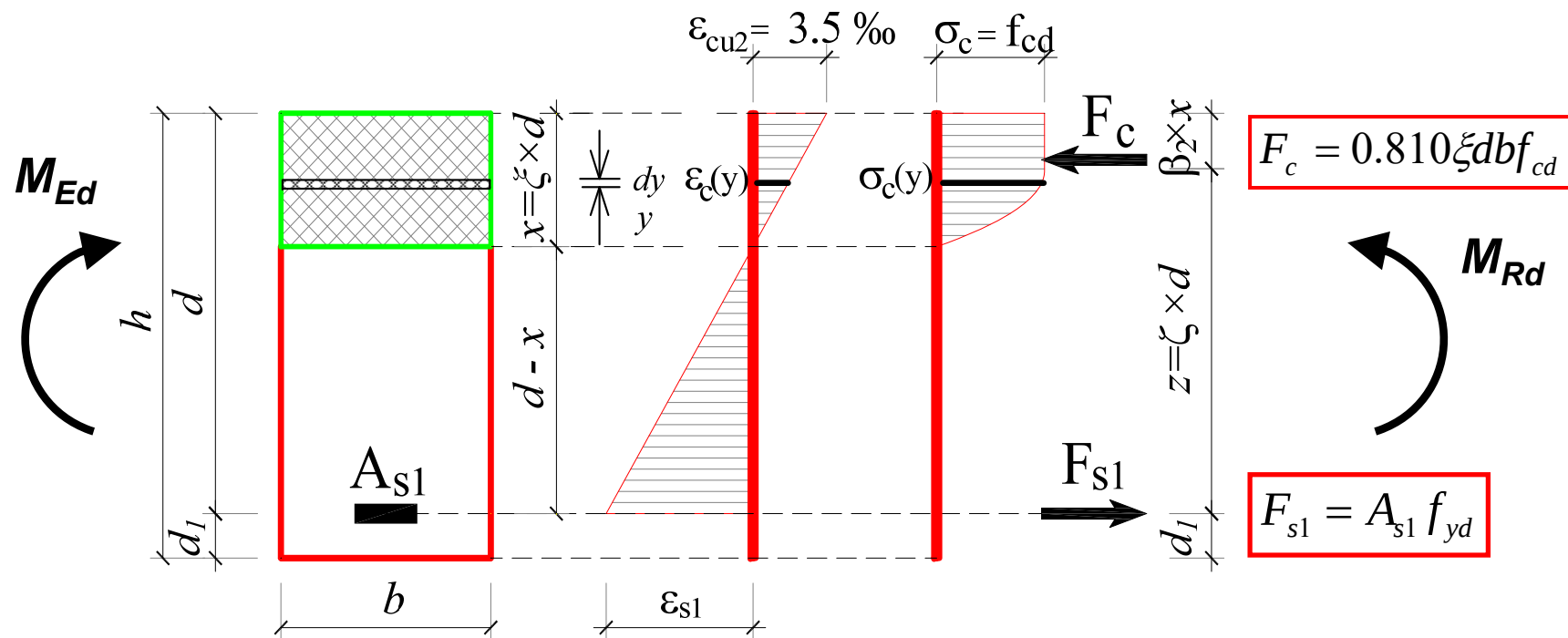


ULS – čisto savijanje

S obzirom na usvojeni radni dijagram čelika, stanje loma u preseku nastaje dostizanjem loma po betonu, dakle za:

$$\varepsilon_c = 0.0035$$

$$\sigma_c = f_{cd}$$



ČISTO savijanje - VEZANO dimenzionisanje

- Poznato:
 - statički uticaji za ($M_{G,Q}$) – sračunato
 - kvalitet materijala (f_{cd} , f_{yd}) – usvojeno
 - dimenzije poprečnog preseka (b , h)
- Nepoznato:
 - površina armature (A_{s1})
 - stanje dilatacija preseka (ξ)

