

TRAJNOST KONSTRUKCIJA I



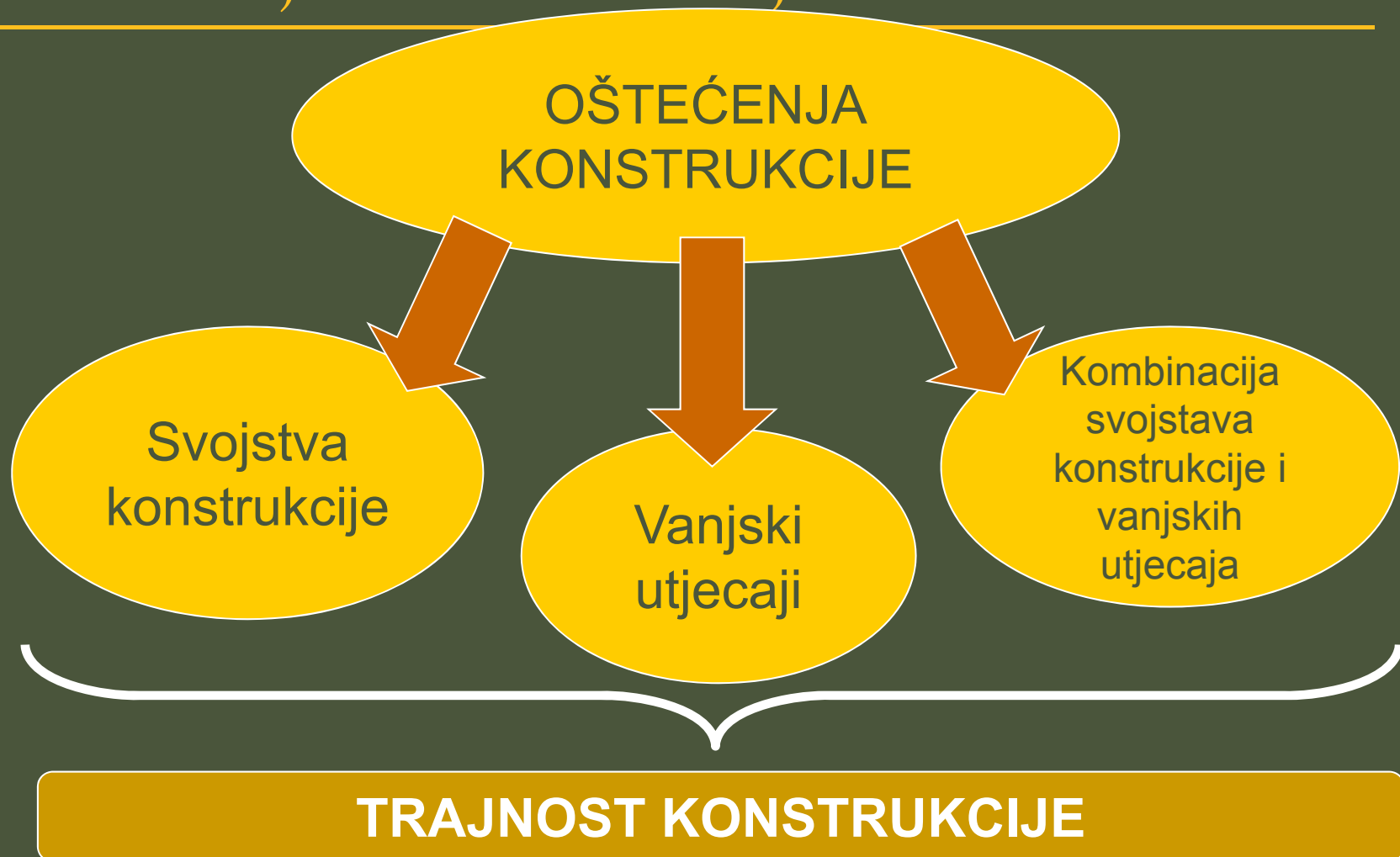
- 3 -

MEHANIZMI RAZARANJA
KONSTRUKCIJA

Oštećenja konstrukcija

- ❑ Na gubljenje svojstava (pojavu oštećenja) konstrukcija utječu:
 - kvaliteta materijala
 - projekt konstrukcije
 - kvaliteta izgradnje
 - primjena mjera zaštite konstrukcije
 - agresivnost okoliša konstrukcije
 - opterećenja kojima je konstrukcija izložena
 - kvaliteta održavanja

Oštećenja konstrukcija



Oštećenja ↔ SVOJSTVA KONSTRUKCIJE

□ *BETONSKE KONSTRUKCIJE*

■ vezana za prirodu i kemijski sastav pojedinih sastojaka betona

- cementa
- agregata
- voda
- dodataka
- armaturnog čelika
- čelika za prednapinjanje

Oštećenja ↔ SVOJSTVA KONSTRUKCIJE

□ *Cement*

- velik udio kloridnih iona ili drugih agresivnih sastojaka
- visoka toplina hidratacije
- isušivanje mladog betona

□ *Agregat*

- sadržaj klorida smanjuje vezu agregata i cementa povećavajući propusnost betona
- alkalno-agregatne reakcije uzrokuju pojavu oštećenja čak nakon 20-30 godina

□ *Voda i dodaci*

- sadržaj kloridnih i sulfatnih iona u vodi ili dodacima koji su korozivni ili nekompatibilni s cementom ili čelikom



S lijeva: leteći pepeo, metakaolin, silikatna prašina, leteći pepeo, zgura, škrljavec

Oštećenja ↔ VANJSKA DJELOVANJA

- ❑ Prirodan okoliš konstrukcije čini:
 - atmosfera (klimatski uvjeti, plinovi, zagađenja)
 - tlo
 - voda



Mehanizmi razaranja konstrukcija



Mehanizmi razaranja konstrukcija

POZNAVANJE MEHANIZAMA
RAZARANJA



Praćenje i definiranje životnog vijeka

Projektiranje trajnosti

Definiranje procesa održavanja

Mehanizmi razaranja konstrukcija

□ MEHANIČKI

- Preopterećenost
- Zamor
- Izravni udari
- Popuštanje temelja
- Namjerna rušenja
- Požari

□ KLIMATSKI

- Proces smrzavanja i odmrzavanja
- Temperature promjene
- Vjetar (dinamički učinci)
- Potres

□ KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI

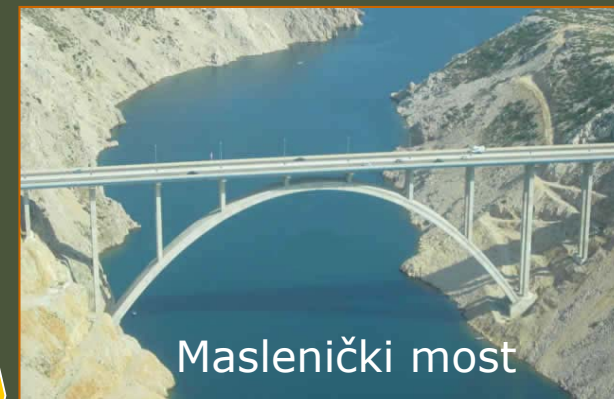
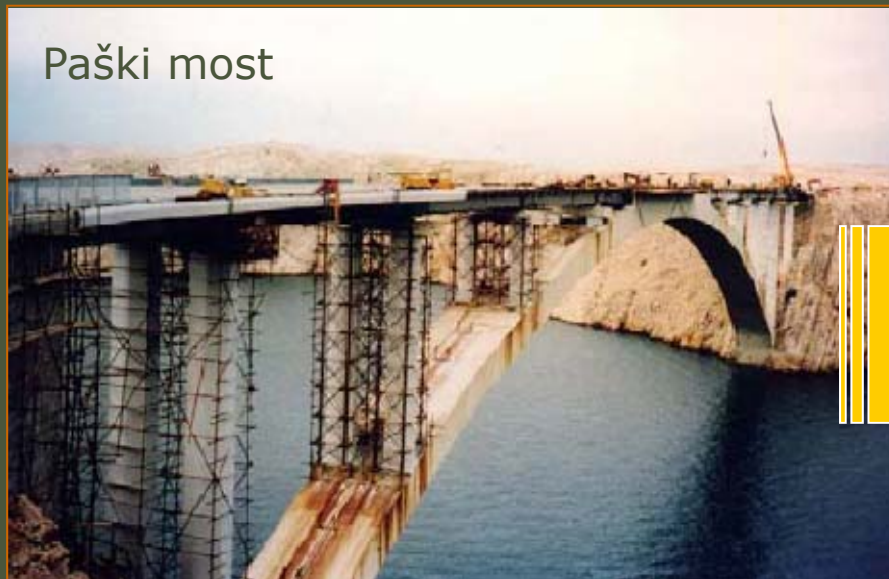
- Karbonatizacija
- Korozija armature
- Kemijska djelovanja

□ BIOLOŠKI

- Gljivične zaraze
- Napadi insekata
- Napadi bakterija

Mehanizmi razaranja konstrukcija

- Kako odrediti mehanizme razaranja?
 - ISKUSTVO s konstrukcijama u eksploataciji

