Tehnologije sanacije i izvanrednog održavanja armirano-betonskih konstrukcija infrastrukturnih objekata

Bratim, Gorki

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:157462

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-23**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

SVEUČILIŠTE SJEVER

SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN

DIPLOMSKI RAD BR. 13/GRD/2020

TEHNOLOGIJE SANACIJE I IZVANREDNOG ODRŽAVANJA ARMIRANO-BETONSKIH KONSTRUKCIJA INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA

Gorki Bratim 0849/336D

Varaždin, listopad 2020.

SVEUČILIŠTE SJEVER

SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN

Studij Graditeljstvo

DIPLOMSKI RAD BR. 13/GRD/2020

TEHNOLOGIJE SANACIJE I IZVANREDNOG ODRŽAVANJA ARMIRANO-BETONSKIH KONSTRUKCIJA INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA

Student:

Gorki Bratim, 0849/336D

Mentor

doc. dr. sc. Matija Orešković

Varaždin, listopad 2020.

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ diplomski sveučilišni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Gorki BRATIM | MATIČNI BROJ 0849/336D

DATUM 22.09.2020. | KOLEGIJ Revitalizacije, konzervacije i restauracije građevina

NASLOV RADA TEHNOLOGIJE SANACIJE I IZVANREDNOG ODRŽAVANJA ARMIRANO-BETONSKIH KONSTRUKCIJA INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU REHABILITATION TECHNOLOGIES AND EMERGENCY MAINTENANCE OF REINFORCED CONCRETE INFRASTRUCTURE

MENTOR dr.sc. Matija OREŠKOVIĆ | ZVANJE docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. prof.dr.sc. Božo SOLDO
2. doc.dr.sc. Matija OREŠKOVIĆ
3. doc.dr.sc. Aleksej ANISKIN
4. doc.dr.sc. Danko MARKOVINOVIĆ
5.

Zadatak diplomskog rada

BROJ 13/GRD/2020

OPIS

Potrebno je prikazati nužnost ispravnog planiranja, detektiranja, obrade, projektiranja i u konačnici izvođenja sanacijskih radova prvenstveno u području infrastrukturnih objekata s posebnim osvrtom na moderne tehnologije koje se mogu i trebaju primjenjivati. Rad generalno sadrži:
UVOD
TRAJNOST ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJA
PRORAČUNSKI UPORABNI VIJEK KONSTRUKCIJA PREMA HRN EN 1990:2008
ODREĐIVANJE RAZREDA IZLOŽENOSTI BETONA PREMA HRN EN 206-1:2006 I EN 1992-1-1:2005
UZROCI OŠTEĆENJA
PREGLEDI OBJEKTA
REDOVNO ODRŽAVANJE KONSTRUKCIJA
SUVREMENE TEHNOLOGIJE IZVOĐENJA SANACIJSKIH RADOVA
PRIMJERI IZVANREDNOG ODRŽAVANJA INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA S OSVRTOM NA NAJBITNIJE KONSTRUKTIVNE ELEMENTE
ZAKLJUČAK

ZADATAK URUČEN 30.10.2020. | POTPIS MENTORA

REPUBLIKA HRVATSKA 4 SVEUČILIŠTE SJEVER POVJERENICA SVEUČILIŠTE SJEVER

SAŽETAK

Sanacija građevina je nužna potreba čovjeka koja seže od kamenog doba. Razvojem graditeljstva razvijale su se i modernizirale tehnike sanacija konstrukcija, kako u visokogradnji tako i u niskogradnji. Općenito se u sanacijama najveća pažnja posvećuje obnovi odnosno očuvanju mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcija dok se vrlo malo pažnje posvećuje kompatibilnosti korištenih materijala i odabiru ispravne tehnologije zavisno o vrsti i namjeni konstrukcije. Također se često zanemaruje važnost planiranja, pregledavanja i ispravnog detektiranja problema građevina.

Ovim radom prikazuje se nužnost ispravnog planiranja, detektiranja, obrade, projektiranja i u konačnici izvođenja sanacijskih radova prvenstveno u području infrastrukturnih objekata, s posebnim osvrtom na moderne tehnologije koje se mogu i trebaju primjenjivati.

Ključne riječi: održavanje, sanacija, hidrodemoliranje, reprofilacija, injektiranje, zaštita

SADRŽAJ

SAŽETAK.....3
SADRŽAJ.....5
1. UVOD1
1.1. Prednosti i nedostaci betona.....1
1.2. Trajnost armirano-betonskih konstrukcija.....3
1.3. Proračunski uporabni vijek konstrukcija prema HRN EN 1990:2008.....5
1.4. Određivanje razreda izloženosti prema HRN EN 206-1:2006 i EN 1992-1-1:2005.....6
1.5. Minimalni zaštitni slojevi betona.....9
1.6. Shema mjerodavnih razreda izloženosti.....10
1.7. Uzroci oštećenja.....11
2. PREGLEDI GRAĐEVINA.....17
3. ISTRAŽNI RADOVI I OCJENA STANJA.....21
4. REDOVNO ODRŽAVANJE KONSTRUKCIJA.....23
5. PROJEKTIRANJE SANACIJSKIH RADOVA.....28
6. SUVREMENE TEHNOLOGIJE IZVOĐENJA SANACIJSKIH RADOVA..29
6.1. Pripremni radovi.....29
6.2. Radovi uklanjanja.....30
6.3. Konstruktivni sanacijski radovi.....33
6.3.1. Reprofilacija..... 33
6.3.2. Injektiranje pukotina..... 36
6.3.3. Estetsko-zaštitni radovi..... 42
7. PRIMJERI IZVANREDNOG ODRŽAVANJA INFRASTRUKTURNIH GRAĐEVINA S OSVRTOM NA NAJBITNIJE KONSTRUKTIVNE ELEMENTE.....46
7.1. Sanacija mosta Golinje na DC 31 u mjestu Donje Taborište.....46
7.1.1. Tehnologija izvođenja radova:..... 46
7.2. Sanacija mosta Slunj preko rijeke Korane na državnoj cesti D1.....50

7.2.1. Tehnologija izvođenja radova 50
7.3. Sanacija sekundarne obloge tunela Vidovci na autocesti Zagreb – Macelj 54
7.3.1. Tehnologija izvođenja radova 54
7.4. Sanacija mosta Galdovo na državnoj cesti DC36.....59
7.4.1. Tehnologija izvođenja radova 59
7.5. Sanacija nadvožnjaka Zabok na autocesti Zagreb – Macelj.....63
7.5.1. Tehnologija izvođenja radova 63
8. ZAKLJUČAK 71
9. IZJAVA O AUTORSTVU.....73
10. LITERATURA.....74
11. POPIS SLIKA 77
12. POPIS TABLICA.....81

1. UVOD

Beton je materijal koji se upotrebljava dugi niz godina. Po definiciji, beton je građevinski materijal spravljen od mješavine cementa, agregata, vode i zraka. Prva upotreba cementa kao hidrauličkog veziva zabilježena je 1756. godine (John Smeaton), dok je prva upotreba armiranog betona zabilježena 1849. godine (Joseph Monier).

1.1. Prednosti i nedostaci betona

Beton kao materijal je iznimno zahvalan za korištenje jer se može lako oblikovati a ima mogućnost preuzimanja velikih tlačnih sila. Upotrebom betona uvidjelo se, međutim, da unatoč svojim prednostima ima iznimno malu vlačnu nosivost, što je i dovelo do upotrebe armature u betonu odnosno do pojave armiranog betona.

Beton je poslije vode najčešće upotrebljavan materijal na svijetu.

Prednosti:

- proizvodi se od sirovina koje su lako dostupne i jeftine
- niski troškovi proizvodnje
- iznimno dobro podnosi tlačna naprezanja
- prilikom očvršćivanja postiže veliku prionjivost za armaturu
- štiti armaturu od korozije
- u kombinaciji s armaturom ima visoku tlačnu i vlačnu nosivost
- beton i armatura imaju slične toplinske koeficijente pa su samim time naprezanja pri temperaturnim promjenama neznatna
- nije zapaljiv
- lako se ugrađuje i oblikuje
- dobro prigušuje vibracije
- trajan materijal

Nedostaci betona:

- proizvodnja zahtijeva velike troškove energije
- zagađuje atmosferu (4 – 8 % svjetske zagađenosti CO^2)
- velik utrošak vode (l/10 svjetske potrošnje industrijske vode)
- velika vlastita težina
- provodljivost topline i zvuka
- teško naknadno utvrđivanje armature
- potrebna stručna radna snaga
- teška naknadna adaptacija
- nestabilnost izazvana skupljanjem i puzanjem
- osjetljivost na niske i visoke temperature prilikom gradnje
- korodiranje armature
- neotpornost na smrzavanje i odmrzavanje
- pukotine
- osjetljivost očvrsnulog betona na visoke temperature (>250°C)

Usporedbom prednosti i nedostataka evidentno je kako su nedostaci značajni te ukazuju na osjetljivost odnosno problematičnost betona kao građevinskog materijala.

PROIZVODNJA CEMENTA U SVIJETU							
GODINA							
2012	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
KOLIČINA U MILIJARDAMA TONA							
3800	4080	4180	4100	4100	4050	4050	4100

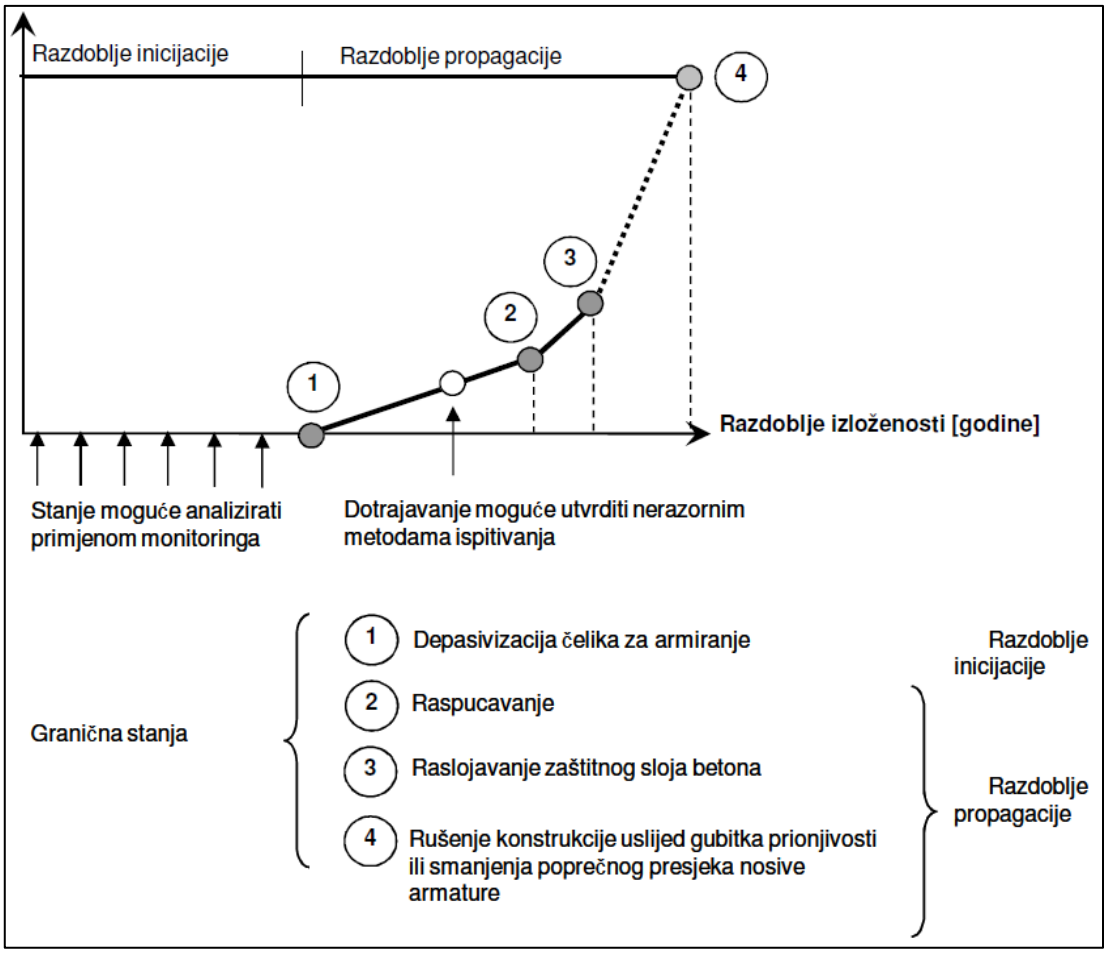
Tablica 1. Usporedba proizvodnje cementa po godinama