Zadatak 2 - **VEZANO** dimenzionisanje

Odrediti **potrebnu površinu armature** za presek poznatih dimenzija, pravougaonog oblika, opterećen graničnim momentom savijanja M_{Ed} . Podaci za proračun:

$$M_{Ed} = 250 \text{ kNm}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$C25/30$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$B500 \text{ B}$$

$$C25/30 \rightarrow f_{cd} = 0.85 \cdot 25 / 1.5 = 14.2 \text{ MPa} = 1.42 \text{ kN/cm}^2$$

$$B500 \text{ B} \rightarrow f_{yd} = 500 / 1.15 = 435 \text{ MPa} = 43.5 \text{ kN/cm}^2$$

Zadatak 2 - **VEZANO** dimensionisanje

1. $M_{Ed} = 250 \text{ kNm}$

2. pretp. $d_1 = 7 \text{ cm}$

$$d = h - d_1 = 60 - 7 = 53 \text{ cm}$$

3. Računa se:

$$k = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}}} = \frac{53}{\sqrt{\frac{250 \cdot 10^2}{40 \cdot 1.42}}} = 2.526$$

$\varepsilon_c (\text{‰})$	$\varepsilon_{s1} (\text{‰})$	ξ	ζ	$\omega_1 (\text{‰})$	k	μ
3.50	13.00	0.212	0.912	17.172	2.527	0.157
3.50	12.50	0.219	0.909	17.708	2.492	0.161

$\varepsilon_{s1} \geq 2.5\text{‰}$



Zadatak 2 - VEZANO dimenzionisanje

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	k	μ
3.50	13.00	0.212	0.912	17.172	2.527	0.157

4. Računa se:

$$A_{s1} = \omega_1 \times \frac{b \times d}{100} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$A_{s1} = 17.172 \times \frac{40 \times 53}{100} \times \frac{1.42}{43.5} = 11.88 \text{ cm}^2$$

ILI

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	k	μ
3.50	13.00	0.212	0.912	17.172	2.527	0.157

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \times d \times f_{yd}} = \frac{250 \cdot 10^2}{0.912 \times 53 \times 43.5} = 11.89 \text{ cm}^2$$



Zadatak 2 - VEZANO dimenzionisanje

Kontrola minimalnog procenta armiranja:

$$A_{s1,min} = \max \begin{cases} 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \\ 0.0013 \cdot b_t \cdot d \end{cases}$$

B500 B $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Oznaka klase		C12/15	C16/20	C20/25	C25/30
f_{ck}	MPa	12	16	20	25
$f_{ck,cube}$	MPa	15	20	25	30
f_{cm}	MPa	20	24	28	33
$f_{ct,m}$	MPa	1.6	1.9	2.2	2.6

$$A_{s1,min} = \begin{cases} 0.26 \cdot \frac{2.6}{500} \cdot 40 \cdot 53 = 2.87 \text{ cm}^2 \\ 0.0013 \cdot 40 \cdot 53 = 2.76 \text{ cm}^2 \end{cases} = 2.87 < 11.89 \text{ cm}^2 = A_{s1,pot}$$

5. Usvaja se: **6Ø16** (12.06 cm²)

Zadatak 2 - VEZANO dimenzionisanje

5. Usvaja se: **6Ø16** (12.06 cm²)

6. Računanje težišta armature

$$d^I = 3.5 + 0.8 + 1.6/2 = 5.1 \text{ cm}$$

$$d^{II} = 5.1 + 3.0 + 2 \times 1.6 / 2 = 9.7 \text{ cm}$$

$$d_1 = (4 \times 5.1 + 2 \times 9.7) / 6 = 6.63 \text{ cm}$$

$d_{1, \text{stv}} < d_{1, \text{prp}}$ – na strani sigurnosti jer je $d_{\text{stv}} > d_{\text{prp}}$

