



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

Studijski program: **Građevinarstvo**
Modul: Konstrukcije
Godina/Semestar: **III godina / V semestar**

Naziv predmeta (šifra): **Teorija betonskih konstrukcija 1
(b2k3b1)**

Nastavnik: **Ivan Ignjatović**

Naslov vežbi: **O predmetu. Materijali. Trajnost.
Čisto savijanje. Jednostruko armiranje-
vezano dimenzionisanje.**

Datum : 20.10.2022.

Beograd, 2020.

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 2020/2021 i ne mogu se koristiti za druge svrhe bez pismene saglasnosti autora materijala.



O predmetu

- *predmetni nastavnik:*
 - kabinet 139: **prof.dr Snežana Marinković**
- *asistenti/saradnici:*
 - kabinet 138: **v.prof.dr Ivan Ignjatović**
 - kabinet 139: **doc.dr Jelena Dragaš**
 - soba 3 (suteran-"beton"): **Stefan Mitrović**
 - soba 3 (suteran-"beton"): **Milica Vidović**
- **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	25	25	40	100
Minimum za sticanje potpisa	5	8	-	-	13
Minimum za polaganje ispita	5	26		20	51

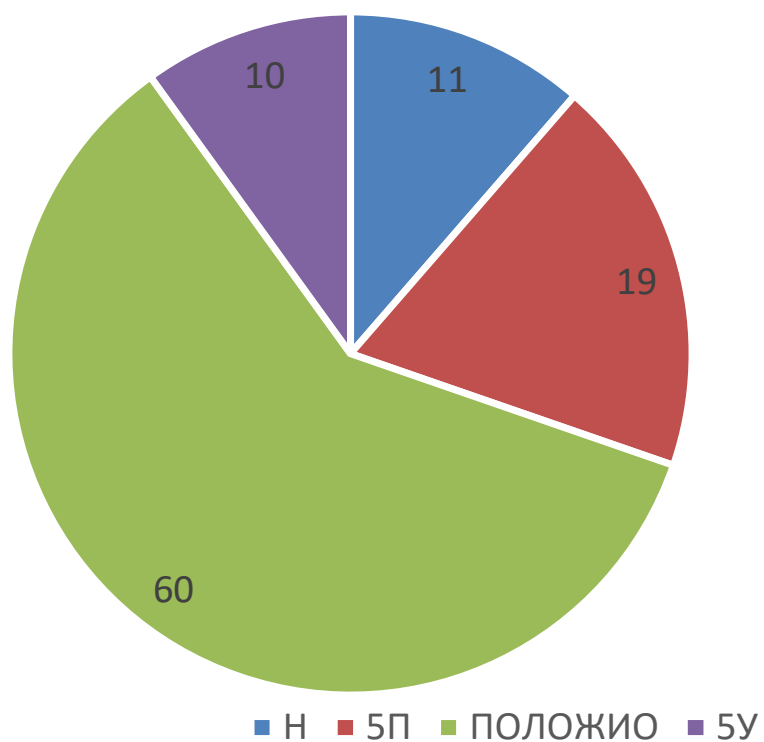
Broj ostvarenih poena Elaborat+Kolokvijum + Pismeni + Usmeni deo ispita	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100
Ocena	6	7	8	9	10

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

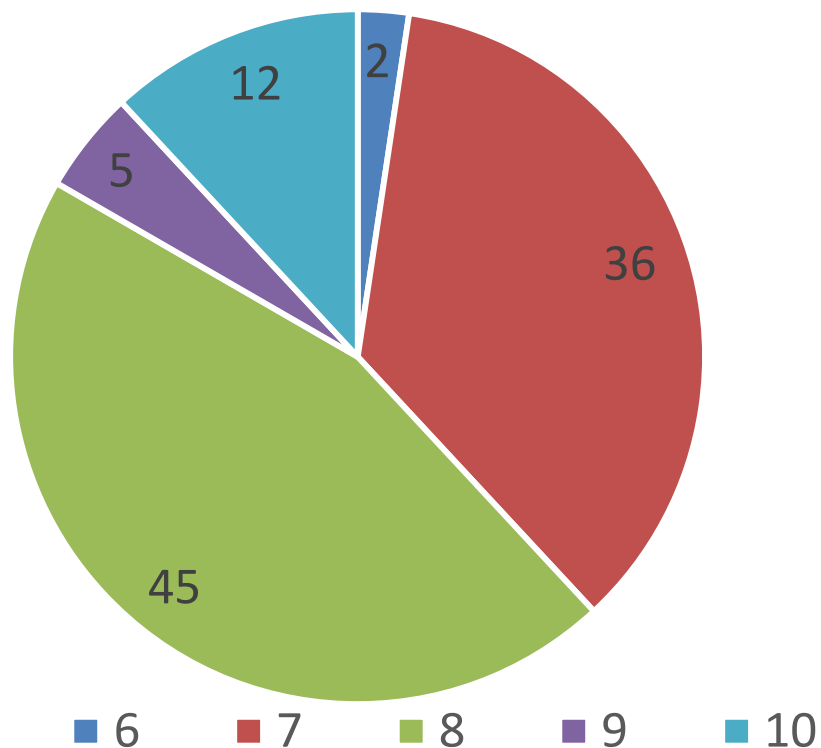
http://imksus.grf.bg.ac.rs/NASTAVA/BETON-NOVI%20NASTAVNI%20PLAN_2014/TBK1/

ТВК 2021-2022

ТВК 1 - ПРОЛАЗНОСТ [%]

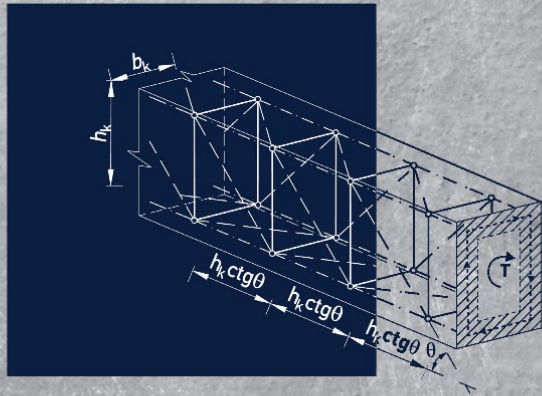


ТВК 1 - ОЦЕНЕ [%]