1.2. Trajnost armirano-betonskih konstrukcija

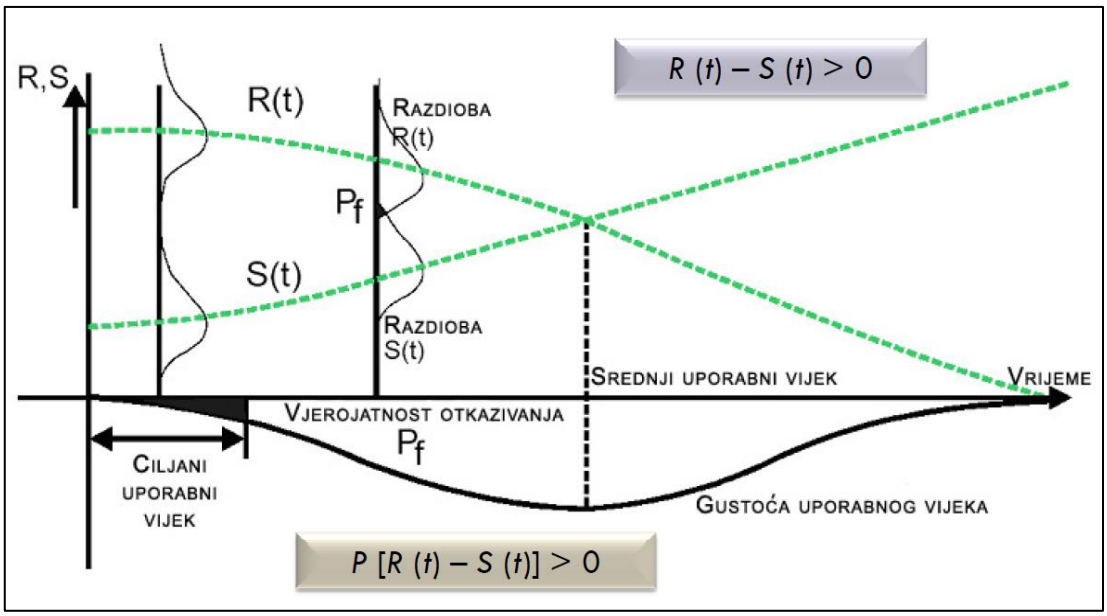
Pojam trajnosti konstrukcije podrazumijeva vrijeme u kojem ona zadovoljava sigurnosne i uporabne projektirane vrijednosti. Trajnost konstrukcije može biti narušena kemijskim i/ili mehaničkim djelovanjem.

Djelovanja koja utječu na trajnost konstrukcije:

- djelovanje kemijskih reakcija uzrokovanih štetnim tvarima iz okoline i produktima kemijskih reakcija unutar betona
- djelovanje štetnih tvari koje penetriraju u beton kroz poroznu strukturu tijekom gradnje ali i tijekom korištenja konstrukcije
- pojava naprezanja unutar betona uslijed temperaturnih promjena, kao i uslijed djelovanja raznih vanjskih opterećenja
- kvaliteta upotrijebljenih materijala
- tehnologija korištena prilikom gradnje
- stručnost tehničkog osoblja i radne snage
- kontrola kvalitete



Slika 1. Trajnost konstrukcije u odnosu na granično stanje



Slika 2. Probabilistička procjena uporabnog vijeka

1.3. Proračunski uporabni vijek konstrukcija prema HRN EN 1990:2008

Razred	Zahtijevani proračunski uporabni vijek [godine]	Primjer
1	10	Privremene konstrukcije (npr. skele)
2	10 – 25	Zamjenjivi dijelovi konstrukcije (npr. grede pokretnih kranova)
3	15 – 30	Poljoprivredne i slične konstrukcije (npr. konstrukcije za smještaj životinja)
4	50	Konstrukcije zgrada ili druge uobičajene konstrukcije (npr. bolnice, škole)
5	100	Monumentalne građevine, mostovi i druge inženjerske konstrukcije (npr. crkve)

Tablica 2. Proračunski uporabni vijek konstrukcija

1.4. Određivanje razreda izloženosti prema HRN EN 206-1:2006 i EN 1992-1-1:2005

Razred	Opis okoliša	PREPORUČENE GRANIČNE VRIJEDNOSTI SASTAVA I SVOJSTAVA BETONA
1. Nema rizika korozije		
X0	Bez rizika djelovanja.	Elementi bez armature u neagresivnom okolišu (npr. nearmirani temelji koji nisu izloženi smrzavanju i odmrzavanju, nearmirani unutarnji elementi). Za beton s armaturom ili ugrađenim metalom: vrlo suho.
2. Korozija uzrokovana karbonatizacijom		
Kada je beton s armaturom ili drugim ugrađenim metalom izložen zraku i vlagi, izloženost treba svrstati u razrede kako slijedi:		
XC1	Suho ili trajno vlažno	Elementi u prostorijama uobičajene vlažnosti zraka (uključujući kuhinje, kupaonice, praonice rublja u stambenim zgradama); elementi stalno uronjeni u vodu
XC2	Vlažno, rijetko suho	Dijelovi spremnika za vodu; dijelovi temelja
XC3	Umjerena vlažnost	Dijelovi do kojih vanjski zrak ima stalni ili povremeni pristup (npr. zgrade otvorenih oblika, tipa-šed); prostorije s atmosferom visoke vlažnosti (npr. javne kuhinje, kupališta, praonice, vlažni prostori zatvorenih bazena za kupanje...)
XC4	Cikličko vlažno i suho	Vanjski betonski elementi izravno izloženi kiši; elementi u području prskanja vodom (slatkovodna jezera i/ili rijeke)
3. Korozija uzrokovana kloridima koji nisu iz mora		
Kada je beton, koji sadrži armaturu ili drugi ugrađeni materijal, u dodiru s vodom koja sadrži kloride, uključujući soli za odmrzavanje, koji nisu iz mora, klase izloženosti treba klasificirati kako slijedi:		
XD1	Umjerena vlažnost	Područja prskanja vode s prometnih površina; privatne garaže

XD2	Vlažno, rijetko suho	Bazeni za plivanje i kupališta; elementi izloženi industrijskim vodama koje sadrže kloride
XD3	Cikličko vlažno i suho	Elementi izloženi prskanju vode s prometnih površina na koja se nanose sredstva za odleđivanje; parkirališne ploče bez zaštitnog sloja b)
4. Korozija uzrokovana kloridima iz morske vode		
Kada je beton koji sadrži armaturu ili drugi ugrađeni metal u dodiru s kloridima iz morske vode ili solima iz mora nošenim zrakom, klase izloženosti treba klasificirati kako slijedi:		
XS1	Izložen solima iz zraka, ali ne u izravnom dodiru s morskom vodom	Vanjski elementi u blizini obale
XS2	Stalno uronjeno	Stalno uronjeni elementi u lukama
XS3	U zonama plime i oseke i prskanja vode	Zidovi lukobrana i molova
5. Korozija uzrokovana smrzavanjem i odmrzavanjem sa sredstvima za odmrzavanje ili bez njih		
Kada je beton izložen značajnom djelovanju smrzavanja i odmrzavanja u vlažnom stanju, klase izloženosti treba klasificirati kako slijedi:		
XF1	Umjereno zasićenje vodom, bez sredstva za odmrzavanje	Vanjski elementi
XF2	Umjereno zasićenje vodom, sa sredstvom za odmrzavanje ili morska voda	Područja prskanja vode s prometnih površina, sa sredstvom za odleđivanje (ali drukčije od onog za XF4); područje prskanja morskom vodom
XF3	Jako zasićenje vodom, bez sredstva za odmrzavanje	Otvoreni spremnici za vodu, elementi u području prskanja vodom (slatkovodna jezera i/ili rijeke)

XF4	Jako zasićenje vodom, sa sredstvom za odmrzavanje ili morskom vodom	Prometne površine tretirane sredstvima za odmrzavanje; pretežno vodoravni elementi izloženi prskanju vode s prometnih površina na koja se nanose sredstva za odleđivanje; parkirališne ploče bez zaštitnog sloja b); elementi u području morske plime; mjesta na kojima može doći do struganja u postrojenjima za tretiranje voda iz kanalizacije
6. Kemijska korozija[d)]		
Kada je beton izložen kemijskom djelovanju koje se javlja iz prirodnog tla i podzemne vode kako je dano u tablici 2-2, klase izloženosti treba klasificirati kako dolje slijedi. Klasifikacija morske vode ovisi o geografskoj lokaciji, pa treba primijeniti klasifikacije važeće na mjestu korištenja betona.		
XA1	Slabo kemijski agresivna okolina	Spremnici u postrojenjima za tretiranje voda iz kanalizacije, spremnici tekućih umjetnih gnojiva
XA2	Umjereno kemijski agresivni okoliš	Betonski elementi u dodiru s morskom vodom; elementi u agresivnom tlu
XA3	Jako kemijski agresivni okoliš	Kemijski agresivne vode u postrojenjima za tretiranje otpadnih voda; spremnici za silažu i korita (žljebovi) za hranjenje životinja; rashladni tornjevi s dimnjacima za odvođenje dimnih plinova
7. Beton izložen habanju		
XM1	Umjereno habanje	Elementi industrijskih konstrukcija izloženi prometu vozila s pneumatskim gumama na kotačima
XM2	Znatno habanje	Elementi industrijskih konstrukcija izloženi prometu viličara s pneumatskim ili tvrdim gumama na kotačima
XM3	Ekstremno habanje	Elementi industrijskih konstrukcija izloženi prometu viličara s pneumatskim gumama ili čeličnim kotačima; hidrauličke konstrukcije u vrtložnim (uzburkanim) vodama (npr. bazeni za destilaciju); površine izložene prometu gusjeničara

a) Podaci o vlazi odnose se na uvjete unutar zaštitnog sloja. Može se općenito pretpostaviti da su uvjeti unutar zaštitnog sloja isti kao uvjeti okoline kojem je element izložen. Međutim, to nije nužno slučaj ako postoji barijera za sprječavanje isparavanja između betona i okoliša.
b) Takve ploče zahtijevaju dodatnu površinsku zaštitu kao što je sloj za prekrivanje pukotina.
c) Prvi niži razred čvrstoće ako se odabire aerirani beton za razred XF.
d) Vidjeti HRN EN 206-1, tablicu 2 za granične vrijednosti komponenata, sastava i svojstava betona.