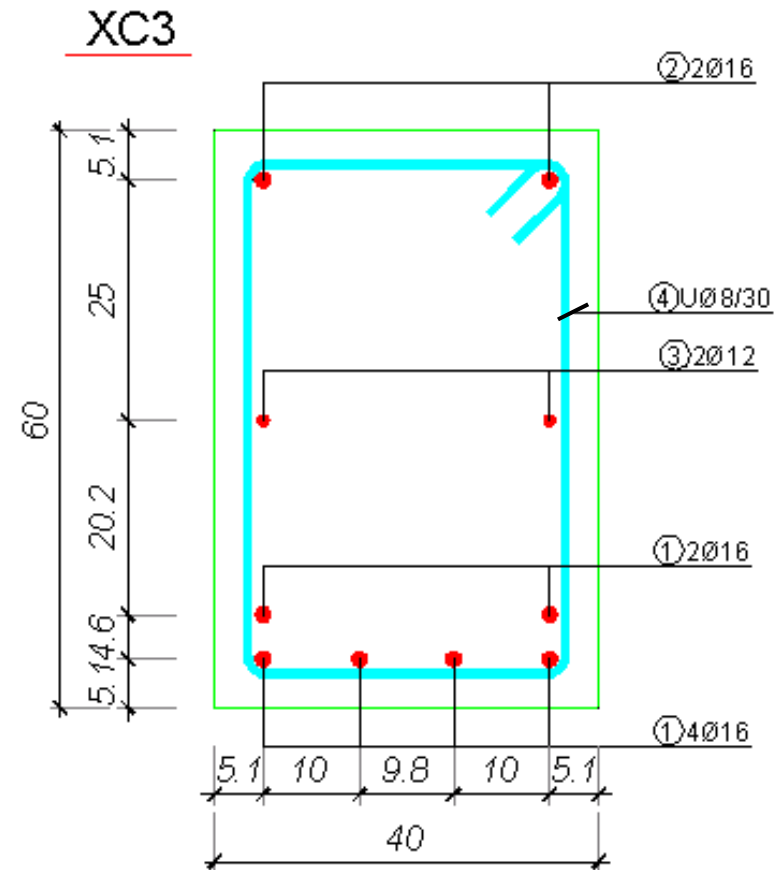
$$z_{\text{stv}} \cdot A_{s1,\text{stv}} > z_{\text{prp}} \cdot A_{s1,\text{pot}}$$

$$\approx 0.912 \cdot (60 - 6.63) \cdot 12.06 > 0.912 \cdot (60 - 7) \cdot 11.89$$