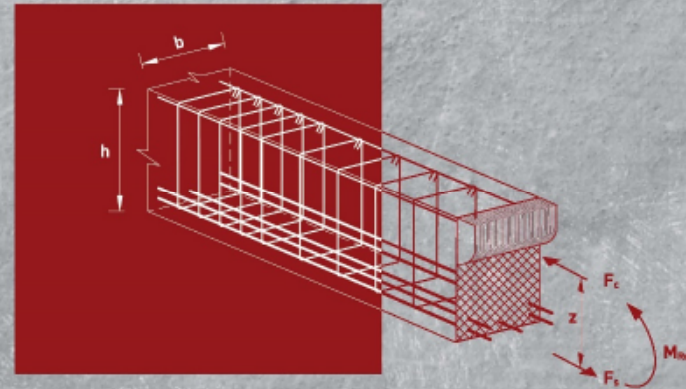
Literatura

TEORIJA BETONSKIH KONSTRUKCIJA



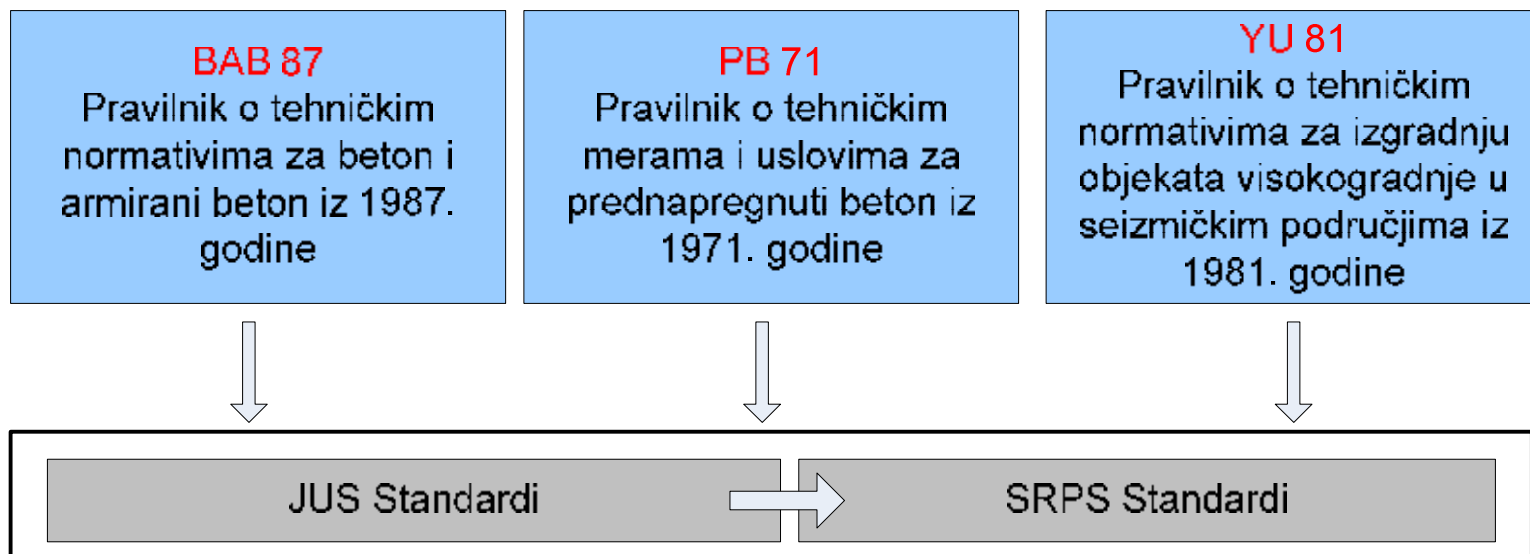
Snežana Marinković
Nenad Pečić

ZBIRKA ZADATAKA TEORIJA BETONSKIH KONSTRUKCIJA 1



Ivan Ignjatović

Regulativa nekad



Regulativa sada



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

Odeljak 4 SRPS EN 1992:2015

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

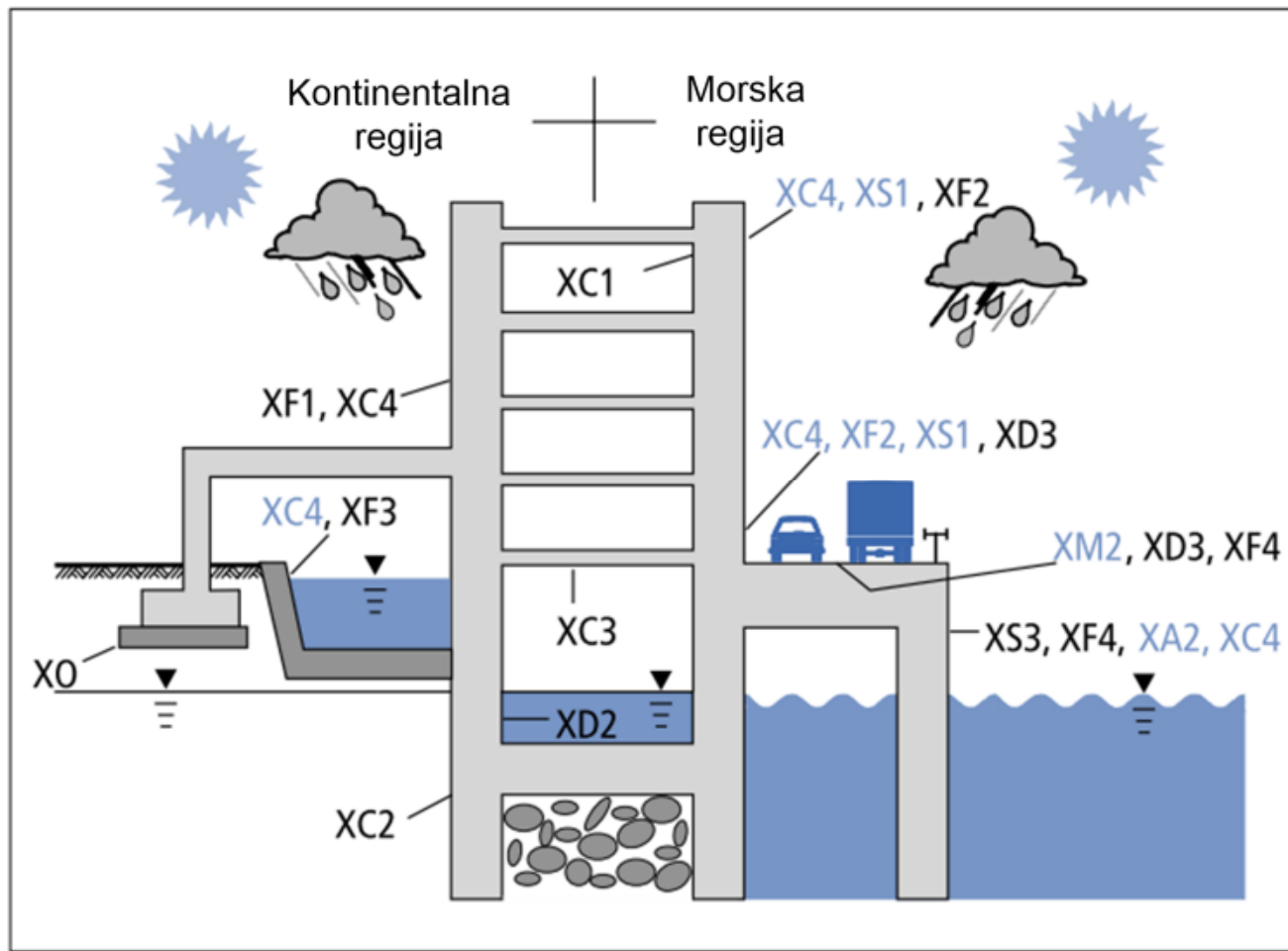
Oštećenja betona i korozija armature u potencijalno agresivnoj sredini

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



Trajnost

Uslovi i klase izloženosti konstrukcije



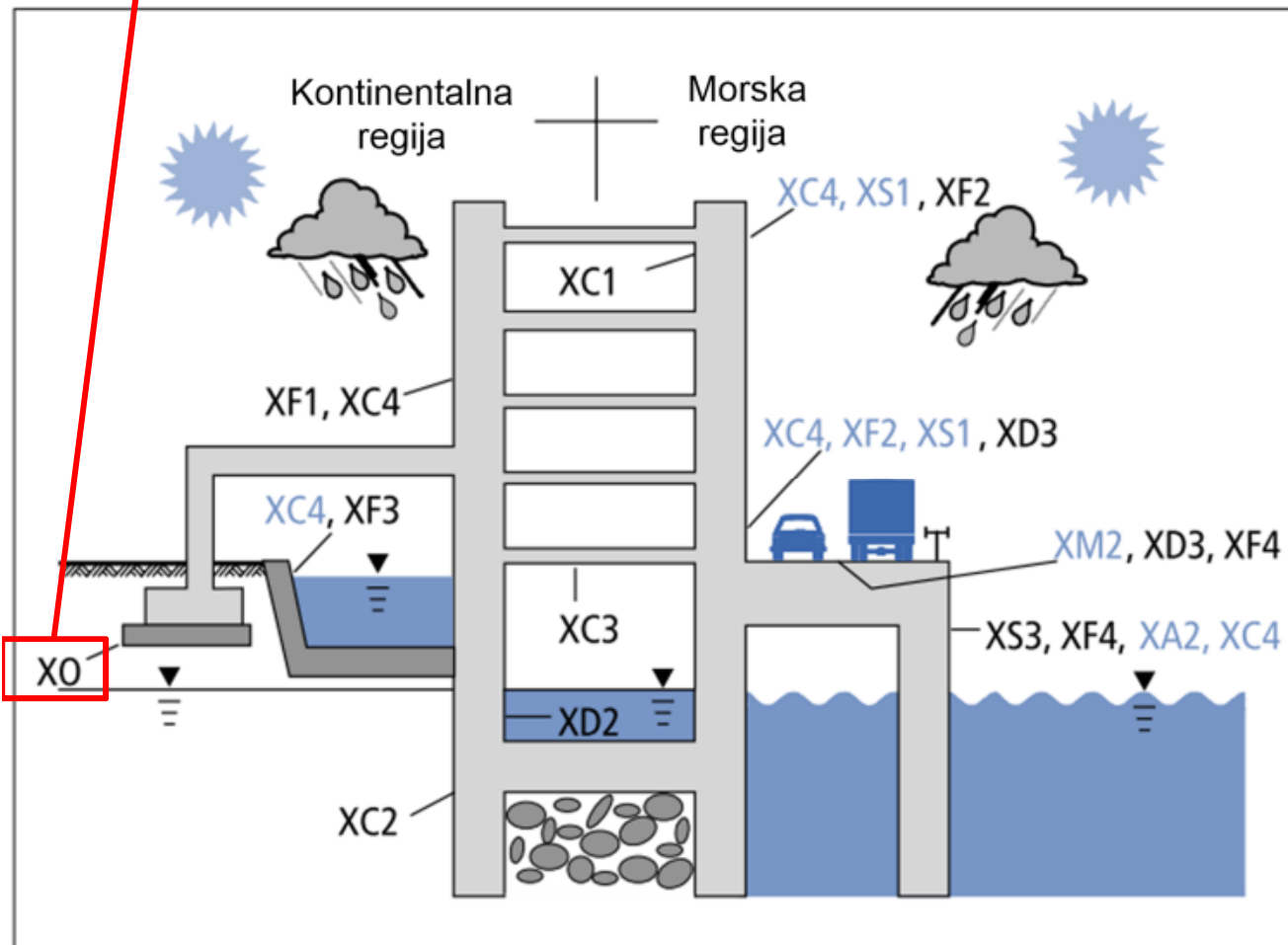
- XC – Carbonation
- XD – Chlorides from De-icing agents
- XS – Chlorides from Sea water
- XF – Freeze-thaw action
- XA – Chemical Attack