Tablica 3. Razredi izloženosti konstrukcija

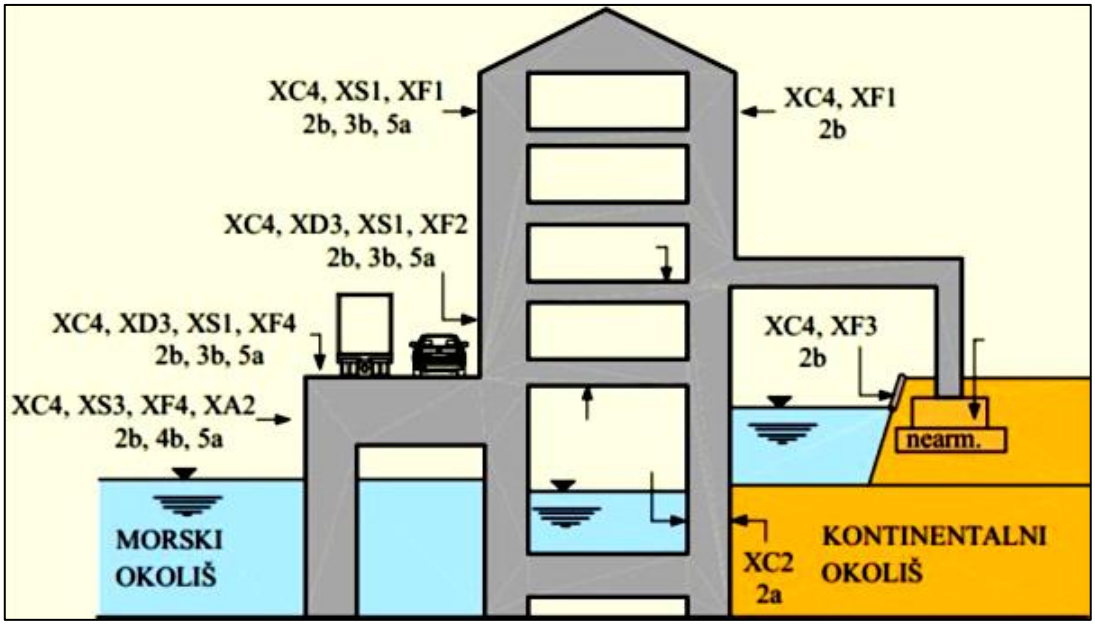
1.5. Minimalni zaštitni slojevi betona

	Razred izloženosti	1	2
		Najmanji zaštitni sloj, c_{min} [a) b)] za armaturu (mm)	Dopuštena odstupanja zaštitnog sloja Δc_{dev} (mm)
1	XC1	20	10
2	XC2	35	15
	XC3	35	
	XC4	40	
3	XD1	55	
	XD2		
	XD3 [c)]		
4	XS1	55	
	XS2		
	XS3		

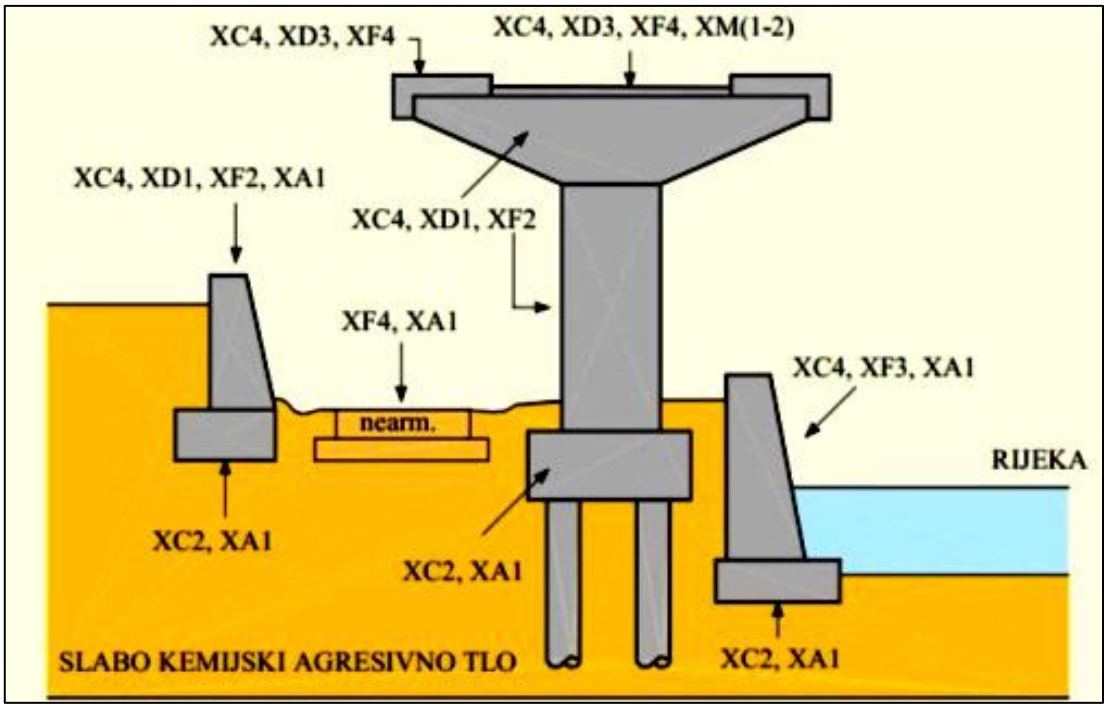
a) Ako su elementi izvedeni od betona za dva razreda više od najmanjeg razreda specificirana u tablici 1, zaštitni sloj može se smanjiti za 5 mm. Ovo, međutim, ne vrijedi za razred izloženosti XC1. b) Ako se beton na mjestu (in-situ) veže s betonom predgotovljenog elementa, zaštitni sloj na tom spoju može se smanjiti do 5 mm u predgotovljenom elementu i do 10 mm u betonu na mjestu. Ipak, pravila specificirana u točki H.3.5.2. d), za osiguranje prianjanja, moraju se poštovati ako je armatura potpuno iskorištena u fazi izvedbe. c) U nekim slučajevima armatura će trebati posebnu zaštitu od korozije.

Tablica 4. Minimalni zaštitni slojevi betona

1.6. Shema mjerodavnih razreda izloženosti



Slika 3. Mjerodavni razredi izloženosti višekatne zgrade



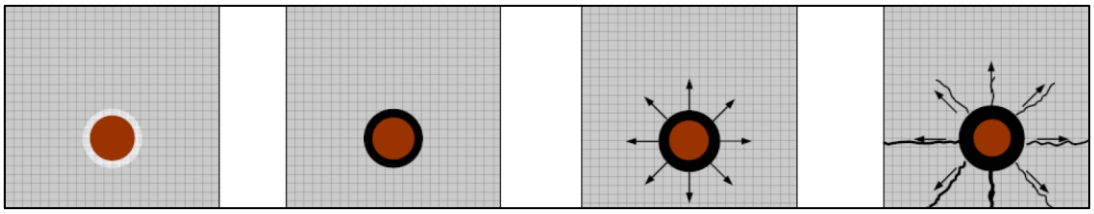
Slika 4. Mjerodavni razredi izloženosti na mostove, cestovne građevine, obalne i potporne zidove

1.7. Uzroci oštećenja

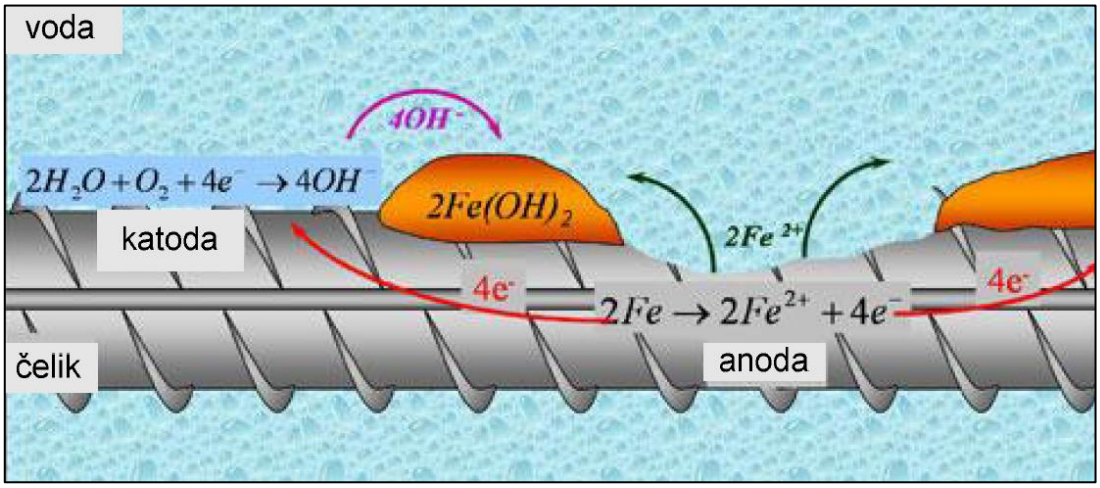
Oštećenja armirano-betonskih konstrukcija nastaju kao posljedica odnosno kombinacija kemijskih, bioloških, mehaničkih ili ljudskih djelovanja.

Veličina djelovanja može biti takva da uzrokuje različite stupnjeve oštećenja sve do samog sloma konstrukcije. Analizom nastalih oštećenja kod armirano-betonskih konstrukcija nedvojbeno je utvrđeno kako ista progresivno rastu protekom vremena. Također, većina oštećenja betonskih konstrukcija uzrokovana je početnim mehaničkim oštećenjima te daljnjim kemijskim djelovanjima je potpomognuto propadanje. Navedeno je posebno vidljivo na prometnim građevinama u kontinentalnom pojasu koje su znatno oštećenije od građevina starijeg datuma u mediteranskom pojasu (naravno, koje nisu u maritimnom okruženju).

Slika 5. Uzroci nedostataka u AB konstrukcijama



Slika 6. Povećanje volumena uslijed djelovanja korozije



Slika 7. Proces karbonatizacije betona

Oznaka kategorije oštećenja	Karakter oštećenja	Glavna obilježja oštećenja	Potrebne mjere
0	Nema oštećenja	-	-
I	Manja oštećenja, kao posljedica izvedbe	površinske nepravilnosti lasaste pukotine u betonu (npr. od skupljanja)	-
II	Manja oštećenja, kao posljedica eksploatacije	površinske pukotine odvajanje površinske skramice	Eventualna zaštita površinskim sustavima – premazi, impregnacije
III	Oštećenja koja dugoročno smanjuju trajnost građevine – razvoj procesa u zaštitnom sloju armature	mrežaste pukotine u zaštitnom sloju betona kontaminacija betona zaštitnog sloja (prodor klorida, dealkalizacija) ljuskanje betona uslijed djelovanja mraza i soli	Potreban je popravak u zoni zaštitnog sloja (do dubine cca 2 cm) i površinska zaštita
IV	Oštećenja koja u dogledno vrijeme smanjuju pouzdanost građevine	ljuštenje zaštitnog sloja betona vidljivi tragovi korozije armature smanjivanje poprečnog presjeka armature	Popravak je odmah potreban. Provodi se u zoni do iza armature (do dubine 7-8 cm) + površinska zaštita
V	Oštećenja koja predstavljaju veću opasnost za sigurnost građevine	odlamanje zaštitnog sloja betona uznapredovala korozija armature (vidljivo) značajno smanjenje poprečnog presjeka armature	Potrebna je hitna intervencija, a prema potrebi i ograničenje i zatvaranje prometa. Uklanjanje svog kontaminiranog betona, popravak ili zamjena armature. Ugradnja novog betona – minimalno u zoni do iza armature + površinska zaštita