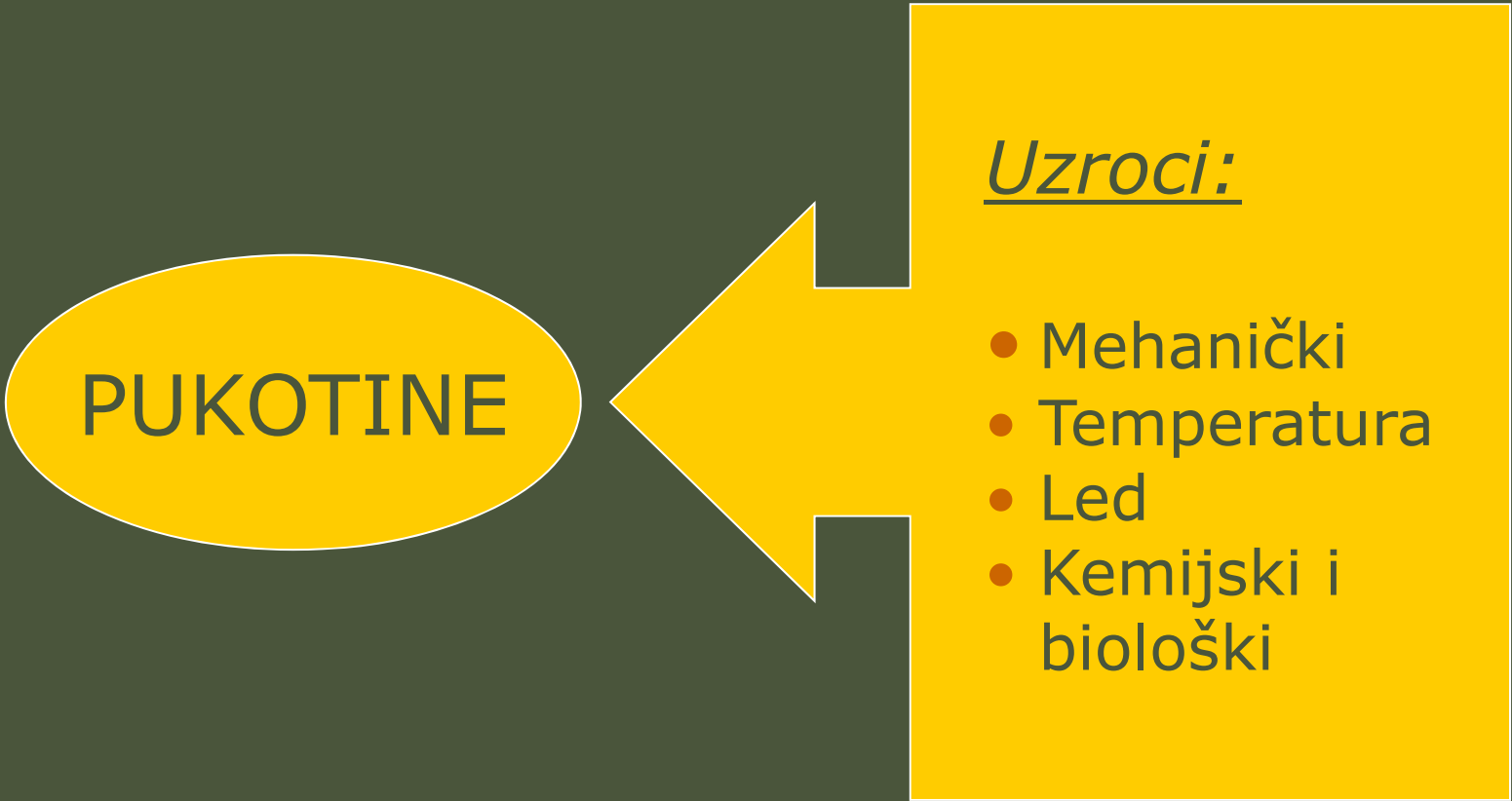




- 3.1 -

MEHANIZMI RAZARANJA BETONSKIH KONSTRUKCIJA

Betonske konstrukcije



PUKOTINE

Uzroci:

- Mehanički
- Temperatura
- Led
- Kemijski i biološki

Betonske konstrukcije

- ❑ Mehanizmi i utjecaji na propadanje armiranobetonskih konstrukcije su *brojni* i *vrlo različiti*
- ❑ Osnovni:
 1. Korozija armature → razaranje armature
 2. Alkalno-agregatna reakcija
 3. Kemijska djelovanja
 4. Proces smrzavanja i odmrzavanja

} razaranje betona
- ❑ Zajedničko – osnovni uzročnici ili podloge koje ih pospješuju su *VODA* i *SOL*

Betonske konstrukcije



- Neophodna za nastupanje većine mehanizama razaranja, izuzev:
 - izravnih udara
 - mehaničkih oštećenja
 - oštećenja zbog diferencijalnog slijeganja oslonaca
 - oštećenja uslijed temperaturnih promjena
- Njena prisutnost uvišestručuje posljedice mehanizama razaranja za čiji nastanak voda nije neophodna

Betonske konstrukcije

VODA

- Bitno je razlikovati:
 - Stalno umočene konstrukcije
(npr. temelji u rijekama ili moru)
 - Jednostrano umočene konstrukcije
(npr. rezervoari)
 - Povremeno ali često moćene konstrukcije (zona plime i oseke, djelovanje valova, izloženost oborinskim vodama i sl.)
- Voda može biti:
 - Čista
 - Saturirana različitim sastojcima
(npr. soli iz mora, od posipanja ceste i sl.)

Betonske konstrukcije

VODA

- ❑ Osnovna pravila:
 - Vodu što prije odvesti s objekta
 - Spriječiti prodor vode u konstrukciju
 - Opća odvodnja i zaštita
 - Nepropustan beton

NAJRAZORNIJI

CIKLUSI VLAŽENJA I SUŠENJA, OSOBITO AKO SE RADI O VODI SATURIRANOJ SOLIMA

Betonske konstrukcije

SOL

- ❑ Kloridi – najrazorniji obzirom na svojstva AB konstrukcija $\Rightarrow$ iniciraju intenzivnu koroziju čelika za armiranje
- ❑ Sol s alkalno-metalnim ionima (Na^+ , K^+) $\Rightarrow$ povećana opasnost od alkalno-silikatne reakcije
- ❑ Sol ima higroskopska obilježja, veže vlagu $\Rightarrow$ element zagađen solju teže se isušuje $\Rightarrow$ teško, gotovo nemoguće očistiti beton od soli

Betonske konstrukcije

KEMIJSKA DJELOVANJA

- KISELINE (kisele kiše, plinovi iz kanalizacijske cijevi)
 - Reakcija s cementnom pastom ⇒ razaranje mikrostrukture očvrslog cementa ⇒ povećanje propusnosti betona
- SULFATI
 - Reakcije sulfata (u podzemnim i industrijskim otpadnim vodama) s ionima kalcija i aluminijskim
- ALKALIJE
 - Razorno djelovanje alkalijskih posljedica je reakcije alkalijskih i silikatnih agregata ⇒ ekspanzija ⇒ mrežaste pukotine

SANACIJA

UKLANJANJE I ZAŠTITA OŠTEĆENOG BETONA
I PROVOĐENJE POVRŠINSKE ZAŠTITE

PRIMJERI OŠTEĆENJA ALKALNO AGREGATNE REAKCIJE



PRIMJERI OŠTEĆENJA ALKALNO AGREGATNE REAKCIJE



PRIMJERI OŠTEĆENJA ALKALNO AGREGATNE REAKCIJE



PRIMJERI OŠTEĆENJA ALKALNO AGREGATNE REAKCIJE



Betonske konstrukcije

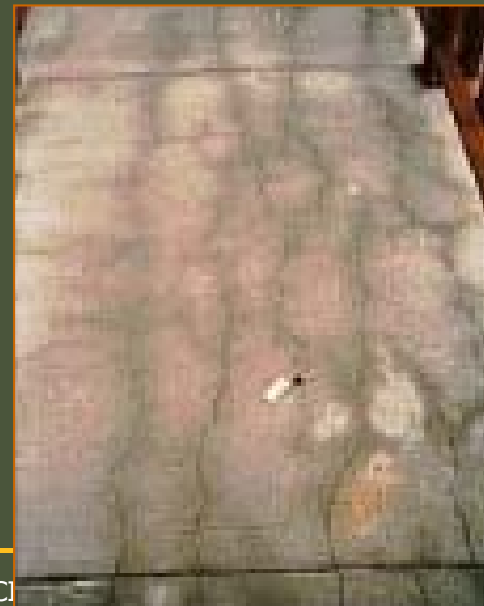
SMRZAVANJE I ODMRZAVANJE

- ❑ Ponavljanje ciklusa $\Rightarrow$ voda sadržana u strukturi betona pretvara se u led $\Rightarrow$ ekspanzija (povećanje volumena $\approx 9\%$) $\Rightarrow$ pri kritičnoj saturaciji sile koje premašuju vlačnu čvrstoću betona
- ❑ Na površini betona: odvajanje ljuštenje, raspucavanje $\Rightarrow$ gubitak čvrstoće i nosivosti
- ❑ Uporaba soli za odleđivanje: sniženje ledišta, povećanje sadržaja vode u porama $\Rightarrow$ pojačano razorno djelovanje