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

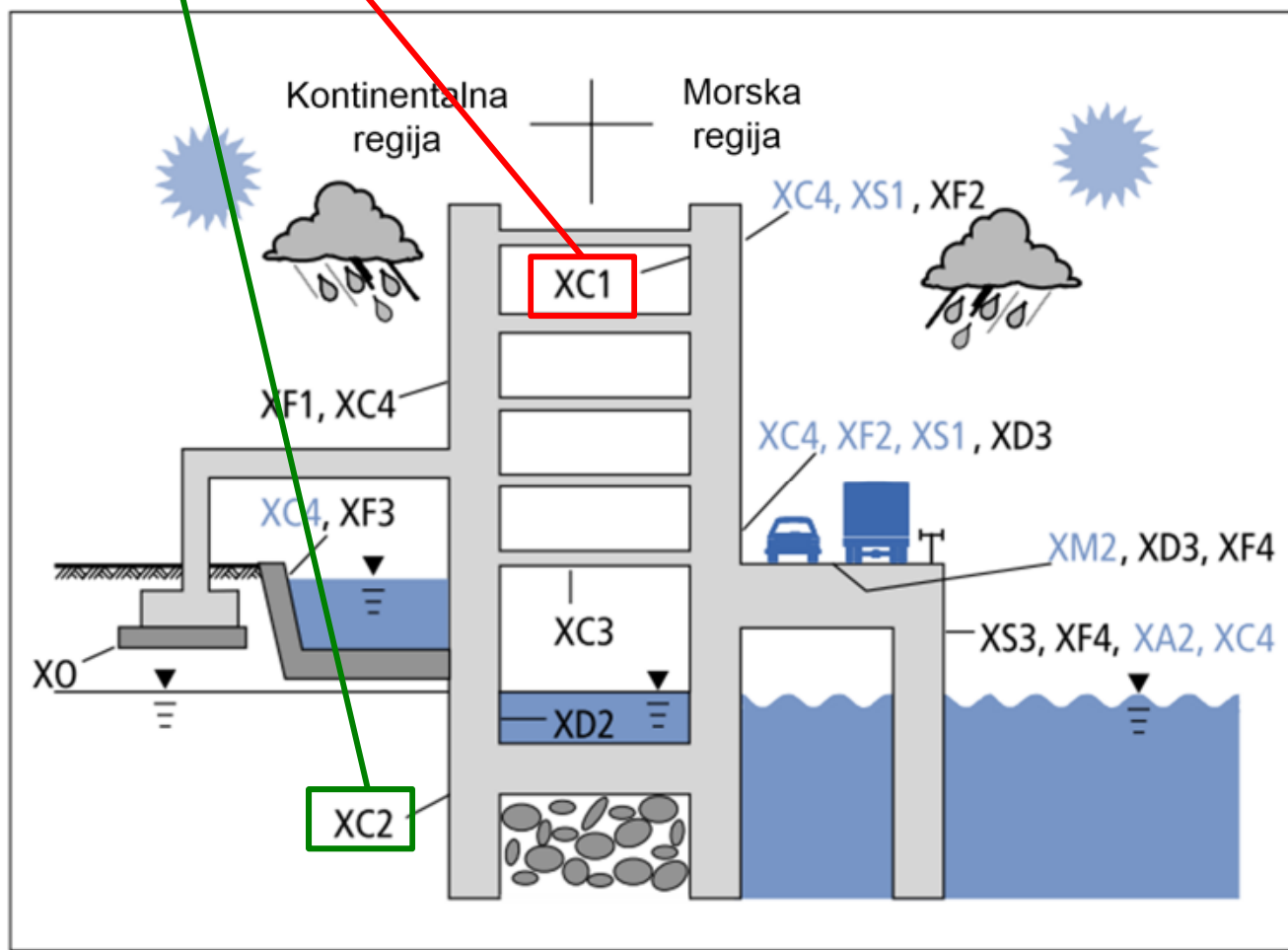
Бетон у унутрашњости зграда са веома ниском влажношћу ваздуха



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

2 Корозија проузрокована карбонацијом

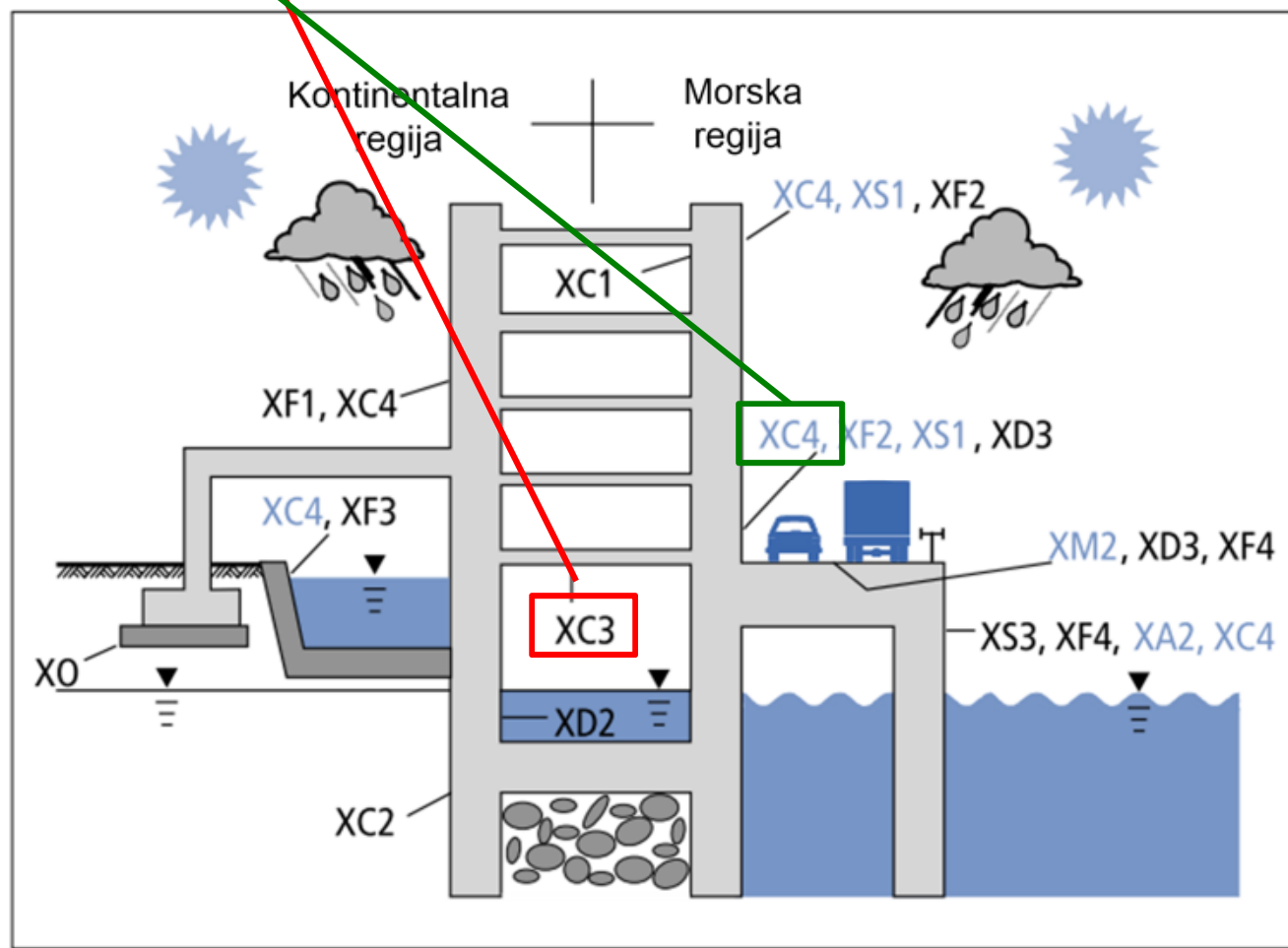
XC1	Сува или стално влажна средина	Бетон у унутрашњости зграда са ниском влажношћу ваздуха Бетон стално потопљен у воду
XC2	Влажна, ретко сува средина	Површине бетона изложене дуготрајном контакту са водом Многи темељи



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

2 Корозија проузрокована карбонацијом

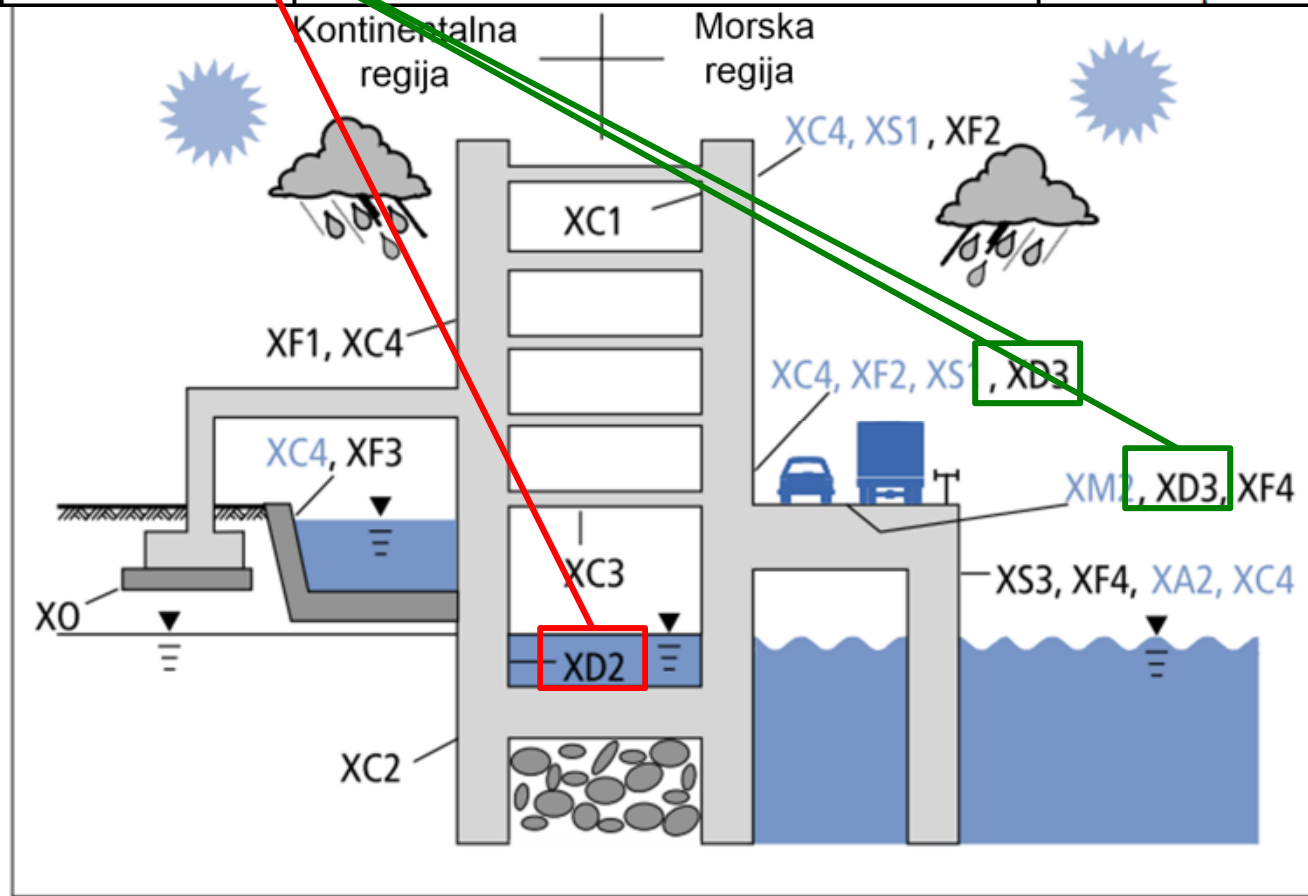
XC3	Умерено влажна средина	Бетон у унутрашњости зграда са умереном или високом влажношћу ваздуха Бетон у спољашњем простору заштићен од кише
XC4	Циклично влажна и сува средина	Површине бетона у контакту са водом, које не спадају у класу изложености XC2