Slika 8. Sustav kategorizacije oštećenja prema DIN 1076

Slika 9. Oštećenje kolničke ploče mosta Klanac kod Gospića

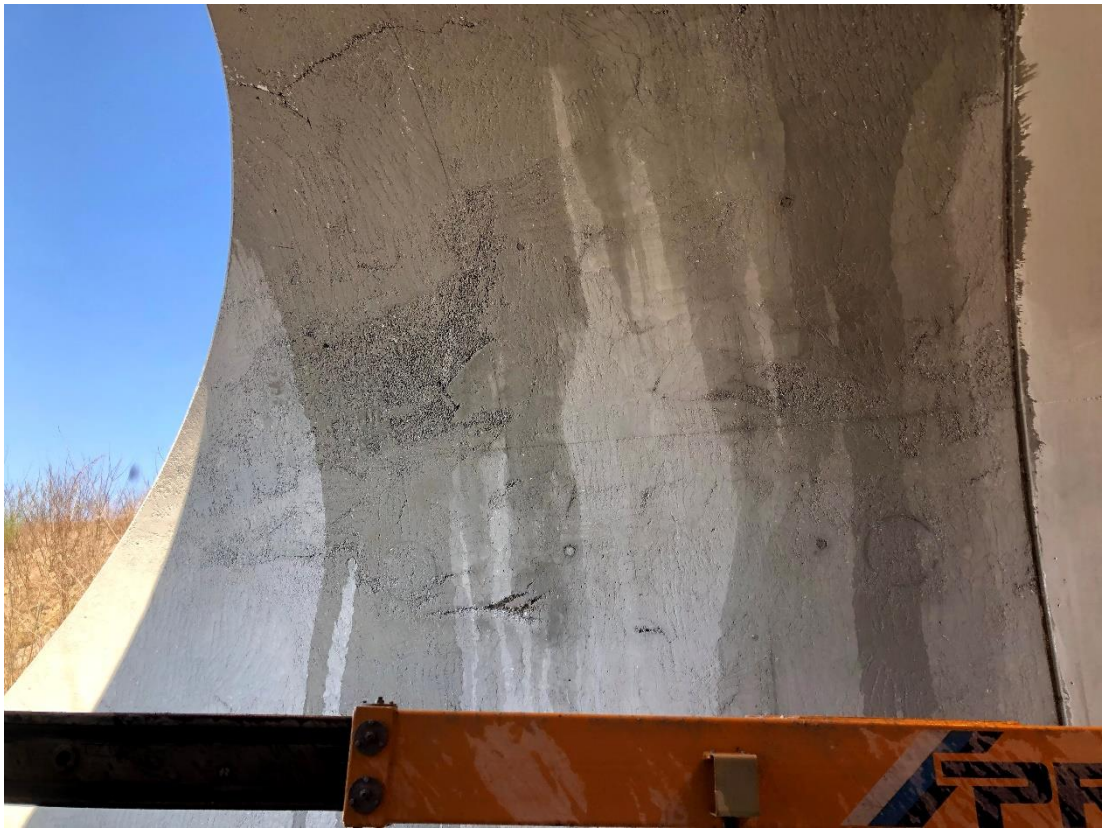
Slika 10. Oštećenje rasponske konstrukcije mosta u Janafu u Omišlju

Slika 11. Oštećenje stropne ploče vodospreme Visoka III u Splitu

Slika 12. Oštećenje hodnika u zoni prijelazne naprave na mostu Kračevac

Slika 13. Oštećenje konzole hodnika mosta Slunj

Slika 14. Oštećenja na mostu Gospić



Slika 15. Oštećenja tunelske obloge

2. PREGLEDI GRAĐEVINA

Pregledi infrastrukturnih građevina su godinama zanemarivani u procesu održavanja. Nedostatak educiranih kadrova, nebriga vlasnika te općenito nedostatak svijesti o važnosti redovnih i izvanrednih pregleda dovelo je do stanja konstrukcija kakvi su danas. Nažalost, ili na našu sreću, nedavni tragični događaji u Italiji – rušenje mosta Morandi u Genovi 14. kolovoza 2018. godine potaknuo je vlasnike infrastrukturnih građevina da više sredstava i pažnje posvete pregledima.

Zakonodavac je Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije NN 17/2017 u stavku IV. Održavanje građevinskih konstrukcija propisao učestalost, vrstu i obim pregleda građevinskih konstrukcija.

Gore navedeni stavak zakona u člancima 21., 22. i 23. propisuje sljedeće:

Članak 21.

(1) U okviru redovitog održavanja građevinske konstrukcije provode se redoviti pregledi, koji se s obzirom na vremenske intervale provođenja pregleda i obim radnji provode kao:

1. osnovni pregledi koji obuhvaćaju minimalno radnje iz članka 23. stavka 1. ovoga Propisa
2. glavni pregledi koji obuhvaćaju minimalno radnje iz članka 23. stavka 2. ovoga Propisa
3. dopunski pregledi koji se provode za pojedine građevinske konstrukcije sukladno posebnim pravilima propisanim ovim Propisom za pojedine vrste konstrukcija.

(2) Izvanredno održavanje građevinske konstrukcije provodi se poslije izvanrednih događaja, sukladno odredbama posebnog propisa koji uređuje održavanje građevina.

(3) Osim za građevine koje se s obzirom na zahtjevnost postupka u vezi s gradnjom prema odredbama Zakona o gradnji svrstavaju u građevine 1., 2. i 3. skupine, vlasnik je dužan i za građevine sa složenim građevinskim konstrukcijama iz članka 19. stavka 3. ovoga Propisa, izraditi plan i program održavanja koji određuje koje će se radnje redovitog održavanja provoditi u razdoblju od pet godina, uzimajući u obzir pripadne specifičnosti građevine.

(4) Za građevine sa složenim građevinskim konstrukcijama, vlasnik građevine mora voditi i čuvati dokumentaciju o održavanju u kontinuitetu rednih brojeva i datuma provedenih radnji, koja sadrži sve podatke o izvršenim pregledima i provedenim radovima, podatke o svojstvima građevnih proizvoda koji su ugrađeni u konstrukciju tijekom održavanja, radovima na ugradnji, izvješćima o ispitivanjima koja su provedena tijekom održavanja, osobama koje su provodile održavanje, projektima koji su izrađeni u svrhu održavanja građevine te ostaloj dokumentaciji kojom je tijekom održavanja građevinske konstrukcije bilo potrebno dokazati uporabljivost konstrukcije.

Učestalost pregleda građevinskih konstrukcija

Članak 22.

Vremenski razmak između pojedinih redovitih pregleda građevinske konstrukcije ne smije biti duži od:

1. osnovni pregledi – 1 godina (odnosno kraće prema pravilima danim posebnim dijelovima ovog Propisa za pojedine vrste konstrukcija)
2. glavni pregledi – 10 godina za zgrade, a 5 godina za mostove, tornjeve i druge inženjerske građevine
3. dopunski pregledi – prema posebnim pravilima propisanim ovim Propisom za pojedine vrste konstrukcija.

Sadržaj pregleda građevinskih konstrukcija

Članak 23.

(1) Osnovni pregledi građevinskih konstrukcija iz članka 21. stavka 1. podstavka 1. ovoga Propisa, kojima je svrha utvrđivanje općeg stanja konstrukcije, moraju obuhvatiti uvid u raspoloživu dokumentaciju i vizualni pregled stanja glavnih elemenata konstrukcije koji su bitni za nosivost i otpornost na požar konstrukcije u cjelini te za pravilno funkcioniranje građevine (spojevi glavnih nosivih elemenata, potporni elementi, glavni nosači, zatege, i sl.), a čijim otkazivanjem može biti ugrožena sigurnost korisnika građevine i/ili prouzročena značajna materijalna šteta.

(2) Glavni pregledi građevinskih konstrukcija iz članka 21. stavka 1. podstavka 2. ovoga Propisa, kojima je svrha utvrđivanje stanja konstrukcije i materijala, obavezno moraju obuhvatiti kontrolu:

– temelja – pregled stanja dostupnih dijelova temelja, a za temelje u vodi i podvodni pregled te posrednu kontrolu putem provjere ispravnosti geometrije ostalih dijelova građevine

– stanja elemenata nosive konstrukcije – detaljan pregled obavezan je za elemente konstrukcije koji su bitni za nosivost konstrukcije u cjelini te za pravilno funkcioniranje građevine (spojevi glavnih nosivih elemenata, potporni elementi, glavni nosači, zatege, i sl.), a čijim otkazivanjem može biti ugrožena sigurnost korisnika građevine i/ili prouzročena značajna materijalna šteta

– geometrije konstrukcije, koja je obavezna za sve one dijelove čija bi promjena oblika ili dimenzija u odnosu na izvorno izvedeno stanje mogla utjecati na sigurnost ili funkcionalnost građevine

– stanja ležajeva i oslonaca – pravilnost položaja, pritegnutost, čistoća, oštećenja i funkcionalnost

– stanja zaštite od korozije

– stanja otpornosti na požar (premazi, zaštitne obloge, zaštitni slojevi, i sl.)

– stanja sustava za odvodnju i drenažu

– stanja priključaka instalacija i opreme na elemente konstrukcije

– brtvljenja odnosno provjetravanja kod sandučastih elemenata

– stanja elemenata za osiguranje konstrukcije i ljudi, kao što su ograde, penjalice, leđnici, vodilice i

– ugrađene opreme za opažanje i mjerenje ponašanja građevinske konstrukcije (monitoring).

(3) Kod provedbe osnovnih pregleda iz stavka 1. ovoga članka, ukoliko se utvrde nedostaci koji mogu imati utjecaja na ispunjavanje zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti te otpornosti na požar, potrebno je provesti dodatne kontrole i ispitivanja.

(4) Kod provedbe glavnih pregleda konstrukcije, utvrđivanje činjenica iz stavka 2. ovoga članka provodi se vizualnim pregledom, mjerenjima, ispitivanjima te uvidom u dokumentaciju građevine, uređaja i opreme (projektna dokumentacija,

građevinski dnevnik, izjave, potvrde, izvješća, fotodokumentacija, nalozi, zapisnici, otpremnice, i sl.) te na drugi prikladan način.

(5) Ako se pregledom utvrde nedostaci u tehničkim svojstvima građevinske konstrukcije, mora se provesti naknadno dokazivanje da građevinska konstrukcija u zatečenom stanju ispunjava minimalno zahtjeve propisa i pravila u skladu s kojima je projektirana i izvedena.

(6) U slučaju da se pokaže da zatečena tehnička svojstva građevinske konstrukcije ne zadovoljavaju zahtjeve propisa i pravila u skladu s kojima je konstrukcija projektirana i izvedena, potrebno je provesti zahvate (popravci, sanacija, adaptacija, rekonstrukcija) kojima se tehnička svojstva građevinske konstrukcije dovode na razinu koja zadovoljava minimalno zahtjeve tih propisa i pravila, ili je ukloniti.

(7) Za provedbu zahvata iz stavka 6. ovoga članka potrebno je izraditi odgovarajući projekt.

Nastavno na navedeni propis bitno je napomenuti kako je i prijašnjim propisima postojala zakonska obveza pregleda građevinskih konstrukcija te kako problem nije postojao u smislu zakonskog okvira ili nedorečenosti istoga.

3. ISTRAŽNI RADOVI I OCJENA STANJA

Preduvjet za bilo kakav sanacijski zahvat je provedba istražnih radova te ocjena stanja konstrukcije na temelju tih radova. Problem u većini slučajeva u Hrvatskoj je što vlasnici i upravljači građevina nisu dovoljno ekipirani educiranim kadrom, pa brigu posvećuju uglavnom posvećuju premalo pažnje mehaničkoj otpornosti i stabilnosti. Navedeno ponašanje uzrokuje progresivno propadanje konstrukcija i enormne troškove izvanrednog održavanja. Obim istražnih radova u našoj regulativi nije precizno definiran već ovisi o procjeni vlasnika (naručitelja) koji iste određuje na osnovu vlastitog iskustva ili iskustva tvrtke koju angažira. To za posljedicu ima u većini slučajeva premali obim istražnih radova, a što je motivirano smanjenjem cijene radova. Istražni radovi su, kako je već spomenuto, osnova za projektiranje sanacije, a iz čega proizlazi kako obimniji i naravno skuplji istražni radovi omogućavaju izradu kvalitetnijeg projekta sanacije.