MJERE ZA SPREČAVANJE

- UVLAČENJE ZRAKA
- AGREGATI OTPORNI NA SMRZAVANJE
- NIZAK VODOCEMENTNI OMJER
- POVRŠINSKA ZAŠTITA HIDROFOBNIH SVOJSTAVA

PRIMJERI OŠTEĆENJA SMRZAVANJE/ODMRZAVANJE



PRIMJERI OŠTEĆENJA SMRZAVANJE/ODMRZAVANJE





- 3.1.3 -

KOROZIJA ARMATURE

KOROZIJA ARMATURE –glavni uzrok propadanja AB konstrukcija

- ❑ Uobičajeni vanjski znak pojave koroziije armature
 - Pukotine paralelne s armaturom
 - Smeđe mrlje na površini

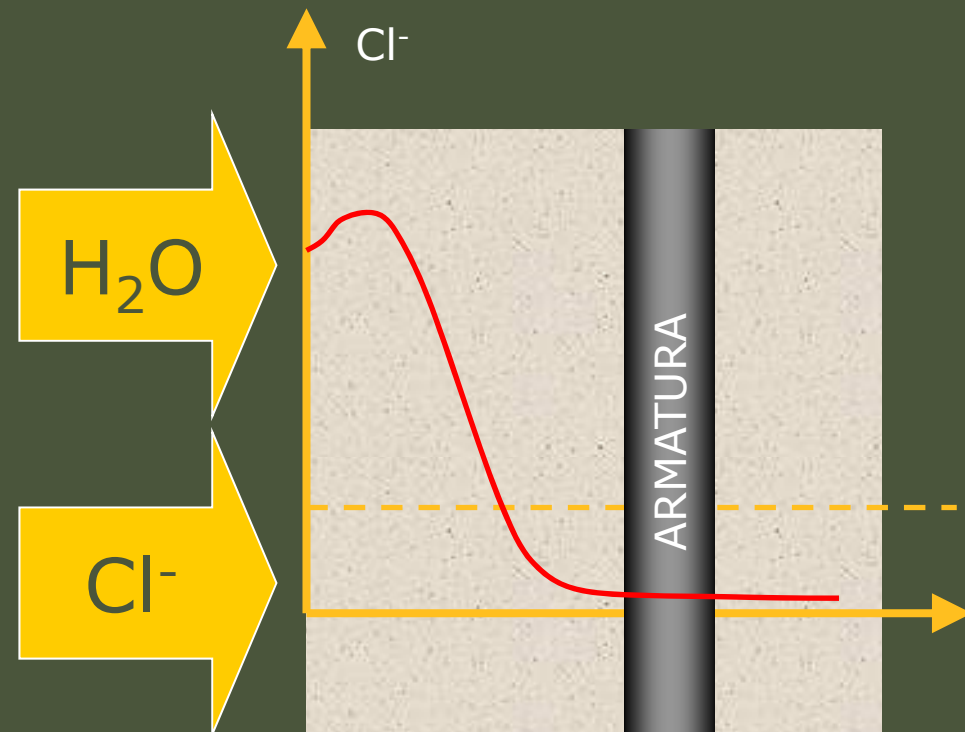


KOROZIJA ARMATURE –glavni uzrok propadanja AB konstrukcija

▣ Karbonatizacija



▣ Penetracija klorida



UZROKUJE

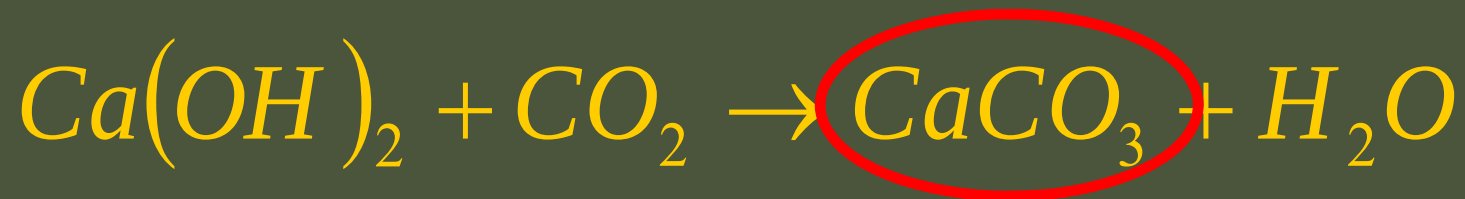
- Smanjenje poprečnog presjeka armature
- Otpadanje zaštitnog sloja betona

KOROZIJA ARMATURE –glavni uzrok propadanja AB konstrukcija

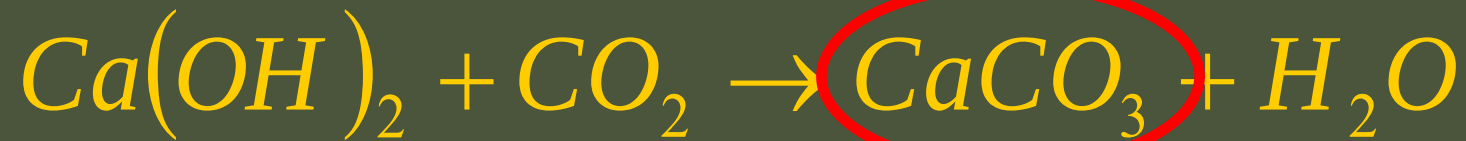
- ❑ Kvalitetan beton daje armaturi PASIVNU ZAŠTITU u normalnim uvjetima okoline ($\text{pH} > 12$, armatura okružena visokoalkalnom pornom vodom iz cementne paste)
- ❑ Preduvjet za nastupanje korozije $\Rightarrow$ PAD PRIRODNE PASIVNOSTI:
 - Kada se uslijed karbonatizacije, izluživanja i djelovanja kiselih otopina snizi alkalitet betona ($\text{pH} < 9,5$)
 - Kada je količina klorida u pornoj vodi oko armature veća od dopuštene vrijednosti

KARBONATIZACIJA BETONA

- Napreduje brzinom proporcionalnom kvadratnom korijenu proteklog vremena
- Uzročnik: CO_2 koji difuzijom ulazi u beton
- CO_2 u prisutnosti vode reagira s vapnom (proizvod hidratacije cementa)
- Stvara se kalcijev karbonat



KARBONATIZACIJA BETONA



- ❑ Čvrsti spoj
- ❑ Slabo topivi spoj
- ❑ Manjeg volumena



- ❑ Skupljanje cementnog kamena
- ❑ Smanjenje pH vrijednosti

Pad zaštite
armature u
betonu od
koroziije

KARBONATIZACIJA BETONA

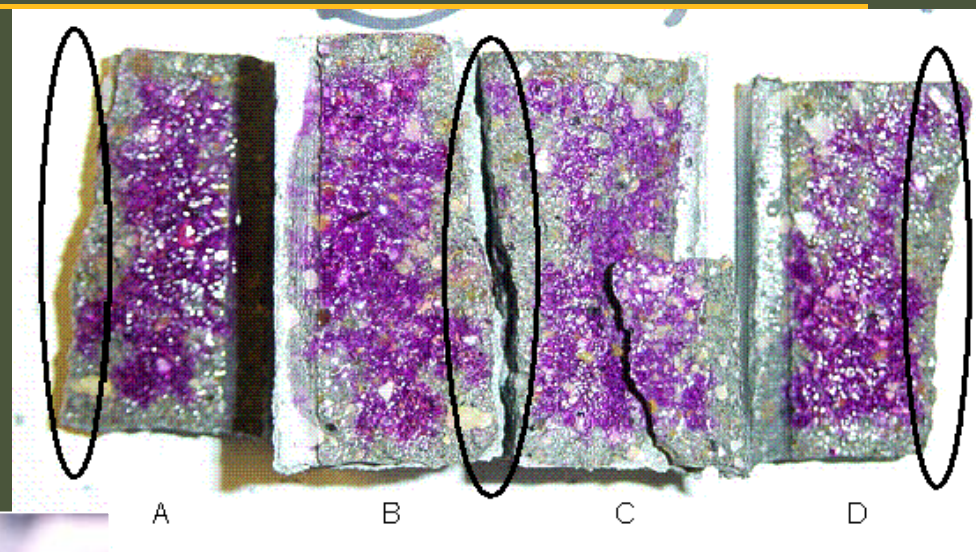
- Visoka lužnatost betona je uzrok formiranja pasivizirajućeg filma gama-željeznog oksida oko armature
- Film zaustavlja i priječi daljnju koroziju, štiteći čelik

Vrijednosti pH
u betonu
manje od 9,5
uništavaju
pasivizirajući
sloj

Pad zaštite armature
u betonu od korozije

- **BETON PRIPREMLJEN ZA POJAVU KOROZIJE ARMATURE!**
- Karbonatizacija ovisi i o vlažnosti betona, zanemariva za:
 - $RH < 30\%$ - nema dosta vlage da proces započne
 - $RH = 100\%$ spriječen prodor CO_2 u konstrukciju