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

3 Кориозија проузрокована хлоридима који не потичу из морске воде

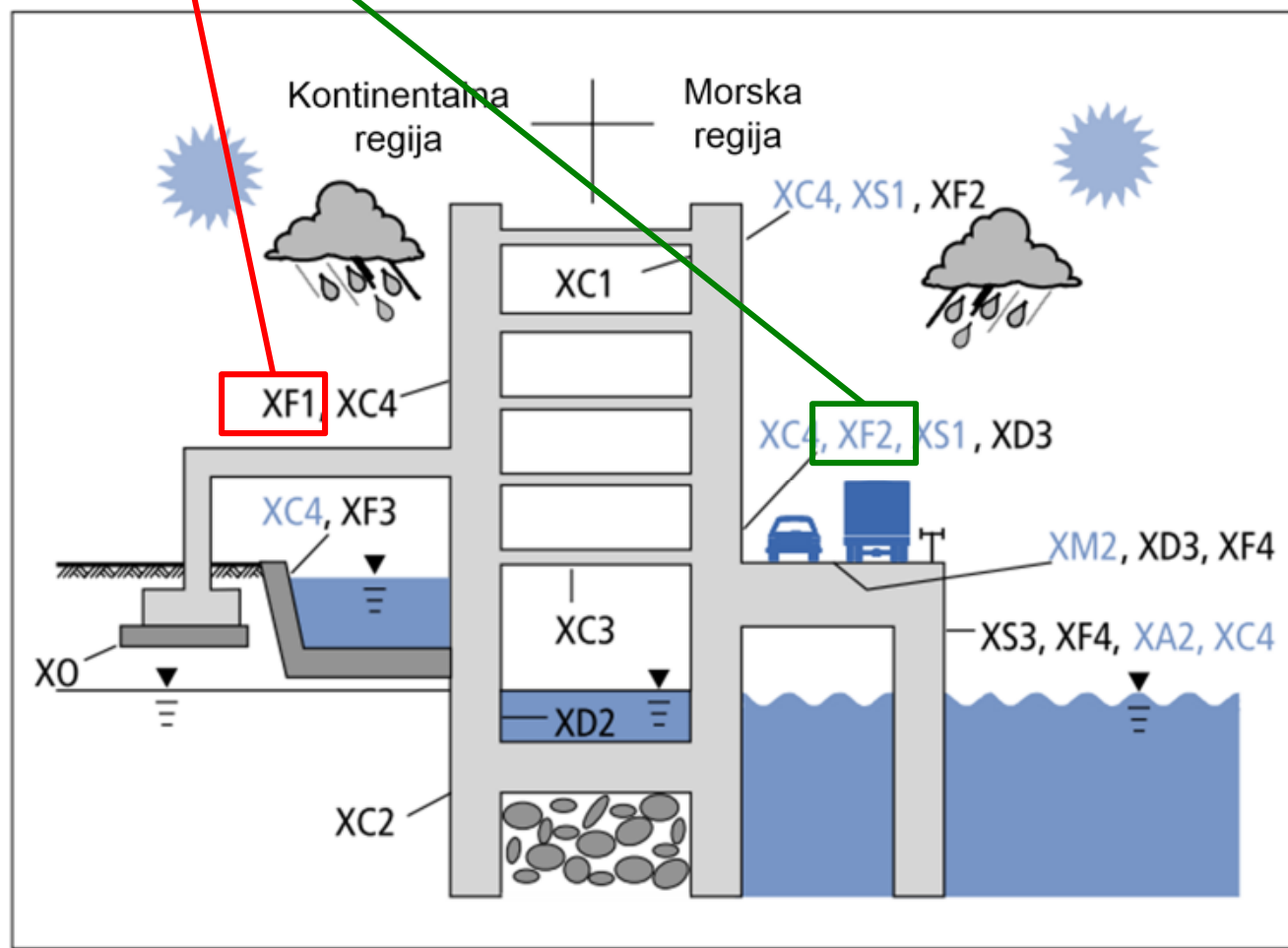
XD1	Умерено влажна средина	Површине бетона изложене дејству хлорида из ваздуха
XD2	Влажна, ретко сува средина	Базени за пливање Бетонски елементи изложени индустријским водама које садрже хлориде
XD3	Циклично влажна и сува средина	Делови мостова изложени прскању аеросола који садржи хлорид Коловози Плоче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

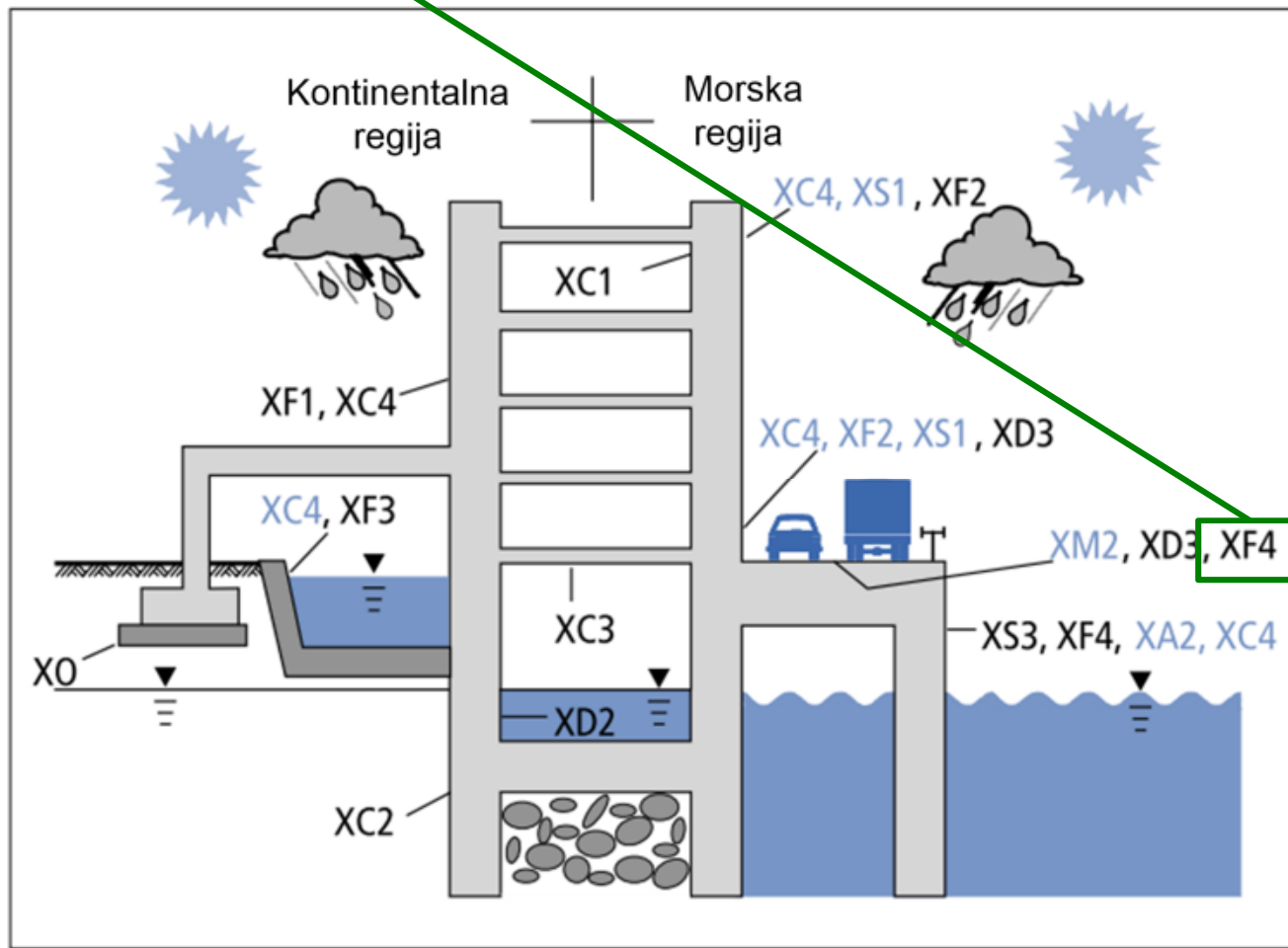
XF1	Умерена zasiћеност водом, без агенса за одмрзавање	Вертикалне бетонске површине изложене киши и мразу
XF2	Умерена zasiћеност водом, са агенсима за одмрзавање	Вертикалне бетонске површине саобраћајних конструкција, изложене мразу и средствима за одмрзавање из ваздуха