Istražne radove načelno možemo podijeliti u dvije glavne metode:

- destruktivne metode istražnih radova
- nedestruktivne metode istražnih radova

Nedestruktivne metode su:

- geodetski snimak postojećeg stanja
- vizualni pregled
- fotodokumentiranje
- ispitivanje ujednačenosti kvalitete betona sklerometrom
- određivanje položaja armature tragačem
- ispitivanje šupljina, dubina pukotina, elastičnosti i homogenosti ultrazvučnim uređajima (*impact echo* metoda)
- ispitivanje napredovanja korozije galvanostatičkom impulsnom metodom
- ispitivanje zrakopropusnosti vakuumskim uređajima
- proračuni
- ostalo.

Destruktivne metode su:

- vađenje valjaka iz konstrukcije za potrebe utvrđivanja mehaničkih i kemijskih svojstava betona
- vađenje uzoraka iz konstrukcije za utvrđivanje stupnja karbonatizacije
- ispitivanje prionjivosti „pull off“ testom
- uklanjanje zaštitnog sloja radi određivanja količine i rasporeda armature
- bušenje istražnih bušotina
- ispitivanje vlačne čvrstoće cijepanjem
- ostalo.

Ocjena stanja je rezultat provedenih istražnih radova te prikazuje stanje konstrukcije u odnosu na referentne vrijednosti. Obično se kod starijih građevina kao referentne vrijednosti uzimaju one koje su bile tražene u vrijeme gradnje. Međutim, one mogu biti i strože, ovisno o namjeni građevine i zahtjevima vlasnika.

Glavni nosači	Na nosačima su vidljivi tragovi vlaženja s kolničke površine. Na donjim dijelovima pojasnice nosača vidljiva su mjesta segregacije te ljuštenja i odlamanja zaštitnog sloja betona. Vidljivi su tragovi mrlja od korozije te korodirana armatura na mjestima odlamanja betona. Na nekim nosačima, na spoju hrpta i pojasnice vidljiva su mjesta sanacije. Na hrptu nekih nosača uočene su dijagonalne i uzdužne pukotine.						
	Kategorija oštećenja	0	I	II	III	IV	V
	Procjena količine oštećenja (%)	0	0	20	30	40	10
Poprečni nosači	Na poprečnim nosačima su vidljivi tragovi vlaženja s kolničke površine. Uočena su mjesta ljuštenja i odlamanja zaštitnog sloja betona i vidljiva je korodirana armatura. Na nekim nosačima su vidljiva mjesta sanacije.						
	Kategorija oštećenja	0	I	II	III	IV	V
	Procjena količine oštećenja (%)	0	0	40	30	20	10
Montažne ploče između nosača i kolnička ploča	Ispuna između glavnih nosača izvedena je "izgubljenom oplatom" od predgotovljenih AB ploča (kao Omnia ploče). Na nekim pločama vidljiva je armatura zbog nedovoljnog zaštitnog sloja betona, s tragovima korozije. Uočene su i geometrijske nepravilnosti izvedbe. Na konzoli kolničke ploče (između vijenca i glavnog nosača) uočena su mjesta sa segregacijom i mjesta vlaženja od oborinske vode s kolnika. Na mjestima iznad stupišta spojevi kont. ploča i montažnih nosača su izvedeni neuredno i oštećeni su zbog vlaženja s kolničke površine. Kolnička tlačna ploča izvedena iznad nosača i montažnih ploča nije bila dostupna za pregled, ali iz stanja nosača i montažnih ploča procjenjuje se da su u sličnom stanju. Mjestimično su između ležajeva vidljivi tragovi vlaženja od oborinske vode.						
	Kategorija oštećenja	0	I	II	III	IV	V
	Procjena količine oštećenja (%)	0	0	40	30	20	10

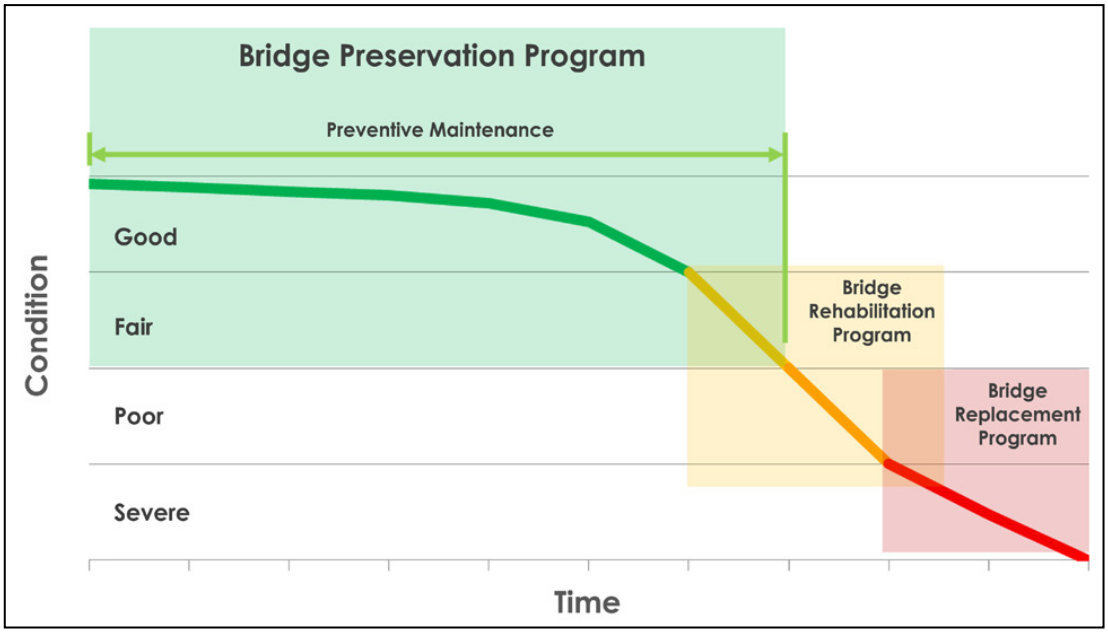
Slika 16. Izgled tablice ocjene stanja gornjeg ustroja nadvožnjaka

4. REDOVNO ODRŽAVANJE KONSTRUKCIJA

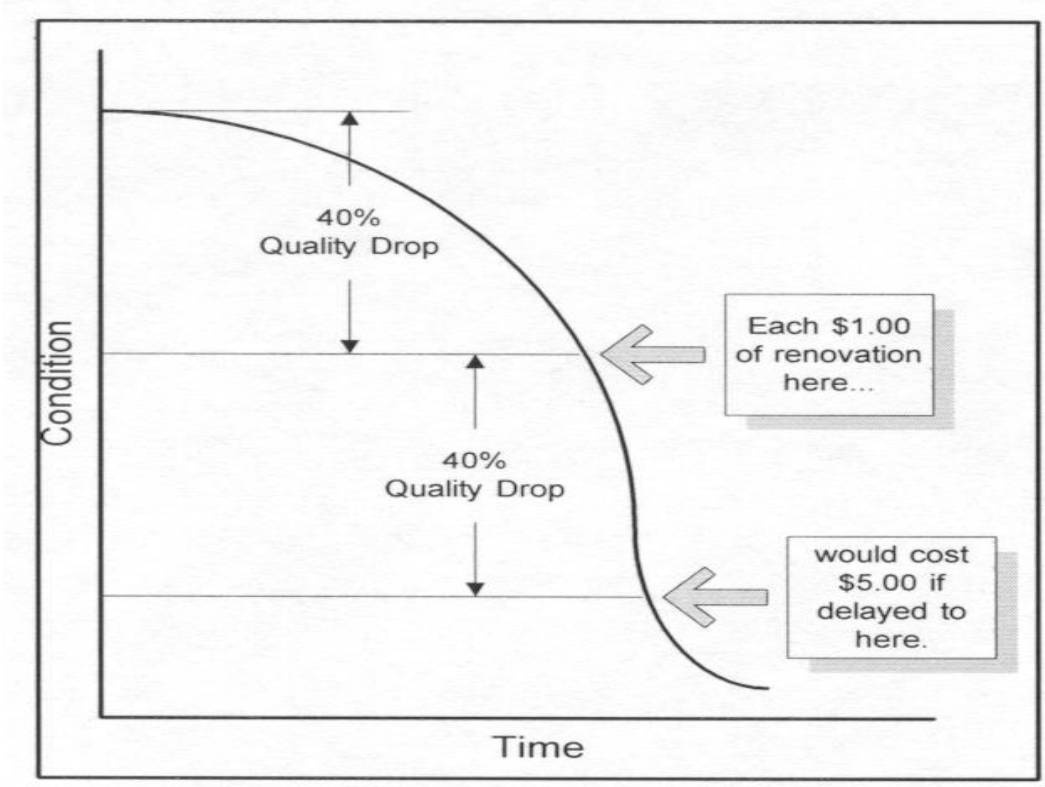
Redovno održavanje, iako se zanemaruje, dokazano je najvažnija karika u eksploataciji građevina. Pravilnim i redovnim održavanjem konstrukciji se produljuje vijek trajanja, smanjuju se troškovi izvanrednog održavanja te se omogućuje dulje nesmetano korištenje. Također pravilno redovno održavanje može na vrijeme detektirati i spriječiti otkazivanja konstrukcija s možebitnim katastrofalnim posljedicama.

Prema Pravilniku o sadržaju pisane izjave izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja građevine (NN 43/2014), članak 2., izvođač je dužan izraditi izvješće o izvođenju radova i ugrađivanju građevnih proizvoda i opreme u odnosu na upute odnosno tehničke upute za njihovu ugradnju i uporabu s uvjetima održavanja građevine s obzirom na izvedeno stanje građevine, ugrađene građevne proizvode, instalacije i opremu u odnosu na projektom predviđene uvjete, s uputama o provedbi radnji održavanja.

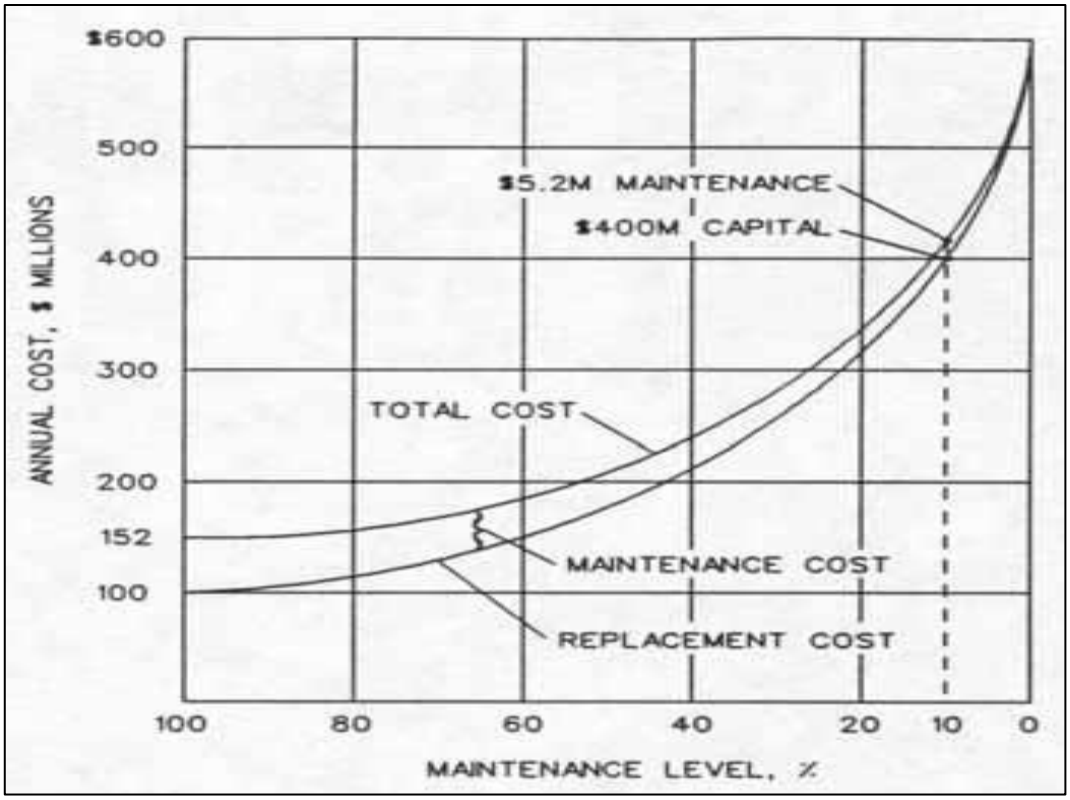
Nažalost, pravilo je postalo da zbog nedostatka kapaciteta vlasnika, potrebama za uštedom, needuciranosti osoblja redovno održavanje infrastrukturnih građevina se u praksi ne provodi.