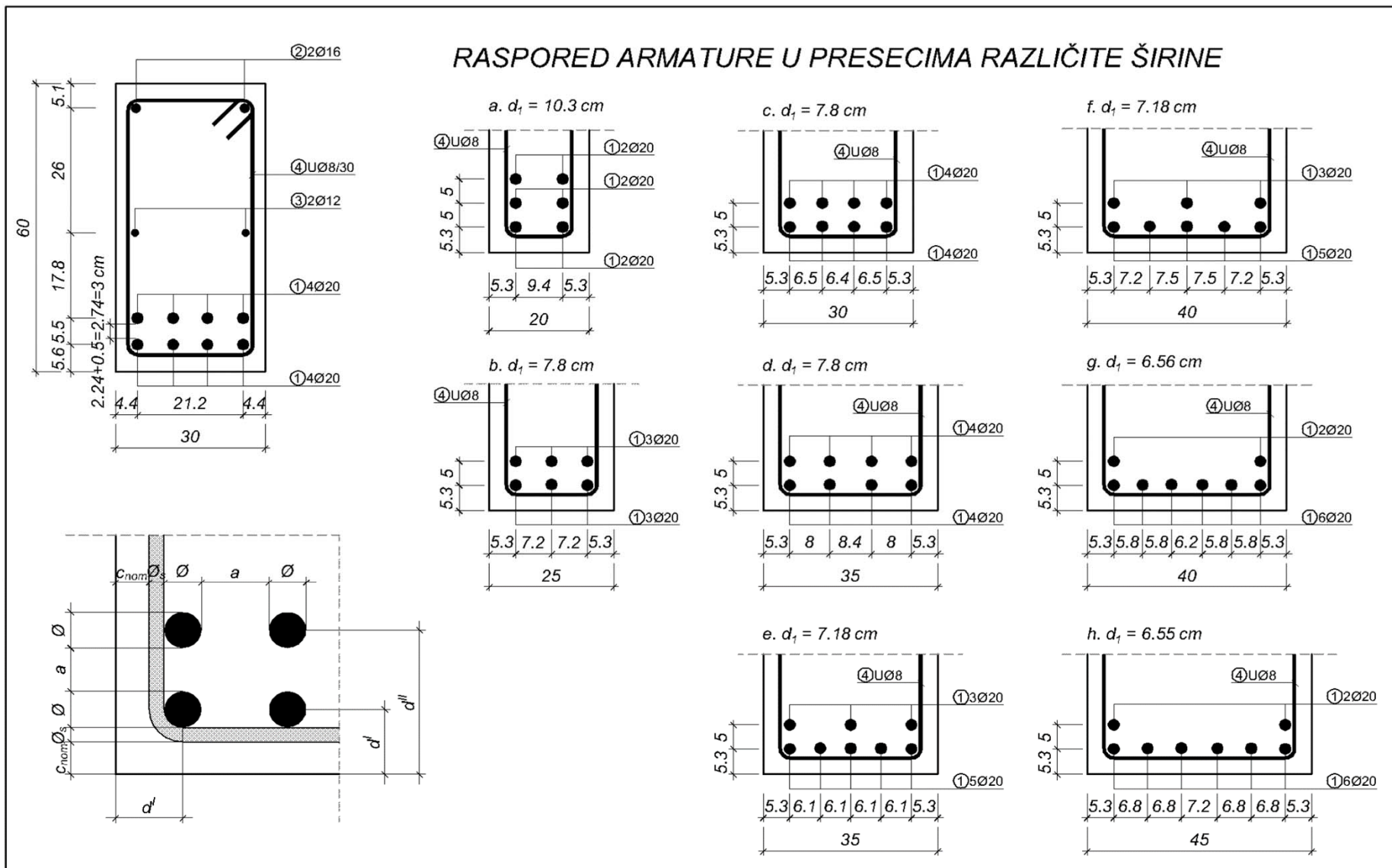
$$M_{Rd,stv} \approx 255.3 \text{ kNm} > M_{Rd,pot} = 250.0 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} \approx 255.3 \text{ kNm} > M_{Ed} = 250 \text{ kNm}$$

7. Konstruisanje preseka



Zadatak 2 - VEZANO dimenzionisanje



Zadatak 2 - **VEZANO** dimenzionisanje (komentar)

ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	ω_1 (%)	k	μ
3.50	13.00	0.212	0.912	17.172	2.527	0.157