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

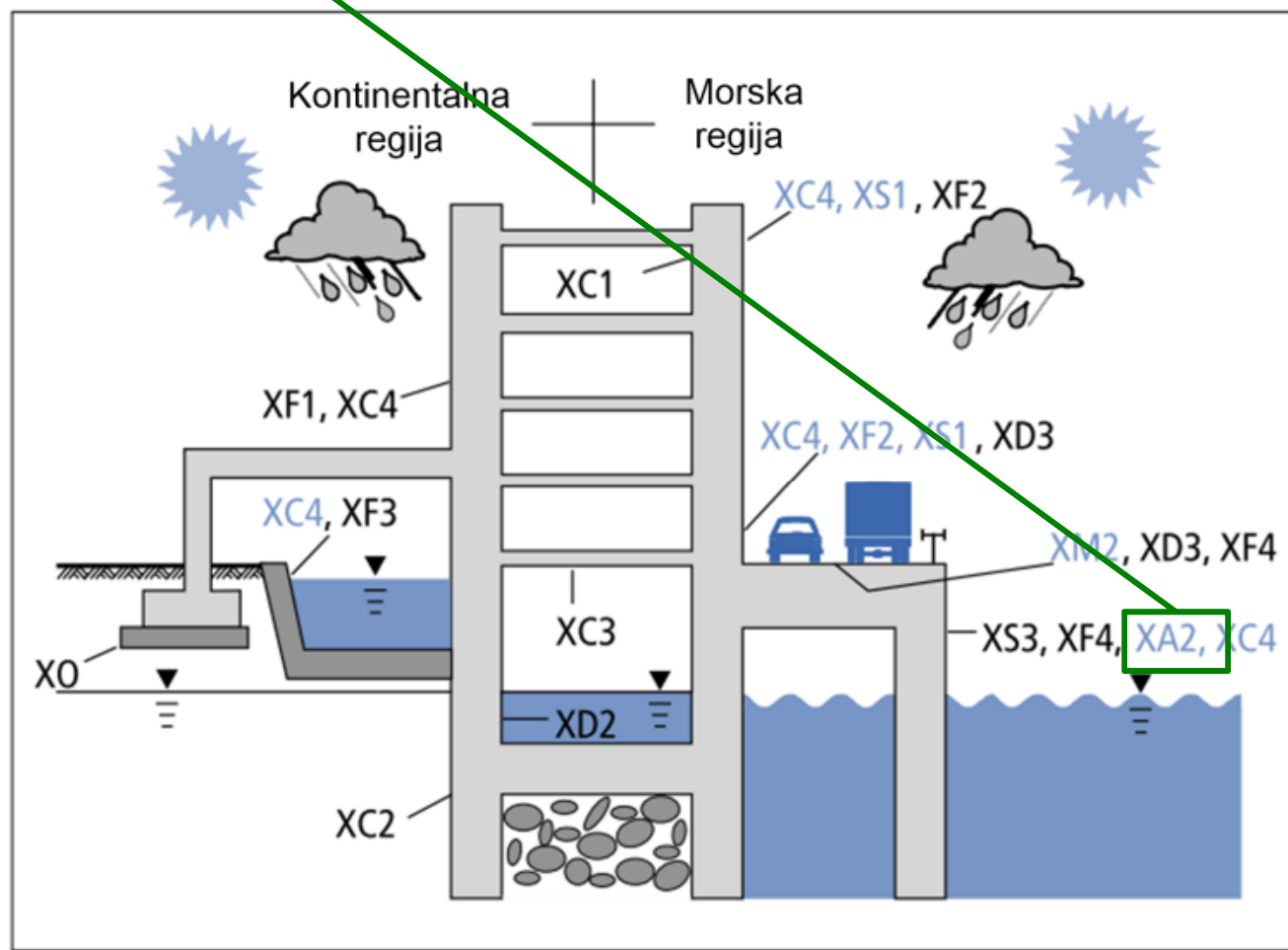
XF3	Велика zasiћеност водом, без агенса за одмрзавање	Хоризонталне бетонске површине изложене киши и мразу
XF4	Велика zasiћеност водом са агенсима за одмрзавање или морском водом	Путне или мостовске коловозне конструкције изложене агенсима за одмрзавање Бетонске површине изложене директном прскању растворима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