KARBONATIZACIJA BETONA



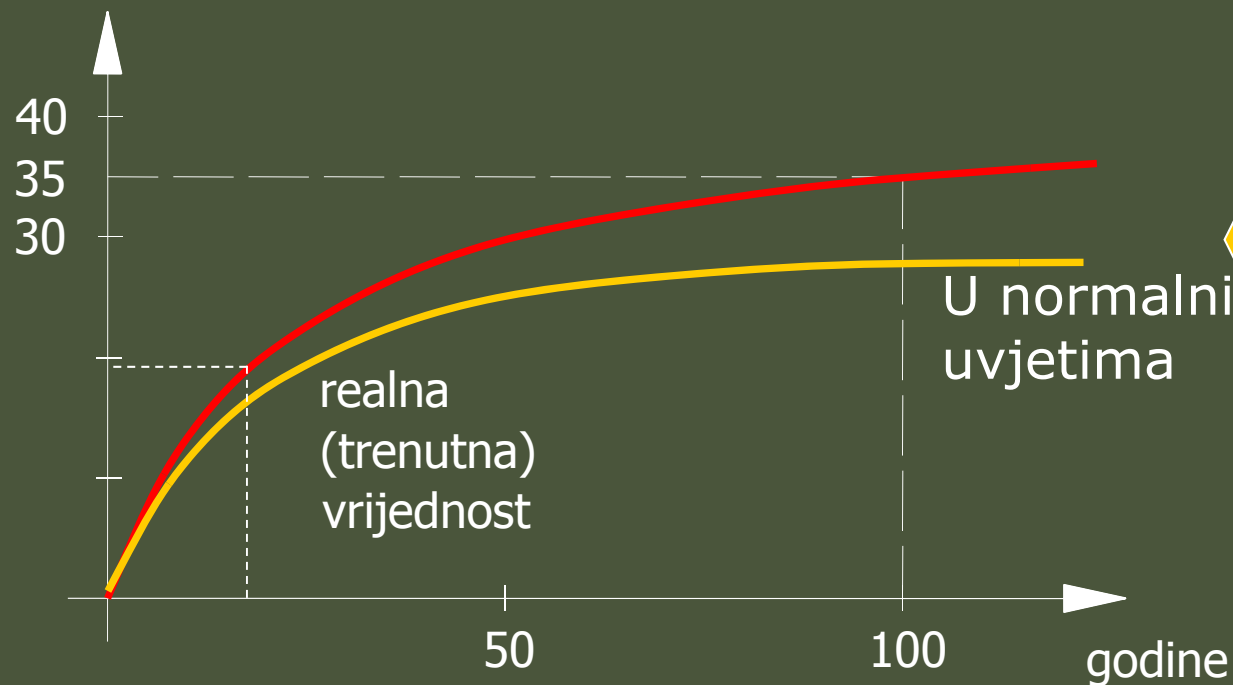
PRODOR KLORIDA

- ❑ Difuzijom prolaze kroz zaštitni sloj betona do armature
- ❑ U betonu se nalaze kao posljedica sastava betona (kloridi mogu biti sastojak nekih aditiva ili se koristi agregat zagađen soli)
- ❑ U beton ulaze s površine (morska sol, soljenje cesta...)
- ❑ Medij transporta – VODA
- ❑ Proces brži što je beton više propustan
- ❑ Brzina prodora ovisi o:
 - Vrsti cementa
 - Njezi betona
 - temperaturi

PRODOR KLORIDA

- ▣ Krivulja prodora klorida ovisi o debljini i kvaliteti zaštitnog sloja:

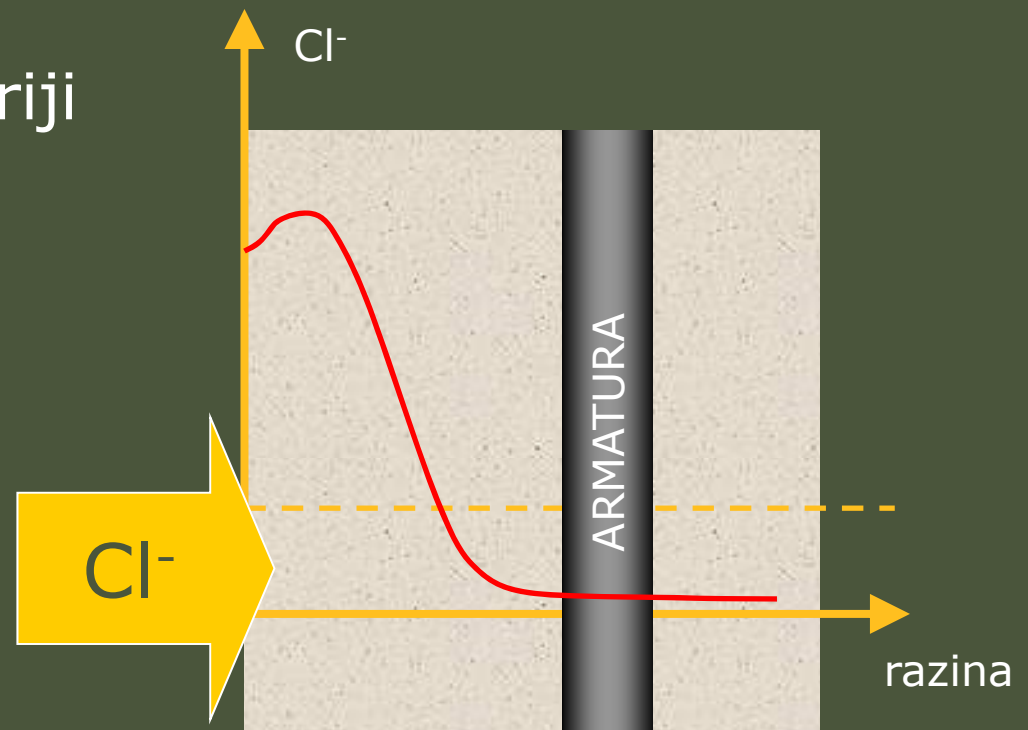
debljina zaštitnog sloja (mm)



Može se mijenjati
kvalitetom betona i
vanjskom zaštitom

PRODOR KLORIDA

- Dopuštena količina klorida u betonu
 - Neujednačeni kriteriji
0,2 – 1 % količine cementa
 - HR: 0,4% količine cementa



PROCES KOROZIJE

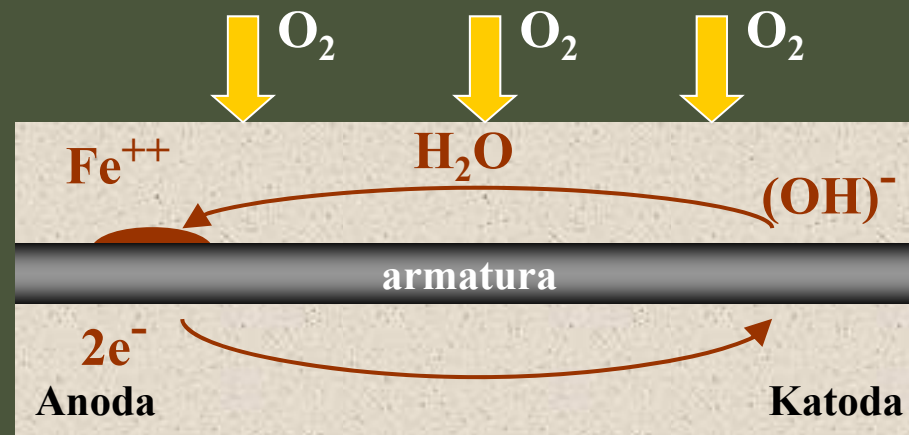
- S gledišta korozije 2 faze životnog vijeka konstrukcije:

- Period pobude u kojem nastaju pripremni procesi za početak korozije (karbonatizacija, prodor klorida)
- Period razvoja (propagacije) korozije



PROCES KOROZIJE

- KOROZIJA - elektrokemijski proces:

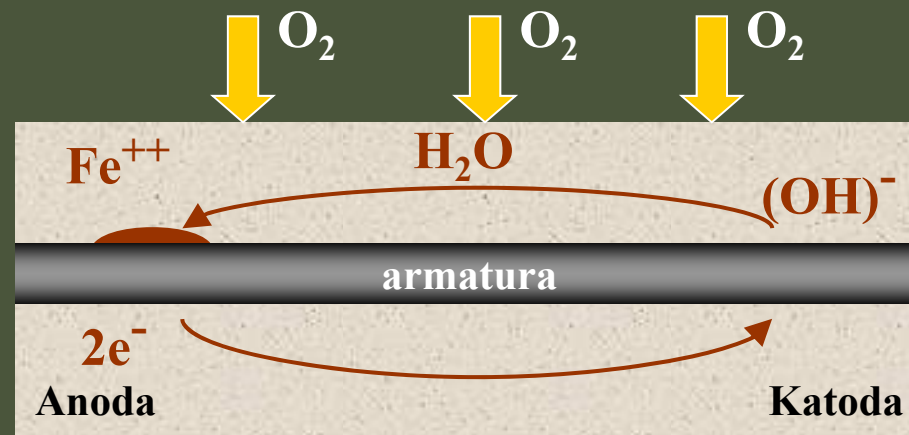


- Na anodi željezo se otapa u pornoj vodi i formira se ion željeza i slobodni elektroni