$$F_c = 0.810 \times \xi \times b \times d \times f_{cd}$$

$$F_c = 0.810 \times 0.212 \times 40 \times 53 \times 1.42 = 516.9 \text{ kN}$$

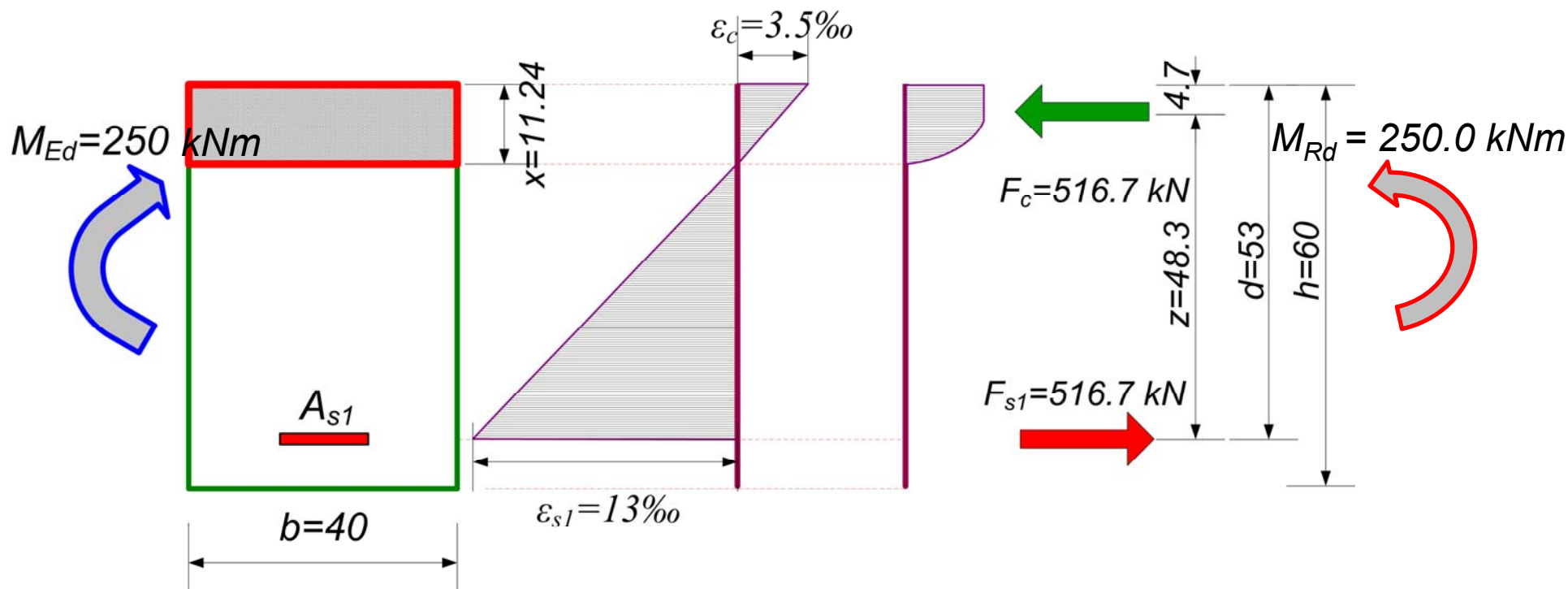
$$F_{s1} = A_{s1} \times \sigma_{s1} = A_{s1} \times f_{yd}$$

$$F_{s1} = 11.88 \times 43.5 = 516.8 \text{ kN} = F_c$$

$$x = \xi \times d = 0.212 \times 53 = 11.24 \text{ cm}$$

$$z = \zeta \times d = 0.912 \times 53 = 48.34 \text{ cm}$$

Zadatak 2 - **VEZANO** dimenzionisanje (komentar)



Za pretpostavljeno d_1 i potrebnu armaturu $A_{s1,pot}$

Zadatak 3 - **VEZANO** dimenzionisanje

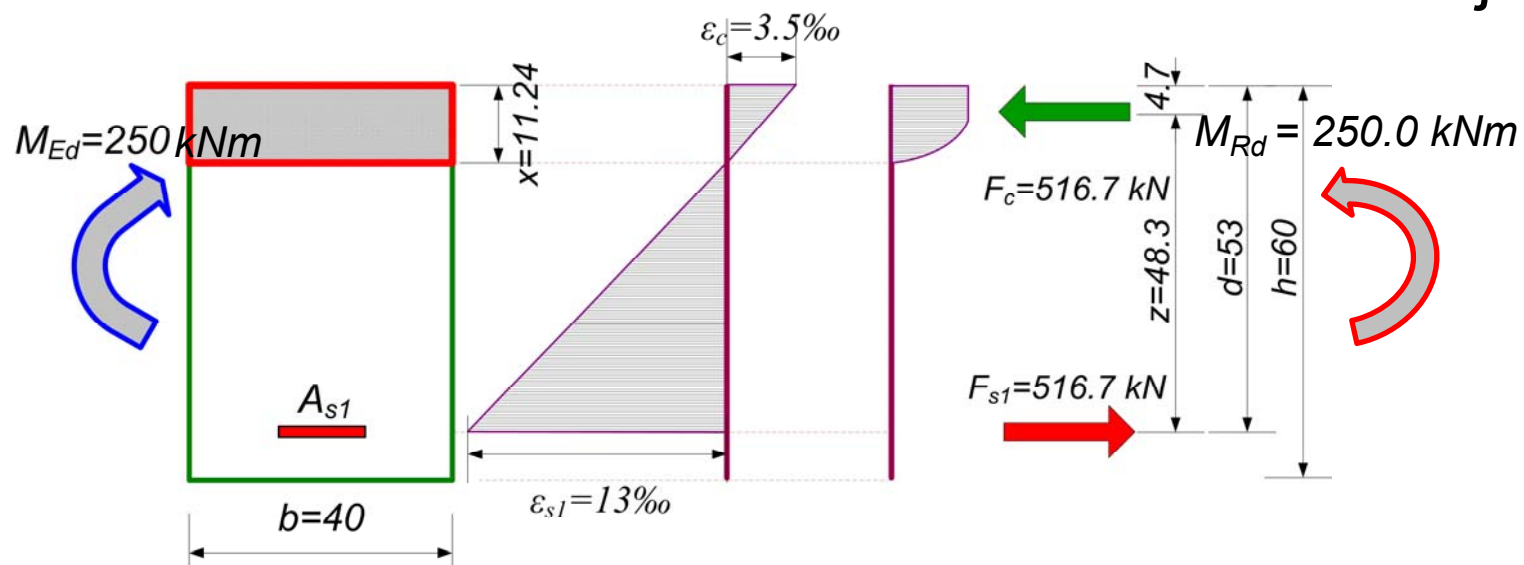
Odrediti **potrebnu površinu armature** za presek poznatih dimenzija, pravougaonog oblika, opterećen graničnim momentom savijanja M_{Ed} . Podaci za proračun:

$$M_{Ed} = \mathbf{500} \text{ kNm}$$

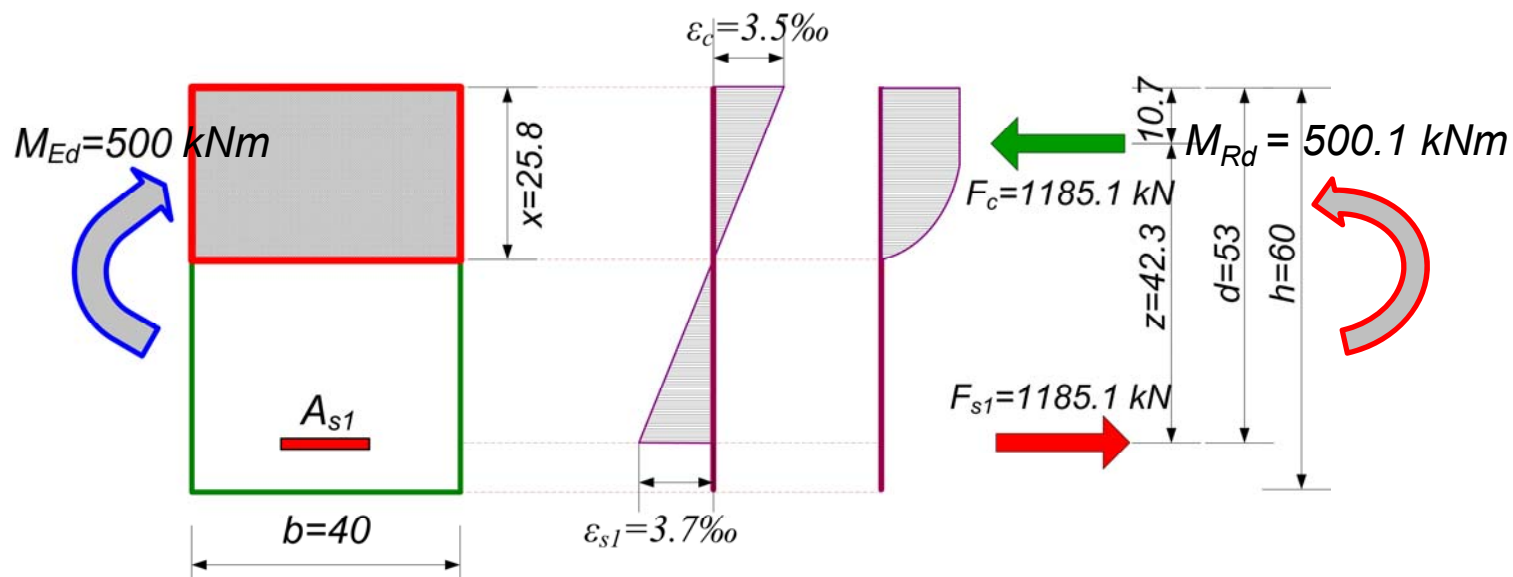
$$b = 40 \text{ cm} \quad \text{C25/30}$$