Slika 17. Prikaz stanja konstrukcije u ovisnosti o vremenu i kvaliteti održavanja



Slika 18. Prikaz troškova održavanja u ovisnosti o vremenu

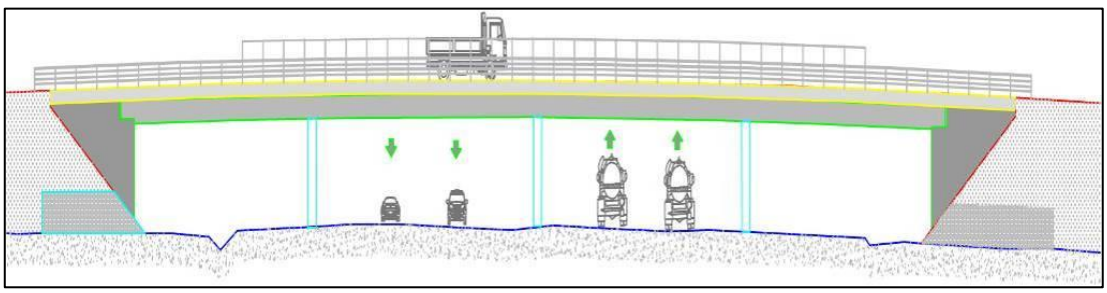


Slika 19. Prikaz troškova održavanja u ovisnosti o stupnju održavanja

Prema dosadašnjem iskustvu te uvidom u stanje infrastrukturnih građevina ispravno redovno održavanje u kontinentalnoj Hrvatskoj bi trebalo obuhvatiti minimalno:

- vizualni pregled građevine jednom godišnje
- čišćenje vegetacije po potrebi, ali ne manje od dva puta godišnje
- detaljno pranje konstrukcije minimalno jednom godišnje iza zimskog perioda godine
- čišćenje odvodnje minimalno dva puta godišnje
- čišćenje i brtvljenje pukotina minimalno jednom u dvije godine
- sanacija lokalnih oštećenja minimalno jednom u dvije godine
- obnova/zamjena zaštitnog premaznog sustava vidljivih (izloženih) površina minimalno jednom u petnaest godina
- zamjena asfaltnih presvlaka i hidroizolacije najmanje jednom u petnaest godina
- zamjena prijelaznih naprava najmanje jednom u petnaest godina

Nastavno na navedeno, može se izračunati okvirni trošak redovnog održavanja mosta u razdoblju od 10 godina. U našem primjeru, izračun je napravljen za most/nadvožnjak duljine 80 metara, koji se sastoji od dva upornjaka i tri stupna mjesta. Montažni nosači su tipa VIADUKT «SAN 210/75. Kolnička konstrukcija je širine 7,7 m, s obostranim proširenjima za odbojnike, uz zaštitni pojas i ogradu ukupne širine 1,75 m sa svake strane. Visina stupišta je 5,50 metara. Većina naših mostova su kraći ili približno te duljine.



Slika 20. Izgled nadvožnjaka

Postupak	Količina	Jedinična cijena	Ukupno
Vizualni pregled	10	12.000,00	120.000,00 kn
Čišćenje vegetacije	20	1.500,00	30.000,00 kn
Detaljno pranje konstrukcije	10	15.000,00	150.000,00 kn
Čišćenje odvodnje	20	5.500,00	110.000,00 kn
Čišćenje i brtvljenje pukotina	5	20.000,00	100.000,00 kn
Sanacija lokalnih oštećenja	5	30.000,00	150.000,00 kn
Obnova zaštitnog sustava	0,7	550.000,00	385.000,00 kn
Zamjena asfalta i hidroizolacije	0,7	430.000,00	301.000,00 kn
Održavanje prijelaznih naprava	1	150.000,00	150.000,00 kn
Sveukupno			**1.496.000,00 kn**

Tablica 5. Prikaz troškova redovnog održavanja u razdoblju od 10 godina.

Postupak	Količina	Jedinična cijena	Ukupno
Istražni radovi i ocjena stanja	1	55.000,00	55.000,00 kn
Projekt sanacije	1	125.000,00	125.000,00 kn
Pripremni radovi	1	350.000,00	350.000,00 kn
Radovi uklanjanja	1	1.700.000,00	1.700.000,00 kn
Odvodnja	1	93.000,00	93.000,00 kn
Sanacijski radovi	1	2.350.000,00	2.350.000,00 kn
Zamjena asfalta i hidroizolacije	1	458.150,00	458.150,00 kn
Zamjena prijelaznih naprava	1	450.000,00	450.000,00 kn
Sveukupno			**5.581.150,00 kn**

Tablica 6. Prikaz troškova izvanrednog održavanja u razdoblju od 30 – 40 godina.

Sukladno navedenom izračunu, koji je okviran prema trenutnim tržišnim cijenama, vidljivo je kako troškovi redovnog održavanja približno iznose u razdoblju od:

- 30 godina 4.488.000,00 kn
- 40 godina 5.984.000,00 kn

Troškovi izvanrednog održavanja nakon 30 do 40 godina u pravilu iznose okvirno 5.581.150,00 kn.

Nastavno na navedeno, jasno je kako je redovno održavanje isplativo s aspekta dobrog upravljanja. Naime, ovakvim redovnim održavanjem ozbiljniji zahvati na konstrukciji očekuju se tek nakon 90 – 100 godina i to ni blizu u omjeru koliki je bez održavanja.

Također, teško je za očekivati da se u razdoblju od 30 – 40 godina neće morati zamijeniti asfaltni zastor ili prijelazne naprave koje nisu održavane, što dodatno poskupljuje troškove. S obzirom na tolik protek godina ovisno o konstrukciji često se događa da isplativost sanacije dolazi u pitanje te da je isplativije rušiti dotrajali i graditi novi most.

Dodatno jako bitna stavka je i problem obustave prometa jer ozbiljni zahvati sanacije podrazumijevaju često i potpuno zatvaranje prometa, dok je izvođenje takvih radova iznimno sporo.

Nastavno na navedeno, dugotrajna obustava ili regulacija prometa uz naizmjenično propuštanje prometa ima negativan utjecaj na gospodarstvo te dodatno opterećuje ostale prometnice koje često nisu predviđene za teški teretni promet.

5. PROJEKTIRANJE SANACIJSKIH RADOVA

Projekt sanacije predstavlja osnovu za kvalitetno izvođenje radova. Obim projekta definira naručitelj na osnovi prethodno izrađenih istražnih radova i ocjene stanja. Kod izrade projekta sanacija iznimno je važno iskustvo projektanta. Budući da se većina projekata sanacija izrađuje na osnovi Pravilnika o jednostavnim i drugim građevinama i radovima (NN 112/2017) oni ne podliježu reviziji projektne dokumentacije. Isto tako, ni kod provođenja same nabave projektiranja od strane javnih a pogotovo privatnih naručitelja, nema jasnih uputa koje definiraju koje kompetencije i znanja treba posjedovati projektant.

Na hrvatskom tržištu većina infrastrukturnih građevina je u vlasništvu države ili s državom povezanih tvrtki.

Unatoč navedenom i činjenici da su sanacije od neizmjerne važnosti iz gospodarskih i sigurnosnih razloga, da se radovi već godinama izvode sukladno europskim normama i dalje ne postoji jasan propis tko smije projektirati sanacije mostova, tunela, hidroelektrana i slično.

Činjenica je da tehnički propis za građevinske konstrukcije daje određeni okvir, kao i Zakon o gradnji i svi ostali pravilnici, međutim ne postoji jasan pravilnik ili zakon koji bi propisivao obim i potrebno iskustvo za projektiranje sanacijskih radova, izradu istražnih radova i ocjenu stanja građevinske konstrukcije.

Što se tiče građevinskih konstrukcija infrastrukture, većina toga je izgrađena do današnjeg dana. U budućnosti se ne mogu očekivati veliki infrastrukturni projekte u smislu izgradnje velikih dionica autocesta ili izrade hidroelektrana na bilo koji način, osim pojedinačnih projekata.

Navedeno samo još više potencira problematiku projektiranja održavanja građevinskih konstrukcija na način da je nužno definirati načine i ovlasti za to.

6. SUVREMENE TEHNOLOGIJE IZVOĐENJA SANACIJSKIH RADOVA

Protekom vremena korištenja armiranog betona sve više je postalo jasno da mane betona nisu zanemarive te da one mogu biti potencijalno iznimno opasne i da mogu dovesti do potpunog loma konstrukcije.

Danas se o betonu zna manje-više sve pa ipak unatoč tome i dalje se pri sanacijama koriste tehnologije koje nisu prihvatljive za predmetne radove.

Tehnološki postupak sanacije građevina može se podijeliti u sljedeće osnovne faze:

- pripremni radovi
- radovi uklanjanja
- konstruktivni sanacijski radovi
- estetsko-zaštitni radovi

6.1. Pripremni radovi

Pripremni radovi su uvod u početak radova te su iznimno bitni u smislu izvođenja radova na siguran i učinkovit način. Budući da se većina građevina sanira pod uporabnim opterećenjem jako je važno iskustvo i tehnologija izvoditelja. Naime, nepravilnim postavljanjem zaštitnih konstrukcija i skela doći će do ometanja i ugroze za zdravlje i sigurnost kako korisnika tako i svih sudionika u gradnji.

Slika 21. Ispravno postavljena skela sa zaštitnim tunelima i mrežama na nadvožnjaku Zabok

6.2. Radovi uklanjanja

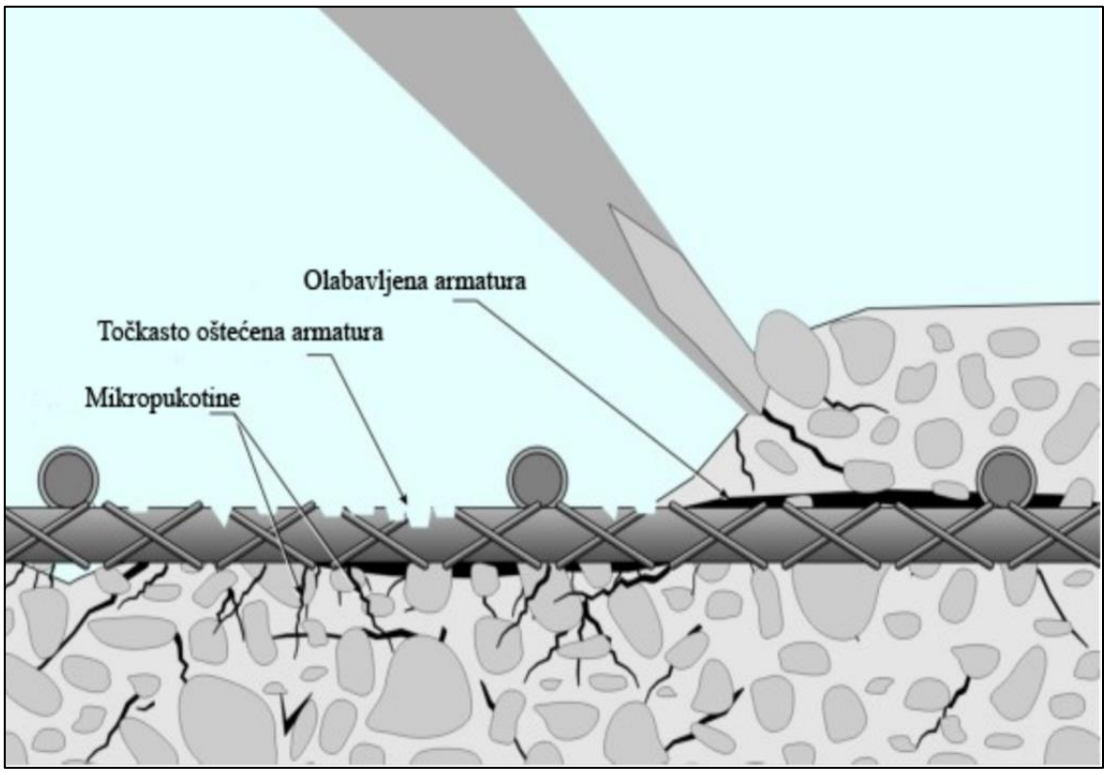
Nakon izvršenih pripremnih radova pristupa se radovima uklanjanja. Kod gradnje novih građevina radovi se izvode na način da se započinje s temeljima dok kod sanacije isto može znatno varirati. Uglavnom, pravilo je da ukoliko nije ugrožena mehanička otpornost i stabilnost stupova i upornjaka da se radovi izvode od gore prema dolje.