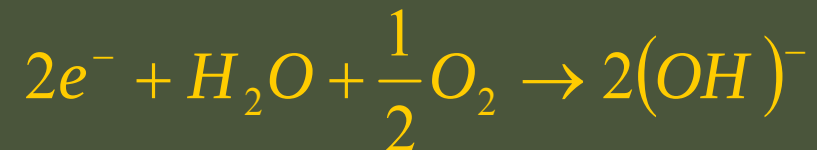


PROCES KOROZIJE

- KOROZIJA - elektrokemijski proces:

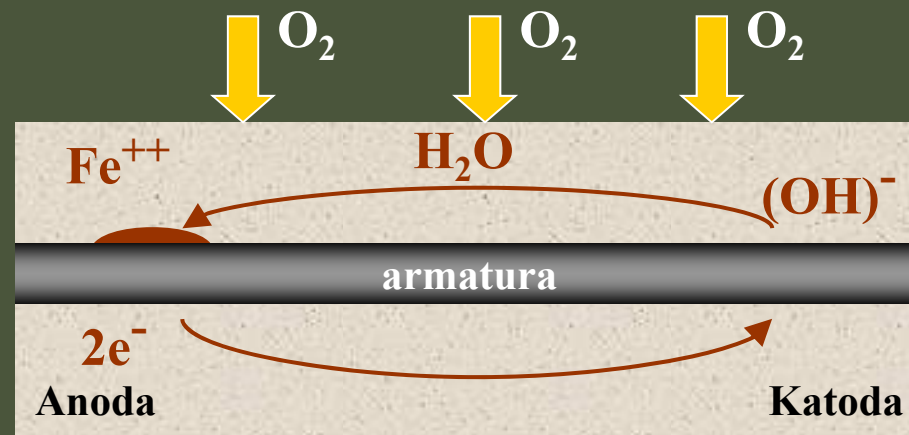


- Oni putuju prema katodi, gdje reagiraju s vodom i stvaraju hidroksidne ione

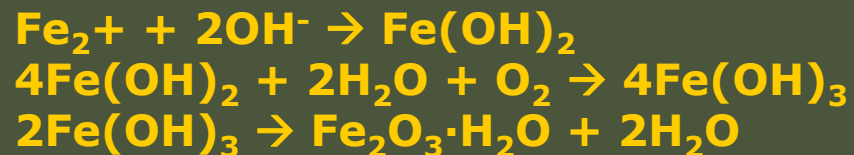


PROCES KOROZIJE

- KOROZIJA - elektrokemijski proces:

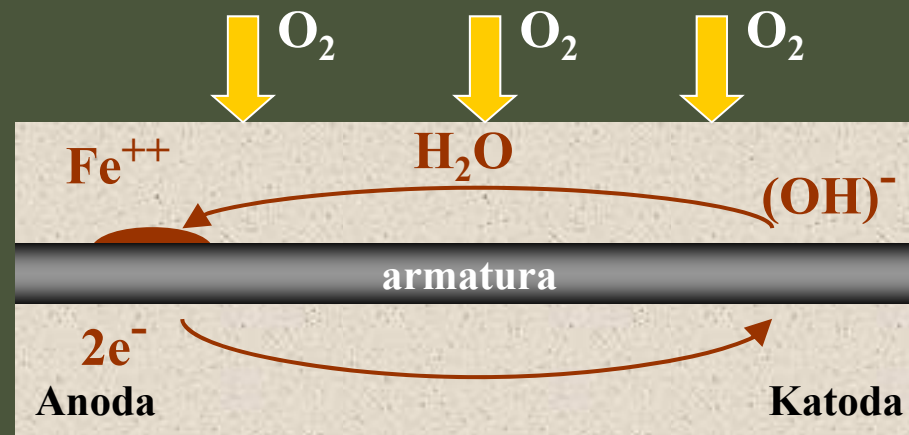


- Ioni željeza nastavljaju reakciju s kisikom i nastaje hrđa



PROCES KOROZIJE

- KOROZIJA - elektrokemijski proces:



- Veći volumen $\Rightarrow$ povećanje unutarnjeg naprezanja, raspucavanje i otpadanje zaštitnog sloja, smanjenje presjeka armature $\Rightarrow$ pad nosivosti konstrukcije

PROCES KOROZIJE



■ FAZA 1:

- Beton izgleda "zdrav"
- Pojava prvih makropukotina
- Nema smeđih mrlja od nastanka hrđe

PROCES KOROZIJE



■ FAZA 2:

- Vidljive makropukotine
- Smeđe mrlje od nastanka hrđe – produkta koroziije

PROCES KOROZIJE

■ FAZA 3:

- Jasno vidljivo odvajanje betonskog zaštitnog sloja iznad armaturne šipke
- Odvajanje nastupa uslijed većeg volumena korozijskih produkata



PROCES KOROZIJE

□ FAZA 4:

- Potpuno odvajanje betonskog zaštitnog sloja
- Otvorene korodirane šipke armature, izravno izložene daljnjim djelovanjima



*Stanje
armirano-
betonske
konstrukcije*

Period inicijacije

Period propagacije



Stanje konstrukcije
treba pratiti
kontinuiranim
monitoringom

Oštećenja koja
se mogu otkriti
ispitivanjima

Vrijeme izloženosti

Granična
stanja

- 1 Depasivizacija armature
- 2 Stvaranje pukotina
- 3 Otpadanje zaštitnog sloja betona
- 4 Slom konstrukcije uslijed gubitka nosivosti

PREDLOŽENA KLASIFIKACIJA AB KONSTRUKCIJA

Tip razine oštećenja	A	B	C	D	E
Promjene boje	Postoje	✓	✓	✓	✓
Pukotine	Malo uzdužnih	Uzdužne, malo poprečnih	Opsežne		✓
Ljuštenje	-	Malo	Intenzivno	gubitak betona	✓
Smanjenje presjeka armature	-	-5%	-10%	-25%	Poprečna armatura prosječno, glavna djelomično
Odlamanje	-	-	-	Vjerojatno	Prisutno

NEPRIHVATLJIVA RAZINA

PREOSTALA NOSIVOST

koeficijent nosivosti
(rezervne)

$$v = \frac{R}{S}$$

postojeća nosivost

vanjsko djelovanje (opterećenje)

$v < 0,5$ Potreban hitan popravak ili rekonstrukcija (C i D)

$v > 0,5$ Korozijski monitoring, popravak na vrijeme (A i B)

KOROZIJSKI MONITORING

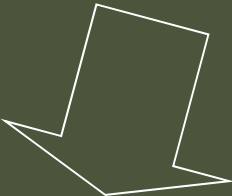
- Na vrijeme ustanoviti koroziju
- Ispravno pratiti napredovanja korozije



- Kako bi se prije kritičnog trenutka moglo reagirati i popraviti ili sanirati konstrukciju

KOROZIJSKI MONITORING

Klasične metode



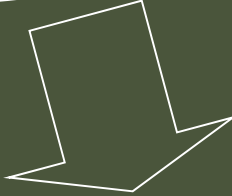
- Praćenje pukotina
- Praćenje pojave mrlja na konstrukciji

Nerazorne metode



- Primjereno za ranu fazu korozije
- Vanjske elektrode, nanošenje male količine struje na armaturu,
- mjerenje promjene potencijala

Razorne metode



- Primjereno samo ako je već oštećen zaštitni sloj,
- u fazi uznapredovale korozije

KOROZIJSKI MONITORING



- ❑ "Ljestve"
- ❑ Za nove konstrukcije



- ❑ Ekspanzivni prsteni
- ❑ Za ugradnju u postojeće konstrukcije

KOROZIJSKI MONITORING

Maslenički most



20 korozijskih senzora

OŠTEĆENJA BETONSKIH KONSTRUKCIJA

▣ Zbroj razornih učinaka:

Karbonatizacija

Penetracija klorida

Korozija

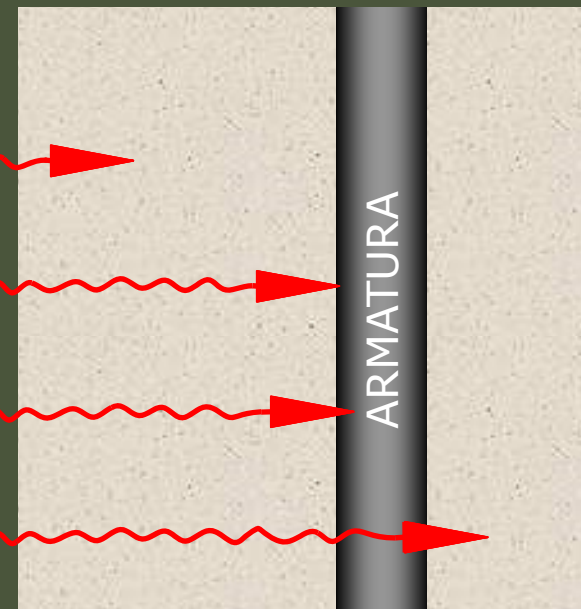
Ostalo

CO_2

Cl^-

O_2

H_2O



▣ Presudna svojstva betona:

- Nepropusnost, poroznost, lomljivost, debljina zaštitnog sloja

KOROZIJA ARMATURE



KOROZIJA ARMATURE



KOROZIJA ARMATURE



KOROZIJA ARMATURE



KOROZIJA ARMATURE



KOROZIJA ARMATURE



KOROZIJA ARMATURE





- 3.2 -

MEHANIZMI RAZARANJA ZIDANIH KONSTRUKCIJA

ZIDANE KONSTRUKCIJE

■ Zidane konstrukcije izvode se od:

- opeke
- kalcijsko-silikatnih elemenata
- betonskih elemenata
- porastih betonskih elemenata
- kamenih elemenata

■ koji se povezuju:

- mortom
- ili sličnim materijalom anorganskog ili organskog podrijetla

MATERIJAL U
SPOJNICAMA
REDOVITO LOŠIJE
KVALITETE OD
MATERIJALA ELEMENTA



OTPORNIJE ZIDANE
KONSTRUKCIJE SA ŠTO
MANJE SPOJEVA

ZIDANE KONSTRUKCIJE



Gubitak veze između
zidnog elementa i morta



ljuštenje starog morta

MATERIJAL U
SPOJNICAMA
REDOVITO LOŠIJE
KVALITETE OD
MATERIJALA ELEMENTA



OTPORNIJE ZIDANE
KONSTRUKCIJE SA ŠTO
MANJE SPOJEVA

ZIDANE KONSTRUKCIJE

- ▣ Uzroci propadanja:
 - Kristalizacija soli
 - Otapanje u vodi
 - Oštećenja uslijed djelovanja smrzavanja
 - Mikrobiološki rast
 - Djelovanje čovjeka
 - Originalna izgradnja

ZIDANE KONSTRUKCIJE

KRISTALIZACIJA SOLI

- ❑ zagađivači iz zraka,
- ❑ podzemna voda,
- ❑ prskanje mora,
- ❑ kemijska sredstva,
- ❑ soli za odmrzavanje



... u porama elementa
izaziva velika naprezanja
⇒ pucanje kamena ili opeke
⇒ pretvaranje u prah i
mrvljenje površine

ZIDANE KONSTRUKCIJE

OTAPANJE U VODI



- Kišnica u gradskim područjima dovoljne kiselosti za ubrzanje propadanja
- Iscvjetavanje – vlaga isparava i ostavlja soli na vanjskoj površini zida

ZIDANE KONSTRUKCIJE

SMRZAVANJE

- ❑ Otpornost na smrzavanje smanjuje se s povećanjem poroznosti (veći volumen pora u koje može ući voda)



Odlamanje zidnih elemenata kao posljedica smrzavanja

ZIDANE KONSTRUKCIJE

MIKRO-BIOLOŠKI ČIMBENICI

- ❑ korijenje biljaka,
- ❑ vitice bršljana,
- ❑ bakterije,
- ❑ alge,
- ❑ lišajevi

DJELOVANJE ČOVJEKA

- ❑ grafiti,
- ❑ odlamanje dijelova kao suvenira,
- ❑ Korištenje kamenih podova

ORIGINALNA IZGRADNJA

- ❑ loš odabir materijala
- ❑ loše projektiranje,
- ❑ loša izgradnja

SANACIJA

- Zamjena ugrađenog kamena novim
- Izbjegavati čelične dijelove, podložne koroziji (pukotine + otkrivanje dijelova zid. el)



- 3.3 -

MEHANIZMI RAZARANJA METALNIH KONSTRUKCIJA

METALNE KONSTRUKCIJE

- Kao i kod betonskih konstrukcija, glavni problem



- KOROZIJA
 - Situacija jasnija
 - Nema zaštitnog sloja
 - Izravno djelovanje korozijskih utjecaja



Čelični krovni nosači



Čelični piloti

METALNE KONSTRUKCIJE

VRSTE KOROZIJE

```
graph TD; A([VRSTE KOROZIJE]) --> B[po obliku razaranja metalnog profila]; A --> C[prema mehanizmu procesa]; A --> D[Specifične korozijske pojave ► istodobno s djelovanjem mehaničkih, bioloških ili električnih faktora:];
```

- po obliku razaranja metalnog profila

- opća,
- lokalna,
- interkristalna

- prema mehanizmu procesa

- kemijska,
- elektrokemijska

- Specifične korozijske pojave ► istodobno s djelovanjem mehaničkih, bioloških ili električnih faktora:

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| ■ naponska korozija, | ■ tarna korozija, |
| ■ umaranje pri koroziji, | ■ biokorozija, |
| ■ erozijska korozija, | ■ posebna vrsta koju |
| ■ kavitacijska korozija, | uzrokuju lutajuće struje. |

METALNE KONSTRUKCIJE

TOČKASTA KOROZIJA

- ❑ lokalizirani oblik korozije
- ❑ kloridni ioni prodiru u pasivni film u slabim točkama
- ❑ oblikuje se lokalni element, s penetriranim područjem kao anodom (malo područje) i pasivnim filmom kao katodom koja ga okružuje (veliko područje).
- ❑ gustoća strujanja vrlo velika
 - ▶ veliki stupanj korozije na površini



METALNE KONSTRUKCIJE

TOČKASTA KOROZIJA

- ❑ dubina korozijskog oštećenja nekoliko puta veća od početnog promjera,
- ❑ bitno opasnija od opće korozije, jer je korozijski proces teže kontrolirati.



METALNE KONSTRUKCIJE

PUKOTINSKA KOROZIJA



- Pukotine obično nastaju:
 - između matica i podložnih pločica
 - oko navoja vijka ili tijela čavla,
 - kod varova koji nisu penetrirali,
 - ispod nakupina na površini čelika.
- lokalizirani oblik korozije
- započinje uslijed razlika u razinama kisika u pukotinama i izloženim dijelovima
- što je pukotina uža i dublja, to je korodiranje jače.

METALNE KONSTRUKCIJE



NAPONSKA KOROZIJA RASPUCAVANJA

- ❑ Potrebna je istovremena prisutnost vlačnog naprezanja i posebni uvjeti okoliša (bazeni, primorske konstrukcije, naftne platforme).
- ❑ Naprezanja ne trebaju biti vrlo visoka u odnosu na granicu popuštanja materijala.
- ❑ Mogu nastati uslijed opterećenja ili početnih naprezanja u procesu izrade kao što su varenje ili oblikovanje.

METALNE KONSTRUKCIJE

OPĆA KOROZIJA

- ❑ jednoliko smanjenje debljine po površini korodiranog materijala
- ❑ puno manje ozbiljna kod nehrđajućih čelika nego kod ostalih
- ❑ zatražiti savjet inženjera specijaliziranog za područje korozije, posebno ukoliko nehrđajući čelik dolazi u kontakt s kemikalijama.



METALNE KONSTRUKCIJE

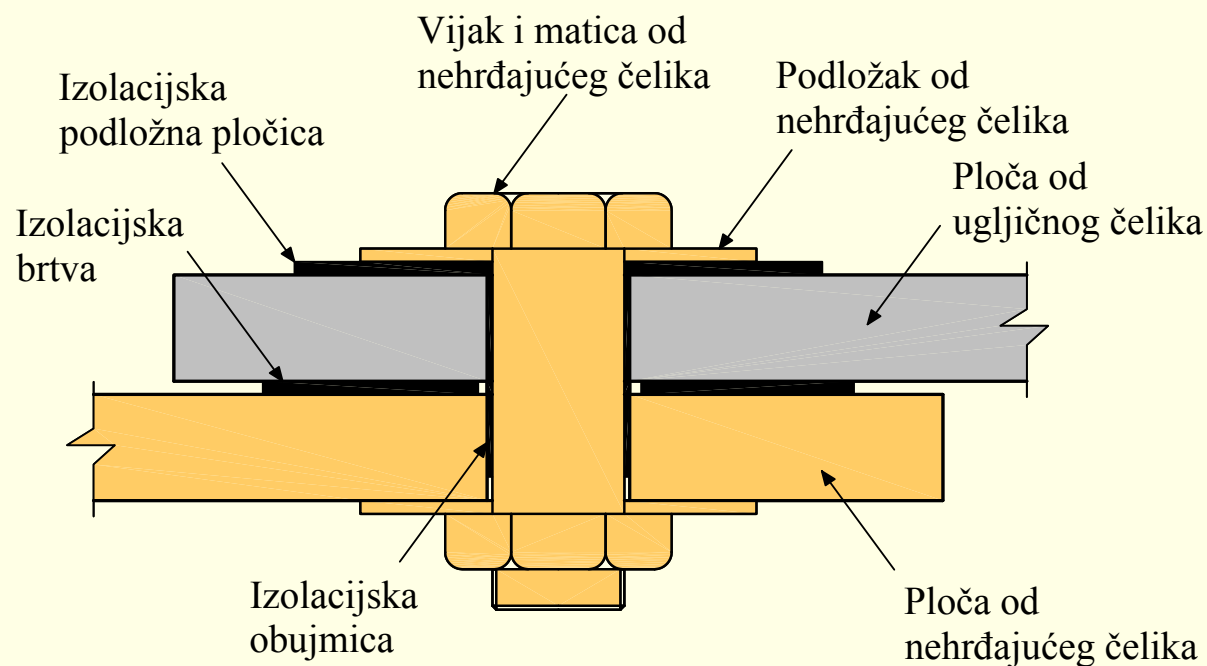
BIMETALNA (GALVANSKA) KOROZIJA



- ❑ Kada su različiti metali u električnom kontaktu u bilo kojem elektrolitu (kišnica, kondenzacija)
- ❑ Manje plemenit metal (anoda) će brže korodirati
- ❑ Stupanj korodiranja ovisi o
 - relativnim površinama metala u kontaktu,
 - temperaturi i
 - sastavu elektrolita.
- ❑ Što je veća površina katode u odnosu na anodu, veći je stupanj napada.