$$h = 60 \text{ cm} \quad \text{B500 B}$$

Zadatak 3 - VEZANO dimenzionisanje

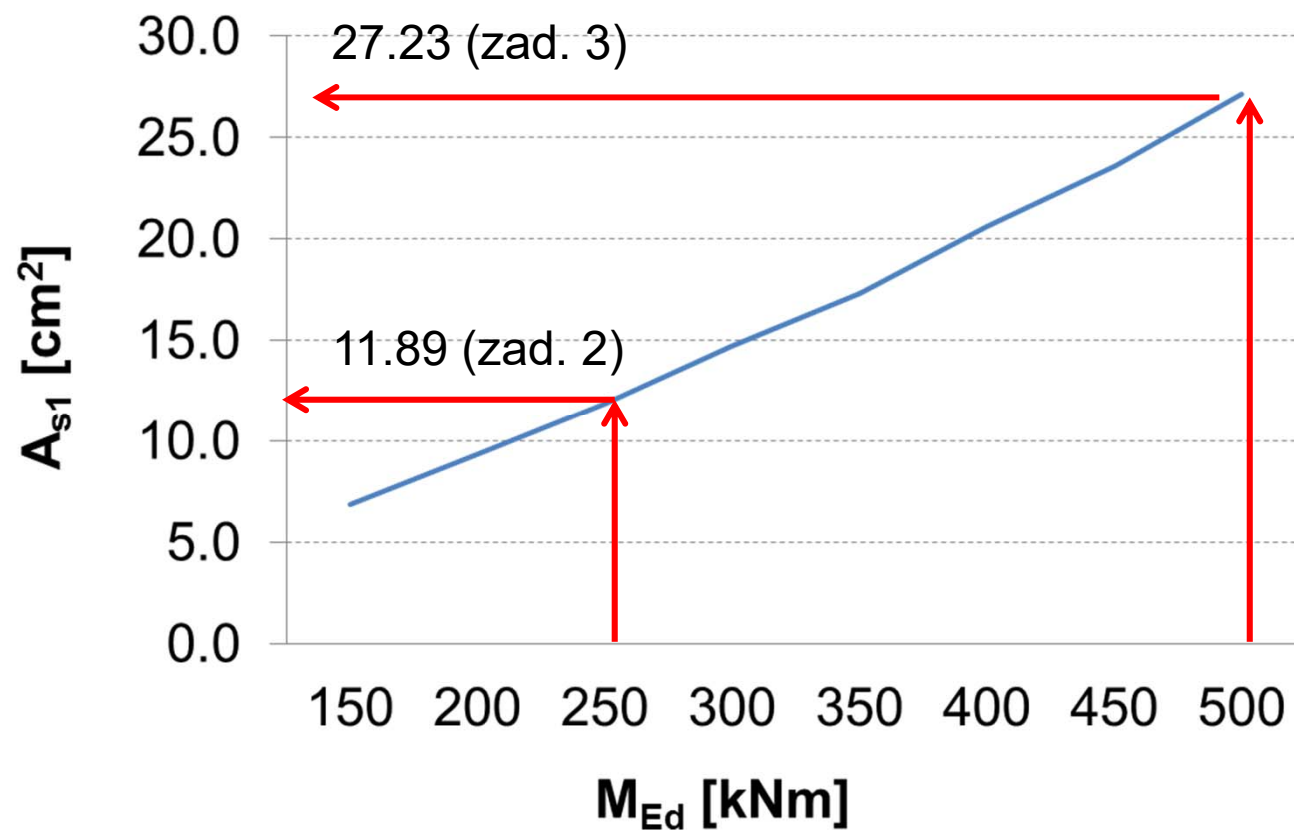


Zadatak 2



Zadatak 3

Zavisnost A_{s1} od promene M



ČISTO savijanje - VEZANO dimenzionisanje – REZIME POSTUPKA

1. Sračunavaju se granični računski statički uticaji za odgovarajuće **proračunske situacije**

Stalne i prolazne proračunske situacije

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$M_{Ed} = \gamma_G M_{G,k} + \gamma_{Q,1} M_{Qk,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} M_{Qk,i}$$

Dejstvo	Stalno (γ_G)	Promenljivo (γ_Q)
Nepovoljno	1.35	1.50
Povoljno	1.00	0.00

Dejstvo	ψ_0
Korisno opterećenje (SRPS EN 1991-1-1)	
Kategorija A: Prostorije za domaćinstvo i stanovanje	0.7
Kategorija B: Kancelarijske prostorije	0.7
Kategorija C: Prostorije za okupljanje ljudi	0.7
Kategorija D: Trgovačke prostorije	0.7
Kategorija E: Skladišne prostorije	1.0
Kategorija F: Saobraćajne površine, vozilo ≤ 30 kN	0.7
Kategorija G: Saobraćajne površine, 30kN < vozilo ≤ 160 kN	0.7
Kategorija H: Krovovi	0
Opterećenja od snega (SRPS EN 1991-1-3)	
Finska, Švedska, Norveška, Island	0.7
Ostale članice CEN, lokacije visine H > 1000m nadmorske visine	0.7
Ostale članice CEN, Lokacije visine H ≤ 1000m nadmorske visine	0.5
Opterećenja od vetra (SRPS EN 1991-1-4)	0.6
Temperatura (ne požar) (SRPS EN 1991-1-5)	0.6

ČISTO savijanje - VEZANO dimenzionisanje – **REZIME POSTUPKA**

2. Pretpostavlja se položaj težišta zategnute armature d_1 i na osnovu toga sračunava statička visina

$$d = h - d_1$$

Veličina d_1 se pretpostavlja u granicama $(0.05-0.15) \times h$.