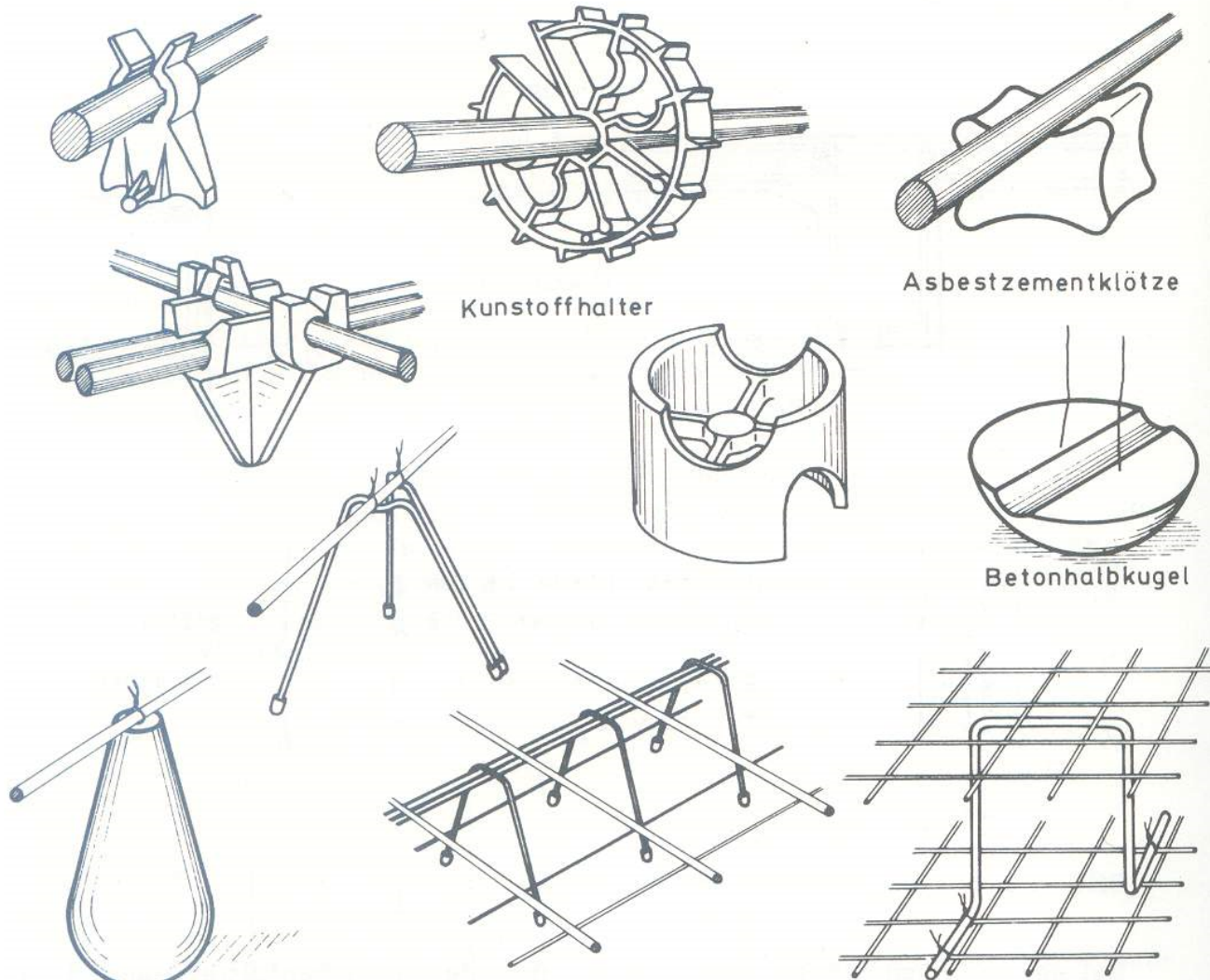
6 Хемијска изложеност

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

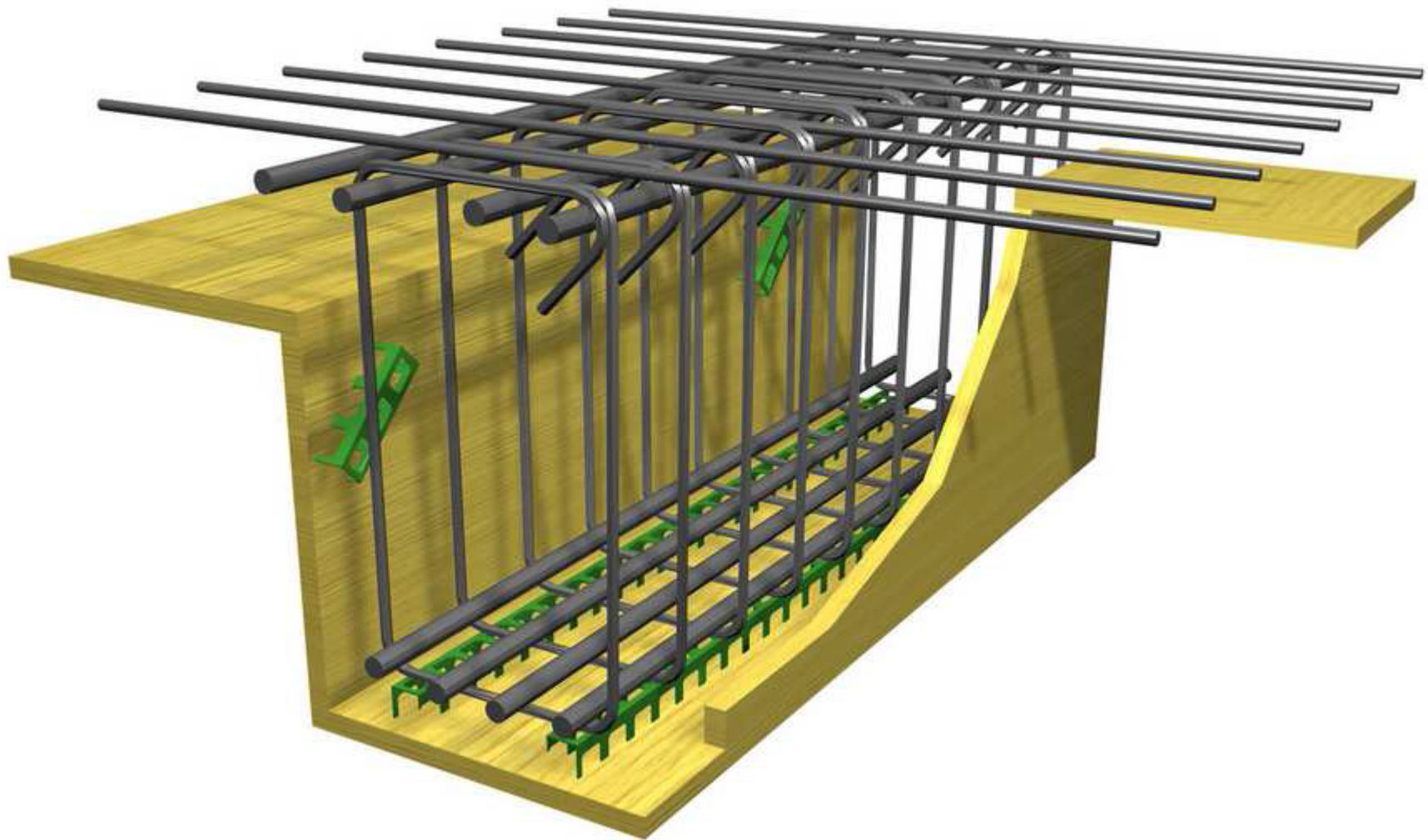


XC – Carbonation
XD – Chlorides from De-icing agents
XS – Chlorides from Sea water
XF – Freeze-thaw action
XA – Chemical Attack

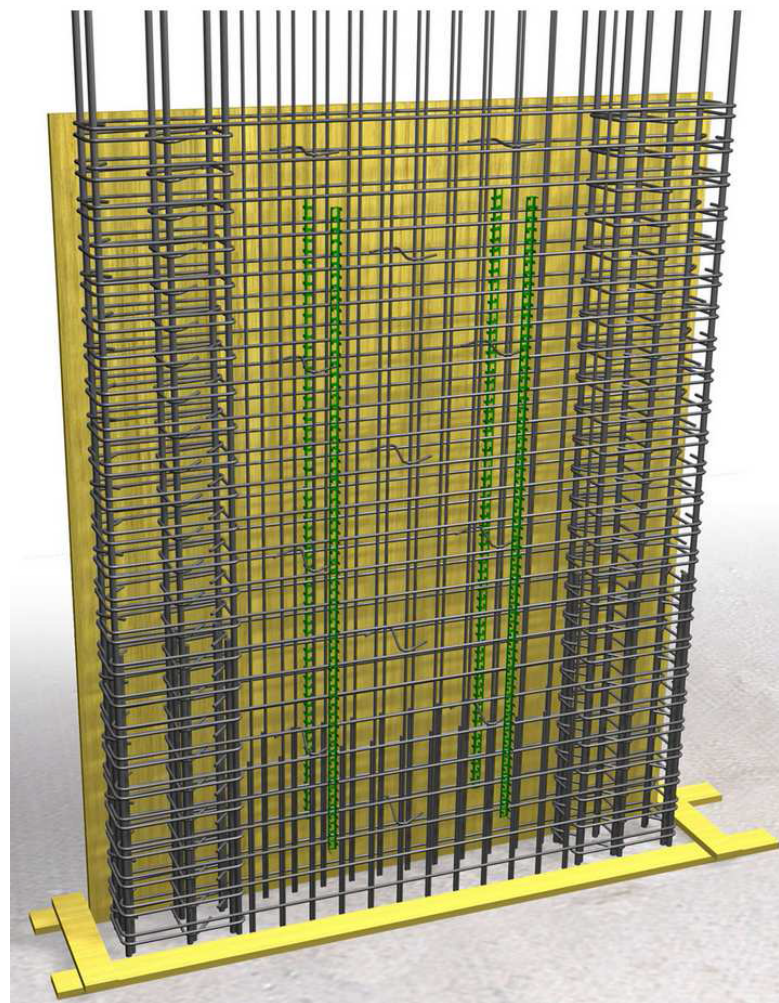
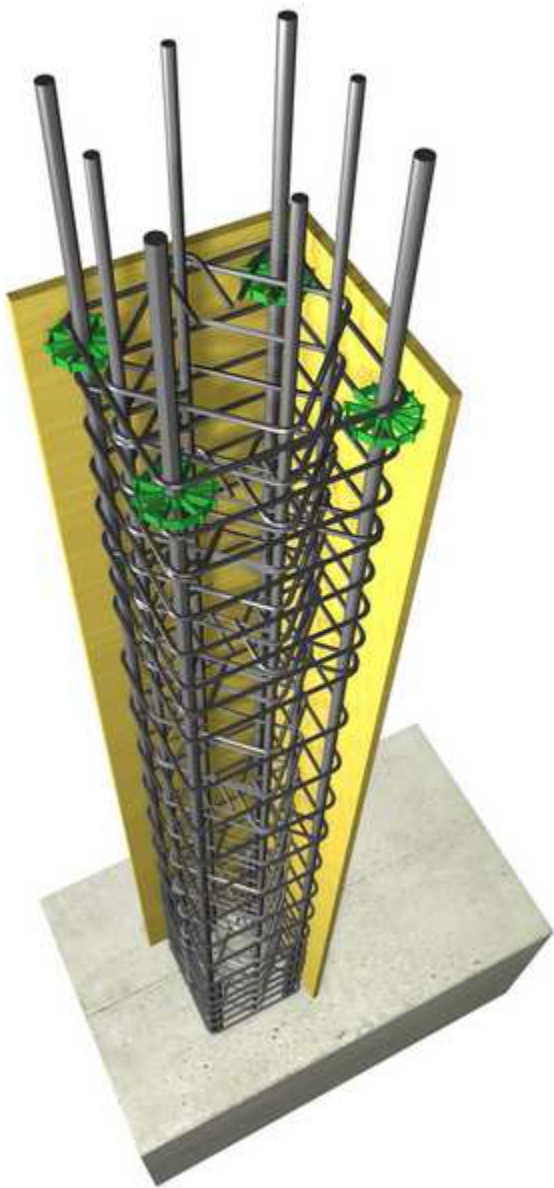
Trajnost