METALNE KONSTRUKCIJE

BIMETALNA (GALVANSKA) KOROZIJA



■ Izolacija oko vijčanih spojeva može se ostvariti:

- nevodljivom plastikom
- gumenom brtvom
- najlonskim ili teflonskim podloškama

METALNE KONSTRUKCIJE

ZAŠTITA

▣ PRIPREMA POVRŠINE

- mehaničko, kemijsko, otopinama i sl.



▣ IZVEDBA ZAŠTITE

- organski premazi (temeljni i završni),
- anorganske presvlake (emajliranje, fosfatiranje, bromiranje),
- metalne presvlake (cinčanje, galvaniziranje, metaliziranje),
- katodna zaštita.



- 3.4 -

MEHANIZMI RAZARANJA DRVENIH KONSTRUKCIJA

DRVENE KONSTRUKCIJE

- Uz pretpostavku dobrog poznavanja mehanizama razaranja konstrukcijskog drveta
- Uz odgovarajuću primjenu tehnologije zaštite od požara i truljenja

MOGUĆE JE IZVESTI
GRAĐEVINE
UPORABNOG VIJEKA I
100 GODINA



- Glavni izvori oštećenja:
 - Prirodno starenje
 - Biološka djelovanja (gljivice, insekti, bakterije)
 - Kemijska djelovanja
 - Mehanička djelovanja
 - Požar

DRVENE KONSTRUKCIJE

PRIRODNO STARENJE

- ❑ Kombinirano djelovanje vlage i izloženosti suncu
- ❑ Propadanje lignina, koji voda ispire iz drva – sivkasta boja
- ❑ smanjenje otpornosti na abraziju i tvrdoće



KEMIJSKA DJELOVANJA

- ❑ Oksidi sumpora i dušika prisutni u dimu u vlažnom okolišu prelaze u kiseline
- ❑ kiseline uzrokuju hidrolizu celuloze i odvajanje površinskih vlakana



DRVENE KONSTRUKCIJE

GLJIVICE

- Za razvoj moraju biti ispunjena 4. uvjeta:
 - drvo mora osiguravati hranu,
 - prisutnost kisika,
 - vlažnost (>20%),
 - odgovarajuća temperatura (20-30°C)
- Gljivice tvore u unutrašnjosti drva gustu mrežu bezbrojnih, mikroskopski tankih niti, koje proizvode enzime
- Enzimi razaraju celulozu i lignin tj. dvije najvažnije komponente drva.

DRVENE KONSTRUKCIJE

GLJIVICE



■ VLAŽNA TRULEŽ

- nastaje u drvu s visokim sadržajem vlažnosti.
- često na elementima izloženim vanjskim utjecajima, a koji nisu dovoljno zaštićeni premazima, na primjer na prozorima ili vratima.



■ SUHA TRULEŽ

- bitno opasnija
- karakteristična za vlažne, slabo zračene prostore.
- Zaraza se vrlo brzo širi, u potrazi za novim drvetom na kojem će se gljivice hraniti.

DRVENE KONSTRUKCIJE

GLJIVICE



■ SMEĐA TRULEŽ

- gljivični enzimi razaraju celulozu, lignin ostaje uglavnom nepromijenjen
- drvo poprima smeđu boju
- uzdužne i poprečne pukotine od skupljanja formiraju pravokutnike



■ BIJELA TRULEŽ

- razara i celulozu i lignin,
- boja drva uglavnom nepromijenjena
- praškasta ili vlaknasta struktura

DRVENE KONSTRUKCIJE

INSEKTI



- ❑ Koriste drvo kao izvor hrane ili stanište te ga oštećuju bušenjem
- ❑ Većina napada vlažno drvo, ali postoje vrste koje mogu uzrokovati oštećenja u manje ili više suhim uvjetima

DRVENE KONSTRUKCIJE

ZAŠTITA DRVA

- Za poboljšanje trajnosnih svojstava primjenjuju se
 - impregnacija,
 - zaštitni premazi,
 - kemijske promjene u strukturi drva.
- Primjer mjera za sprečavanje truljenja su:
 - vodootporni premazi,
 - izvedba nadstrešnice,
 - djelotvoran sustav odvodnje.

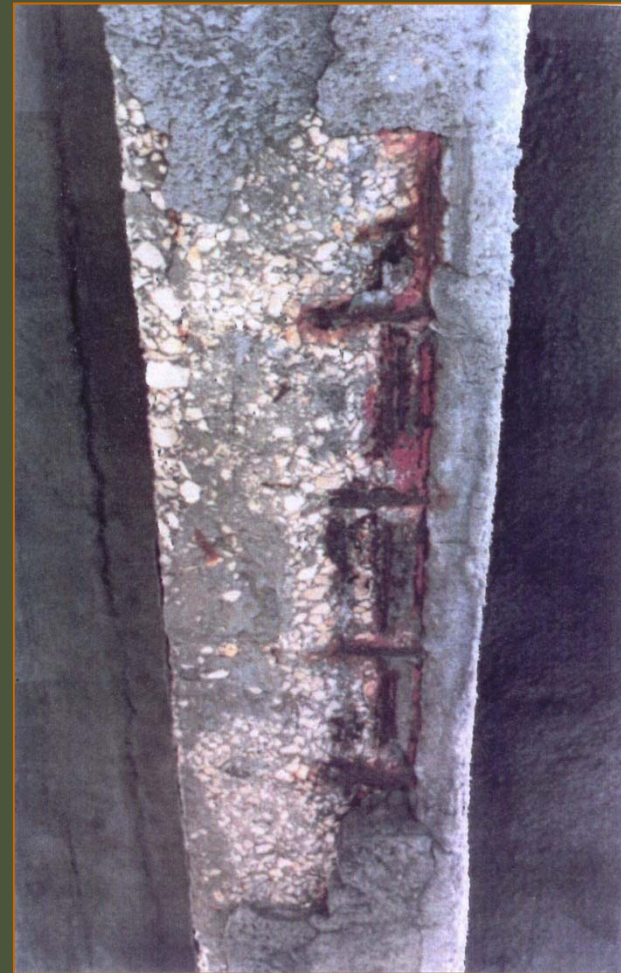
TRAJNOST KONSTRUKCIJA I



- dodatno -
PRIMJERI OŠTEĆENJA
KONSTRUKCIJA

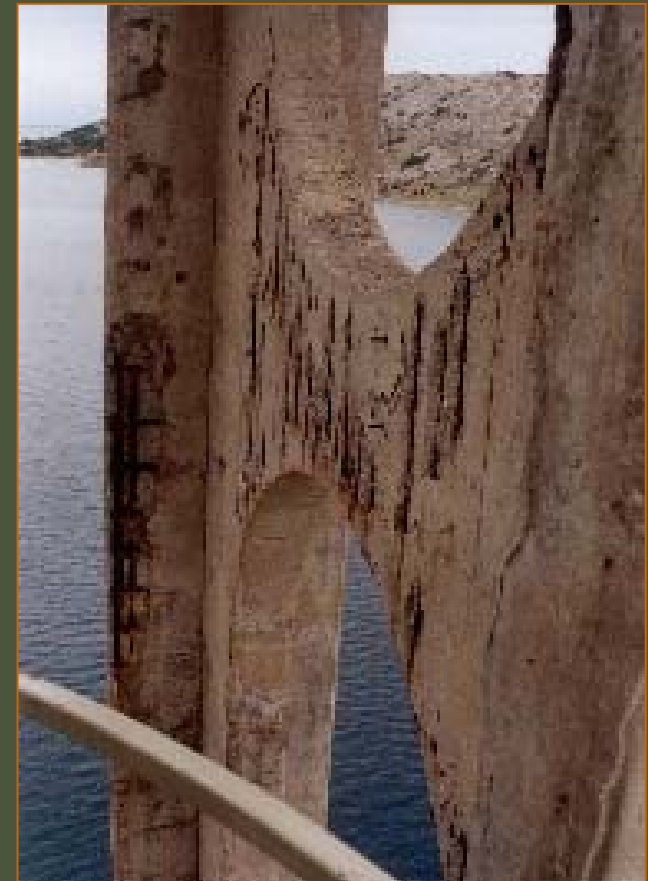
BETONSKE KONSTRUKCIJE

- ▣ Oštećenje glavnih nosača mosta uslijed korozije armature (Paški most)



BETONSKE KONSTRUKCIJE

- ▣ Oštećenje stupova mosta uslijed korozije armature (Krčki most)