Veličina d_1 u vezi je sa pretpostavljenim brojem redova armature.

Veličinu d_1 usvojiti uzimajući u obzir širinu preseka, tj. maksimalni mogući broj profila u jednom redu.

Kontrolisati razliku između pretpostavljene vrednosti za d_1 ($d_{1,prp}$) i stvarne vrednosti d_1 ($d_{1,stv}$), nakon **konstruisanja preseka**.

ČISTO savijanje - VEZANO dimenzionisanje – **REZIME POSTUPKA**

3. Sračunava se koeficijent k :

$$k = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Ed}}{b \cdot f_{cd}}}}$$

i pročitaju dilatacije ε_c , ε_{s1} .

4. Ako je $\varepsilon_{s1} \geq 2.5\text{‰}$ (ili f_{yd}/E_s), sračunava se potrebna površina armature iz izraza:

$$A_{s1} = \omega_1 \times \frac{b \times d}{100} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad \text{ILI} \quad A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{z \times f_{yd}} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \times d \times f_{yd}}$$

Ako je $\varepsilon_{s1} < 2.5\text{‰}$ (ili f_{yd}/E_s), presek se **OBOSTRANO** armira

ČISTO savijanje - VEZANO dimenzionisanje – **REZIME POSTUPKA**

5. **Usvaja se broj i prečnik šipki armature.** Usvojena armatura se raspoređuje u preseku (a , čisto rastojanje između šipki)
6. **Sračunava se položaj težišta d_1** usvojene armature i statička visina d i upoređuje sa pretpostavljenom.
 - U slučaju znatnijih odstupanja, proračun se ponavlja sa korigovanom vrednošću d_1 .
7. Konačno se **konstruiše poprečni presek** i prikazuje u odgovarajućoj razmeri (1:10) sa svim potrebnim kotama i oznakama.