Ukoliko je potrebna najprije obnova stupova i upornjaka, to se radi tako da se s rasponske konstrukcije uklone svi dijelovi koji se mogu ukloniti, izvrši statička obnova stupova i upornjaka, te se nakon kompletne sanacije rasponske konstrukcije izvodi zaštita donjeg ustroja.

Kod radova uklanjanja najvažniji dio se odnosi na uklanjanje oštećenog betona. Prilikom uklanjanja oštećenog betona konstruktivnih dijelova jedina prihvatljiva metoda je hidrodemoliranje.

Hidrodinamičko uklanjanje betona, odnosno drugim nazivom hidrodemoliranje, tehnologija je kojom se razgrađuje materijal upotrebom mlaza vode pod visokim tlakom. Tehnologija hidrodemoliranja rabi se od 1970. godine, a od tada postaje nezamjenjivi način uklanjanja betona prilikom modernih inženjerskih sanacija AB konstrukcija (prvenstvenom mostova, vijadukata i nadvožnjaka). Za potrebe izvođenja radova hidrodinamičkog uklanjanja betona razvijeni su specijalni samohodni roboti, ručno upravljane mlaznice i razne visokotlačne pumpe, a sama tehnologija doživljava svakodnevno napretke u razvoju.

Glavna značajka upotrebe hidrodinamičkog uklanjanja betona koja je dovela do široke upotrebe iste je nepostojanje značajnih vibracija prilikom uklanjanja betona, odnosno ne dolazi do pojave mikropukotina i oštećivanja armature kao kod uklanjanja mehaničkim postupcima. Također, prilikom hidrodinamičkog uklanjanja betona armatura se automatski čisti od korozije, a površina preostalog betona se priprema za ugradnju novih slojeva.



Slika 22. Prikaz štete koja nastaje uklanjanjem pneumatskim alatima

Slika 23. Hidrodemoliranje hodnika tramvajskog mosta Mladost robotiziranim uređajem

Slika 24. Hidrodemoliranje hodnika mosta Siščani

6.3. Konstruktivni sanacijski radovi

Nakon radova uklanjanja slijede radovi ugradnje sanacijskih materijala. Pravilan odabir materijala i tehnologije ugradnje je od iznimne važnosti za uspješnost sanacijskih radova. Prema iskustvu, najbolji način sanacije je korištenje istovrsnih materijala kao što je originalni materijal konstrukcije. Navedeno se prvenstveno odnosi na zamjenu betona betonom. Naime svaka betonska konstrukcija ima svoja kemijsko-mehanička svojstva i tip ponašanja u ovisnosti o vremenskom i uporabnom opterećenju. Razlikujemo dvije osnovne vrste radova koje se konstruktivno rade na armirano-betonskim konstrukcijama. To su reprofilacija (betonom i mortovima) te injektiranje pukotina.

6.3.1. Reprofilacija

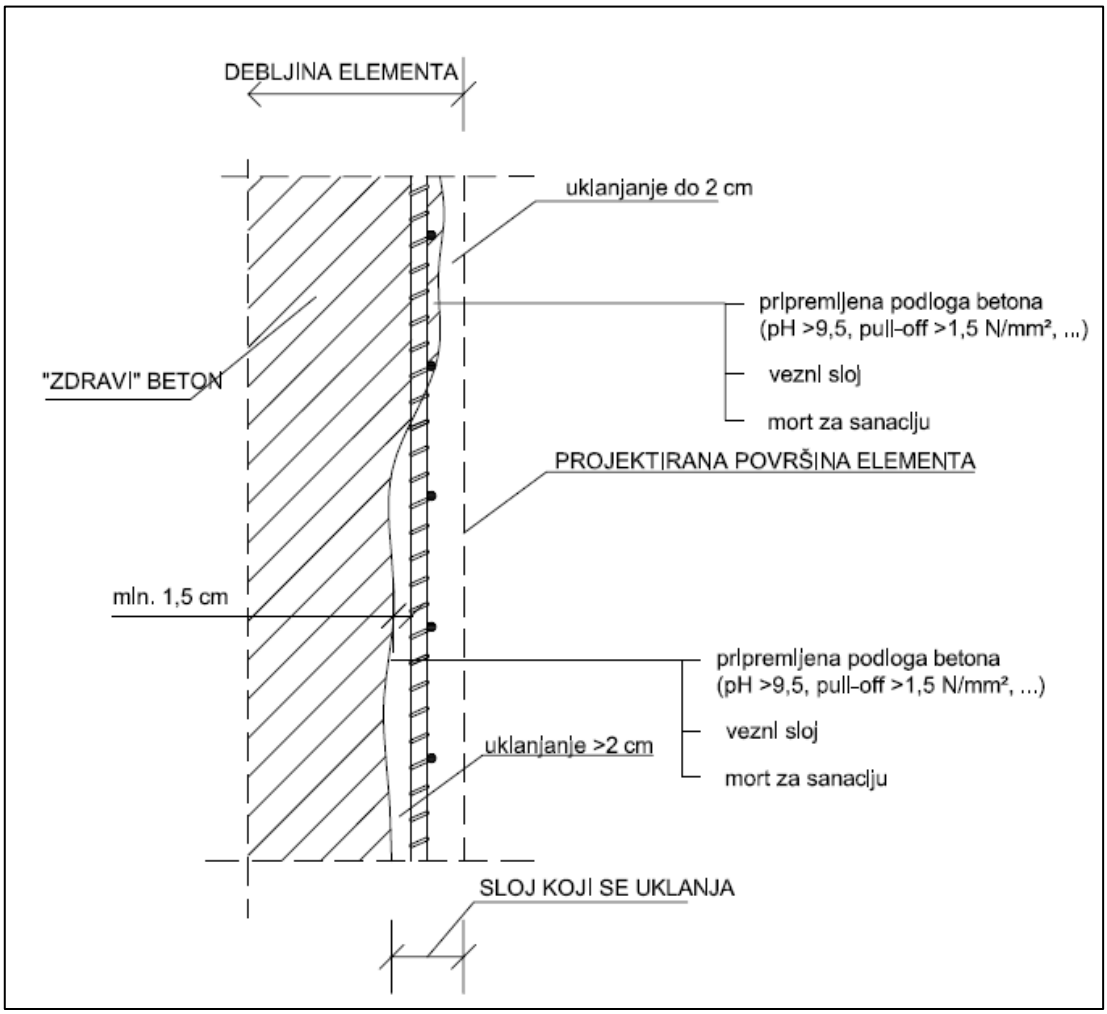
Iskustveno upotreba sanacijskih materijala u ovisnosti o debljini slojeva koji se uklanjaju je sljedeća:

- debljina sloja do 5 mm – preporučuje se upotreba finih reparaturnih mortova ili epoksi mortova
- debljina sloja od 5 do 80 mm – preporučuje se upotreba reparaturnih mortova klase R4
- debljina slojeva preko 80 mm – preporučuje se upotreba betona.

Osim debljine slojeva, jako je bitan odabir materijala povezati s izloženosti konstrukcije djelovanjima. Tako se na primjer ne smije koristiti epoksidni mort za dijelove konstrukcije izložene UV zračenju jer on nije UV stabilan. Također, odabir klase betona ili morta treba biti u skladu s razredom izloženosti i opterećenjem konstrukcije. Osim zamjene betona betonom sanacija oštećenog betona obavlja se i ugradnjom reparaturnih mortova. S obzirom na to da su građevine infrastrukture izložene atmosferskim djelovanjima, većinom su u zoni gdje postoje ciklusi smrzavanja i odmrzavanja, kao i djelovanje klorida, obavezna je ugradnja mortova klase R4 prema HRN EN 1504 Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija. Ispravna tehnologija ugradnje reparaturnih mortova je ugradnja pod tlakom pomoću pužnih pumpi uz aplikaciju tlakom komprimiranim zrakom

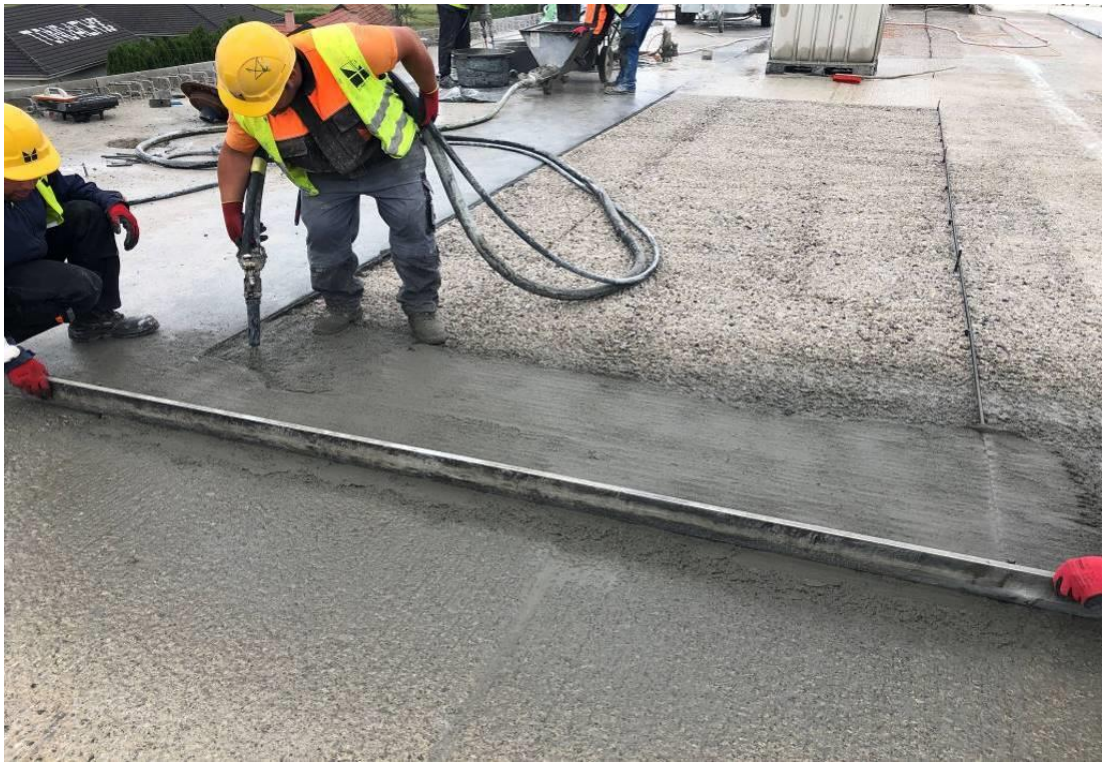
takozvanim mokrim postupkom. Navedeno se izvodi tako da se prethodno zamiješa mort u planetarnoj miješalici uz precizno dodavanje vode. Vrijeme miješanja i količina vode mora biti strogo po uputama proizvođača. Nakon miješanja mort se prebacuje u posudu s pužnicom koja transportira smjesu do uređaja (pištolja) za apliciranje. Na vrhu uređaja je priključen dovod zraka koji raspršuje mort na podlogu pod tlakom.