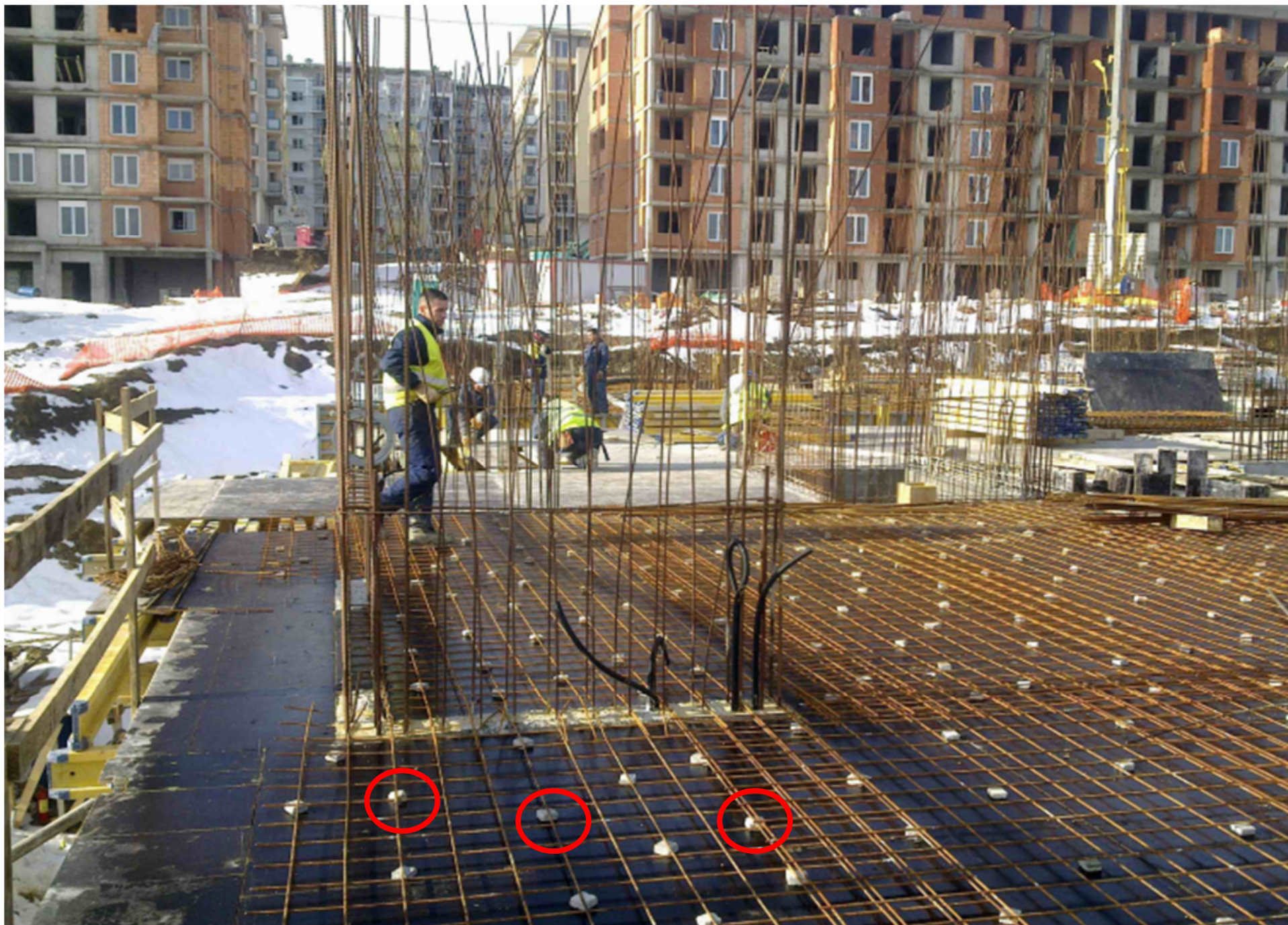


Trajnost



Trajnost





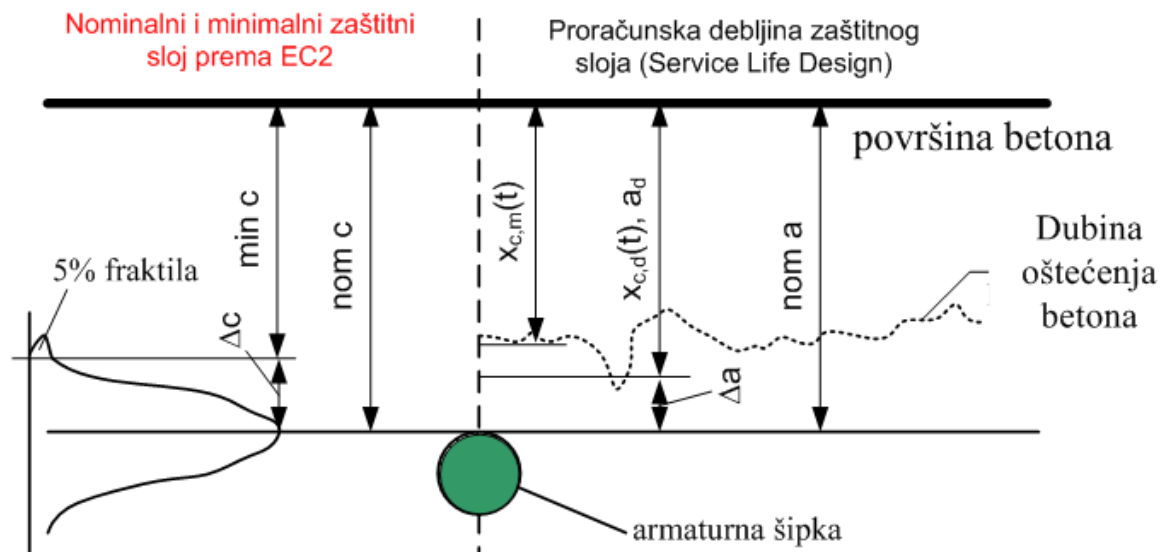
GF Beograd

Tebejstonski konj i kija MTI

Trajnost

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

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 prianjanja,
2. zaštitu čelika od korozije (trajnost) i
3. odgovarajuću otpornost na požar.

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

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

Trajnost

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

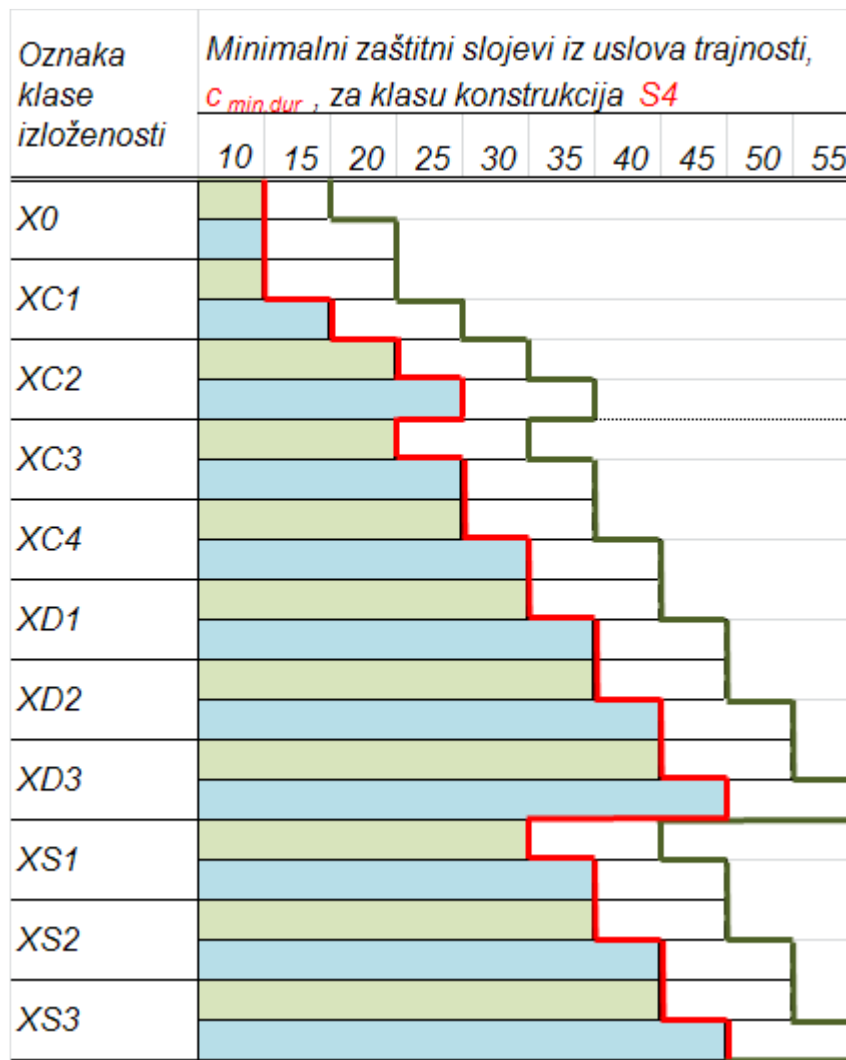
Raspored šipki	Minimalni zaštitni sloj $c_{min,b}$ *
Pojedinačne šipke	Prečnik šipke, $\varnothing$
Šipke u svežnju	Ekvivalentni prečnik ($\varnothing_n$)

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

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

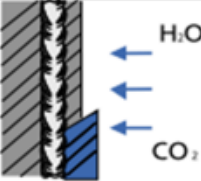
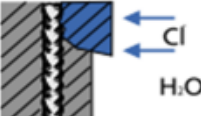
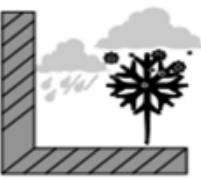


— Upotrebni vek 50 god.
— Upotrebni vek 100 god.

Tip elementa		Ploče, zidovi
		Grede, stubovi



Trajnost

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	 Karbonatizacija	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 Ciklično mokra i suva	0.50	300	C30/37
XD/ XS	 Hloridi	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 Ciklično mokra i suva	0.45	320 / 340	C35/45
XF	 Smrzavanje-odmrzavanje	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 Jako zasićena vodom, sa solima za odleđivanje	0.45	340	C30/37

Indikativne klase čvrstoće!

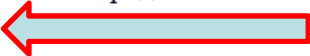


Zadatak 1

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

Minimalni zaštitni sloj iz uslova trajnosti, $c_{\min, \text{dur}}$ (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

Zadatak 1

Konstrukcija je klase **S4** ukoliko je njen predviđeni eksploatacioni vek 50 godina, a primenjeni beton je klase čvrstoće koja zavisi od klase izloženosti prema tabeli. Ukoliko konstrukcija ne ispunjava uslove klase S4, recimo ima duži eksploatacioni vek, drugačiju klasu čvrstoće betona, specijalnu kontrolu kvaliteta i sl., klasa S4 se koriguje prema:

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

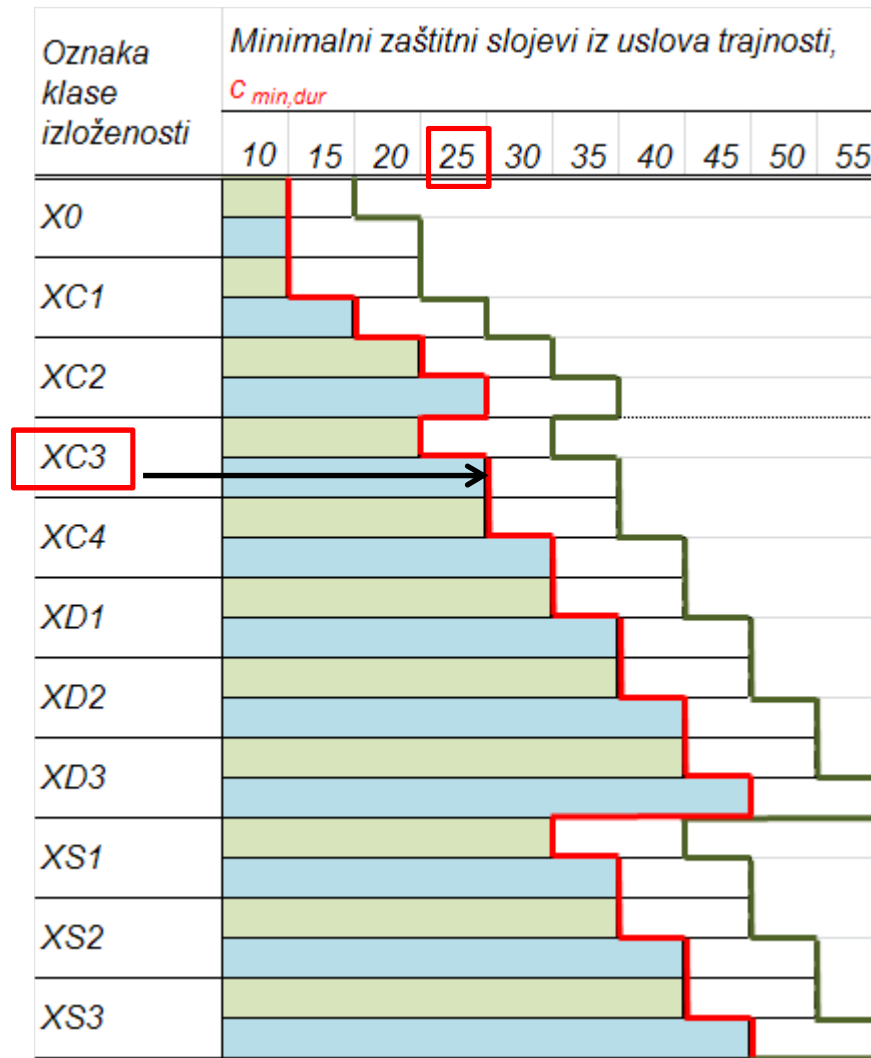
Ne, zadati vek je 50 godina!

Ne, zadata klasa C30/37 !

Ne, u pitanju je greda!



Zadatak 1



— Upotrební vek 50 god.

— Upotrební vek 100 god.

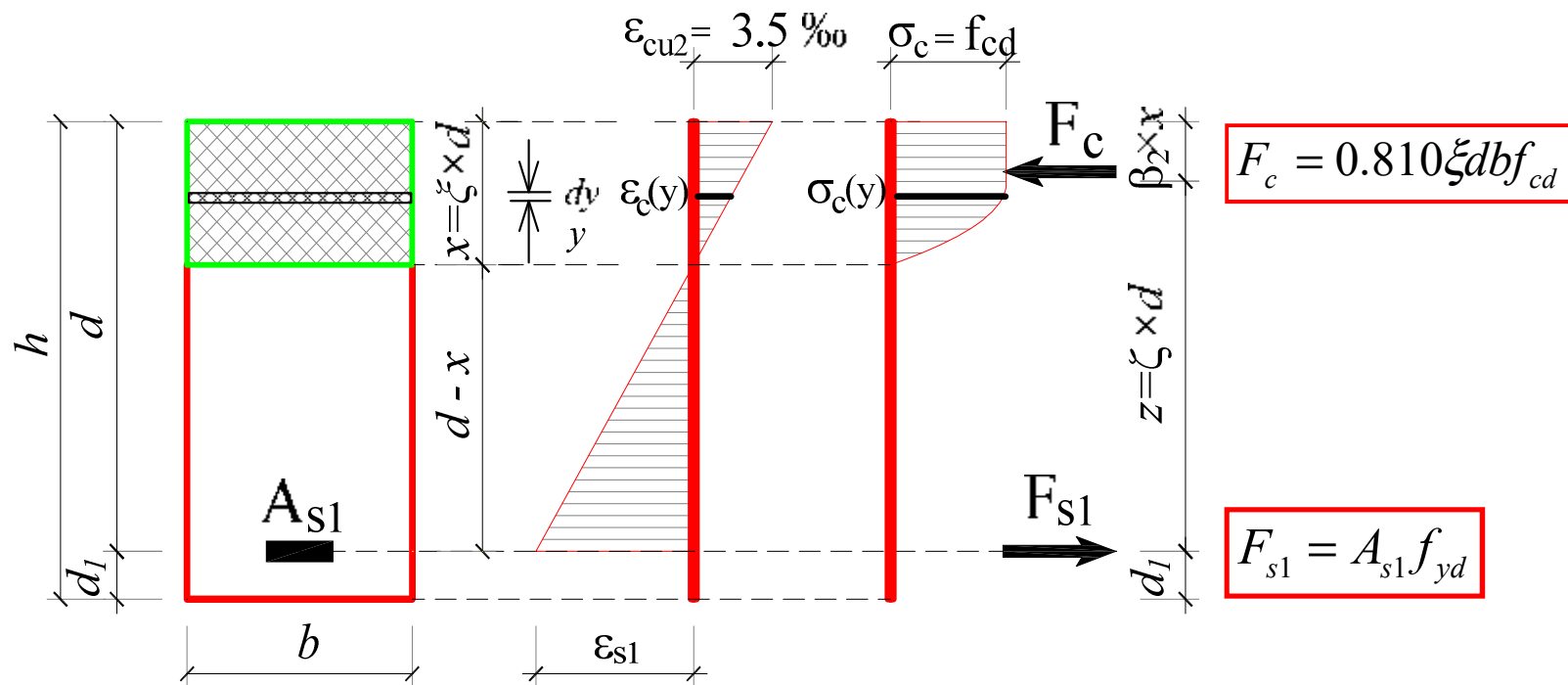
Tip elementa	Ploče, zidovi
	Grede, stubovi

ULS – čisto savijanje

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

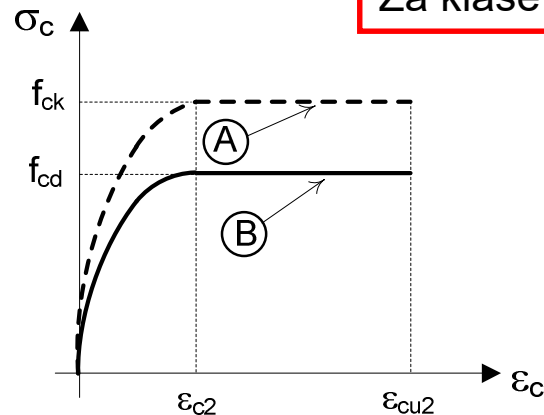
$$\varepsilon_c = 0.0035$$

$$\sigma_c = f_{cd}$$

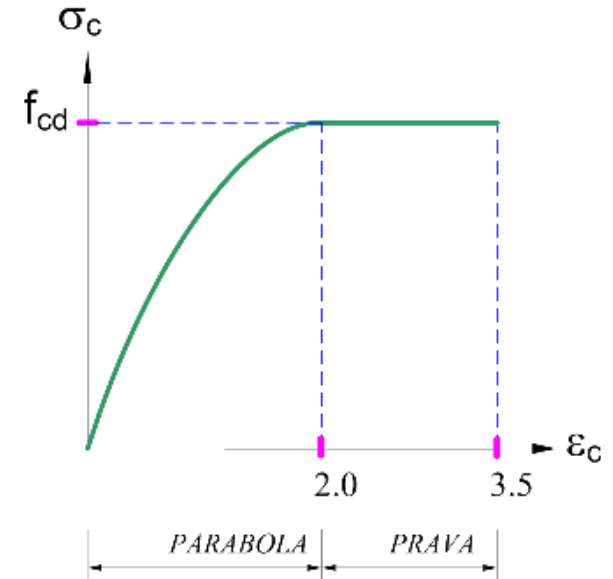


ULS – čisto savijanie

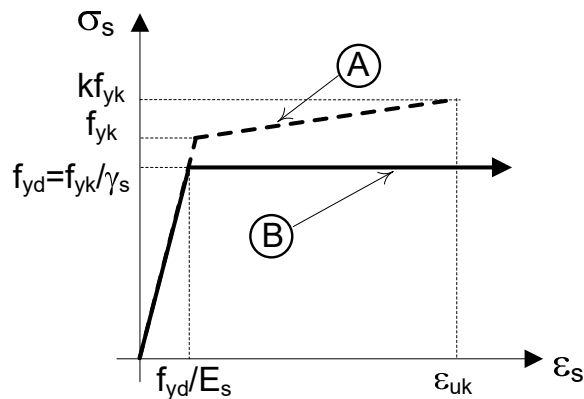
Za klase betona C≤50/60



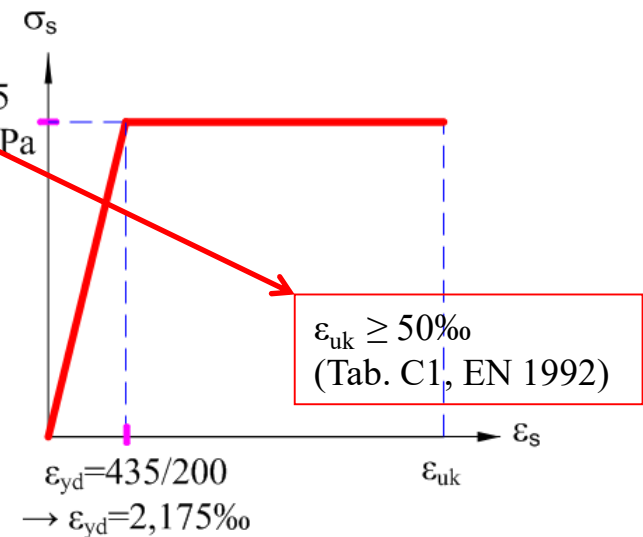
$$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5$$



Za čelik B500 B



$$f_{yd} = f_{yk} / 1.15$$



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)