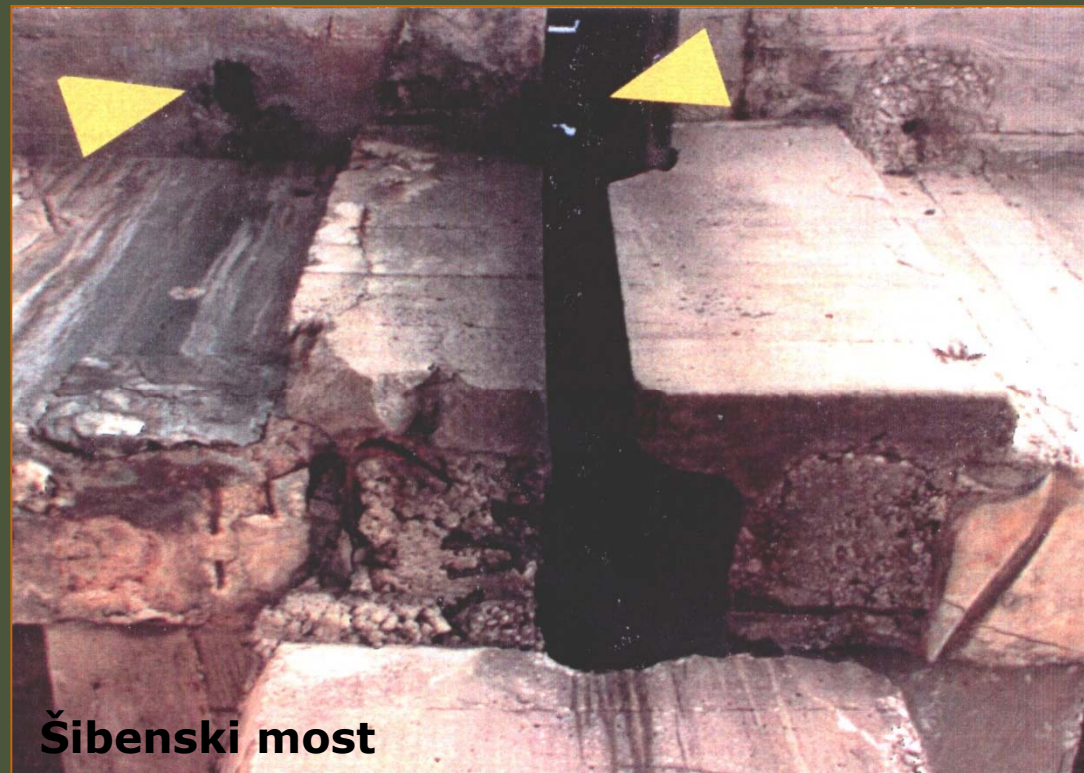
BETONSKE KONSTRUKCIJE

- ❑ Oštećenja uslijed procjeđivanja vode (loše riješena odvodnja)



BETONSKE KONSTRUKCIJE

- ❑ Rapucavanje betona
(loše rješenje oslanjanja nosača)



BETONSKE KONSTRUKCIJE



Nadvožnjak
Ivanić Grad

BETONSKE KONSTRUKCIJE



Nadvožnjak
Ivanić Grad

BETONSKE KONSTRUKCIJE

Nadvožnjak
Ivanić Grad



BETONSKE KONSTRUKCIJE

Nadvožnjak
Ivanić Grad



BETONSKE KONSTRUKCIJE

Nadvožnjak
Ivanić Grad



KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

▣ Oštećenja kolnika na mostu



OPREMA

▣ Oštećenja ležajeva mosta



Elastomerni ležaj:

- prekomjerne deformacije
- korozija čeličnih ploča



Valjkasti ležaj:

- korozija elemenata

OPREMA

▣ Oštećenja ograde mosta



Korozija čelične ograde



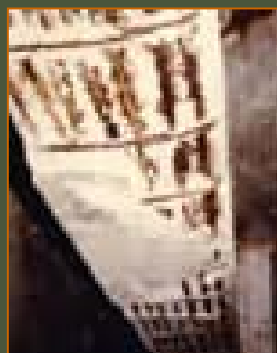
Propadanje betonske ograde od djelovanja soli za odmrzavanje

RAZLIČITE VRSTE PROPADANJA

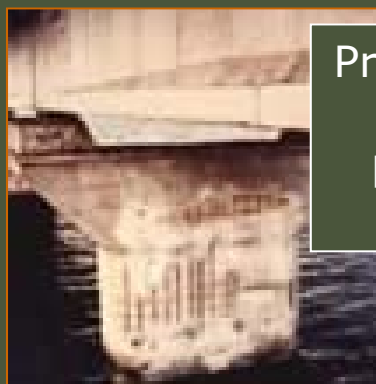


Propadanje uslijed smrzavanja

Propadanje uslijed kombinacije više utjecaja

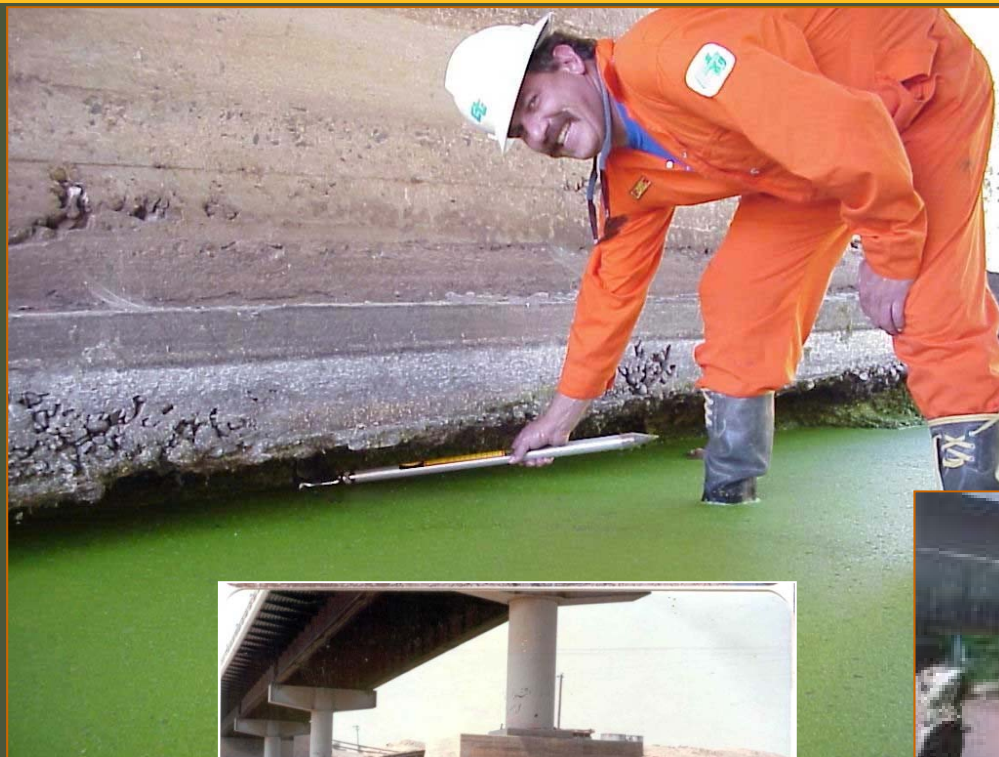


Propadanje uslijed karbonizacije



Propadanje uslijed prodora klorida

PODLOKAVANJE TEMELJA



ČELIČNE KONSTRUKCIJE



- ▣ Korozija čeličnih konstruktivnih elemenata



ČELIČNE KONSTRUKCIJE

Stupnjevi koroziije



Nema koroziije



Umjerena koroziija



**Vrlo izražena
koroziija**



ČELIČNE KONSTRUKCIJE

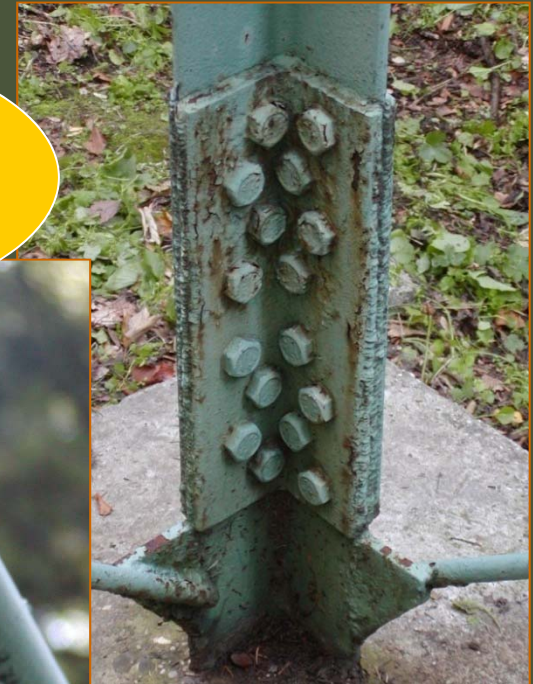
- Djelovanje otpadnih voda



ČELIČNE KONSTRUKCIJE



Antenski stup
Sljeme



ČELIČNE KONSTRUKCIJE



Antenski stup
Japetić

ČELIČNE KONSTRUKCIJE



TRAJNOST KONSTRUKCIJA I

ČELIČNE KONSTRUKCIJE



ČELIČNE KONSTRUKCIJE



ČELIČNE KONSTRUKCIJE



ČELIČNE KONSTRUKCIJE



DRVENE KONSTRUKCIJE



UF

KAMENE KONSTRUKCIJE



KAMENE KONSTRUKCIJE



TRAJNOST KONSTRUKCIJA I



– Sljedeće predavanje –

UTJECAJ PROJEKTIRANJA NA TRAJNOST
UTJECAJ IZVOĐENJA NA TRAJNOST