Ugradnja morta pod tlakom je iznimno bitna iz razloga što je hidrodemolirana podloga jako hrapava pa bi, ako bi se mort aplicirao ručno, došlo do zarobljavanja zraka između morta i podloge. To bi za posljedicu imalo lošu prionjivost, odlamanje i pucanje novog konstruktivnog sloja.



Slika 25. Detalj reprofilacije reparaturnim mortom klase R4

Slika 26. Reprofilacija hodnika mosta Siščani reparaturnim mortom



Slika 27. Reprofilacija kolničke ploče nadvožnjaka Zabok reparaturnim mortom

Slika 28. Reprofilacija kolničke ploče tramvajskog mosta Mladost ugradnjom betona

6.3.2. Injektiranje pukotina

Pukotine u armirano-betonskoj konstrukciji mogu biti uzrokovane raznim djelovanjima.

Najčešći uzroci su:

- skupljanje
- temperaturno djelovanje
- konstruktivne greške
- prekomjerno opterećenje

Ipak gledajući iskustveno dominantna pojava pukotina je ona uzrokovana skupljanjem i temperaturnim djelovanjem.

Sve pukotine bez obzira na uzrok nastajanja u konstrukciji su iznimno problematične iz razloga što iste tvore linijski šuplji prostor koji u većini slučajeva, pogotovo kod starijih objekata ide do armature (mali zaštitni slojevi) ili čak cijelim presjekom konstruktivnog elementa.

Navedeno uzrokuje slobodan pristup agresivnim tvarima. Najčešće su to ispušni plinovi iz vozila i oborinske vode zagađene kloridima za odmrzavanje ili iz maritimnog okruženja.

Kloridi i ispušni plinovi zbog svojeg kemijskog sastava uzrokuju koroziju armature koja pri svome rastu povećava volumen i odlama zaštitni sloj betona. U dijelovima kontinentalne Hrvatske čak i čista nezagađena voda uzrokuje velika oštećenja prilikom ciklusa smrzavanja. Naime, led ima za približno 9 % veći volumen od onog tekuće vode jednake mase. Navedeno znači da unutar pukotine voda pri smrzavanju poveća svoj volumen za cca 9 % te uzrokuje odlamanje betona.

Zbog svih navedenih razloga, bez obzira na uzrok nastajanja, iznimno je bitno pravovremeno zabrtviti pukotine. Naravno, kod konstruktivnih pukotina izuzev razloga održavanja nužno je injektiranjem vratiti homogenost (cjelovitost) presjeka.

Bitno je napomenuti da pukotine zazora manjeg od 0,30 mm u praksi nije moguće injektirati.

Tehnologije sanacije pukotina su sljedeće:

- injektiranje pod tlakom bušenim pakerima
- injektiranje pod tlakom lijepljenim pakerima
- gravitacijsko injektiranje
- brtvljenje pukotina

INJEKTIRANJE POD TLAKOM BUŠENIM PAKERIMA

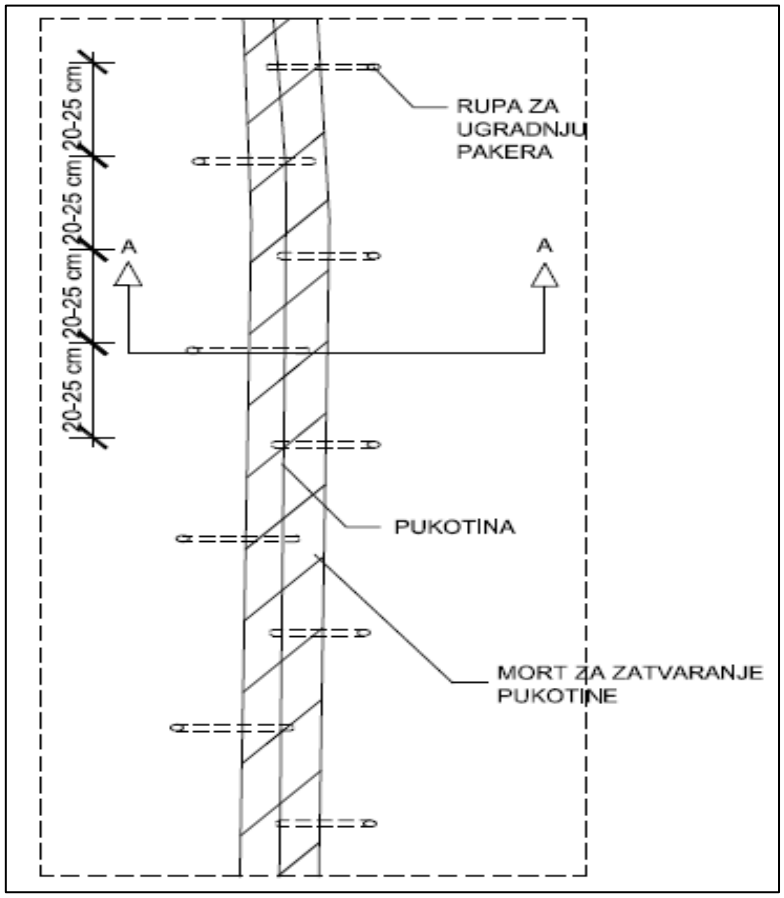
Navedena tehnologija je ujedno najčešća i najkvalitetnija metoda injektiranja betona. Početak rada podrazumijeva bušenje rupa pod kutom od 45° na međusobnoj udaljenosti ne većoj od 20 – 25 cm ili maksimalno 2/3 debljine presjeka i u dubinu od

cca 2/3 debljine. Promjer rupa definira proizvođač u ovisnosti o viskoznosti odabrane smjese.

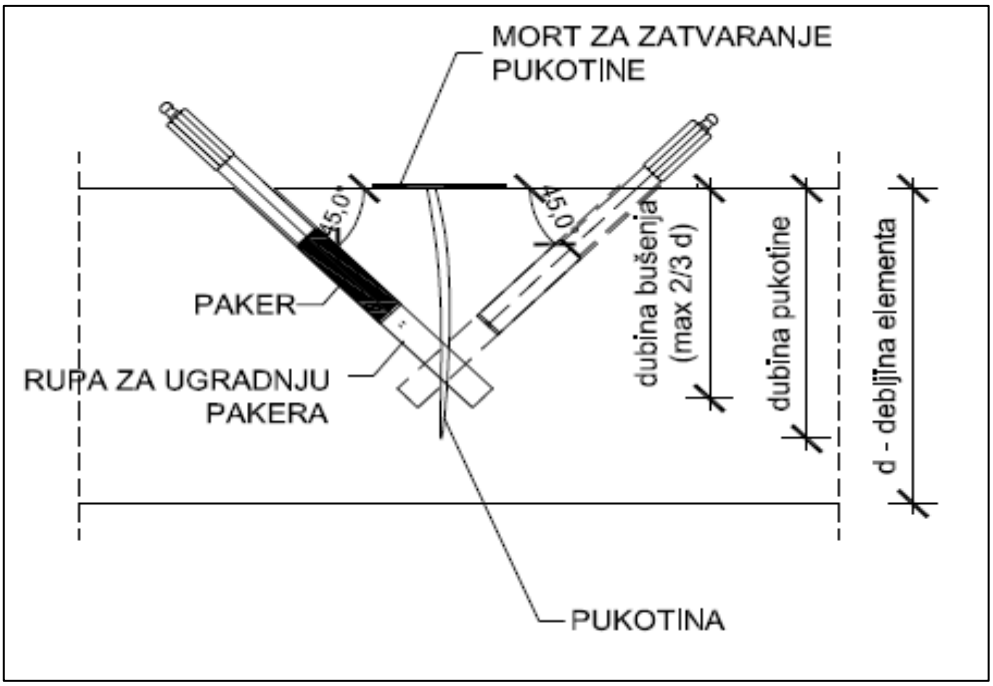
Nakon bušenja rupa pristupa se brtvljenju traga pukotine materijalom koji može izdržati pritisak injekcijske smjese.

U rupe se potom ugrađuju injekcijski pakeri te se vrši ugradnja mase za injektiranje pod tlakom od 40 – 120 bara. Najčešće se koriste tlakovi od 40 – 70 bara jer iznimno visok tlak u određenim okolnostima može uzrokovati štetu. Redoslijed je takav da se radovi izvode od dolje prema gore na način da je u početku injektiranja ugrađen samo donji paker te se na njemu započinje proces injektiranja.

Nakon što se smjesa pojavi na prvoj susjednoj ili nekoj od drugih bušotina u iste se umeću pakeri te se nastavlja injektiranje do zadnje bušotine. Po završetku radova injektiranja potrebno je ukloniti pakere te zabrtviti rupe od istih.



Slika 29. Detalj injektiranja bušenim pakerima pod pritiskom



Slika 30. Detalj ugradnje bušenih pakera

Slika 31. Injektiranje pukotina sekundarne obloge tunela Frukov Krč

INJEKTIRANJE POD TLAKOM LIJEPLJENIM PAKERIMA

Navedeno se upotrebljava tehnološki u istom rasporedu kao i injektiranje bušenim pakerima uz uvjet da su pukotine većeg zazora, odnosno u pravilu za pukotine zazora većeg od 0,8 mm.

Slika 32. Injektiranje kolničke ploče mosta lijepljenim pakerima

GRAVITACIJSKO INJEKTIRANJE

Navedena tehnologija se koristi kod sanacije nekonstruktivnih pukotina koje su posljedica loše njege ili kvalitete betona te su male dubine presjeka (10 – 15 mm). Navedeno zbog svog načina izvođenja i niskog tlaka (gravitacijski) ne može zapuniti cijeli presjek pukotine i koristi se isključivo kod horizontalnih površina.

Izvodi se na način da se nakon označavanja pukotine vrši rezanje traga pukotine dijamantnim reznim alatima u obliku slova „V“. Slijedi ispuhivanje komprimiranim zrakom te zalijevanje traga pukotine injekcijskom smjesom.

Slika 33. Gravitacijsko injektiranje

BRTVLJENJE PUKOTINA

Brtvljenje pukotina izvodi se kod plitkih površinskih pukotina zazora manjeg od 0,3 mm. Izvodi se na način da se trag pukotine zarezuje ili brusi kako bi se osigurala prionjivost materijala. Nakon pripreme slijedi zapunjavanje ili premazivanje traga pukotine u pravilu trajno elastičnom brtvenom masom, premazom ili mortom.

Slika 34. Brtvljenje traga pukotine

6.3.3. Estetsko-zaštitni radovi

Pod estetsko-zaštitnim radovima podrazumijevamo one koje služe ujednačavanju izgleda konstrukcije nakon sanacijskih ili općenito građevinskih zahvata, ali ujedno i imaju svrhu zaštite betonske konstrukcije. Navedeno je praktički potpuno zanemareno u infrastrukturnim projektima kako gradnje tako i sanacije.

Odabir sustava zaštite ovisi o namjeni i opterećenju konstrukcije i možemo ga podijeliti na:

- kruti sustavi
- trajno elastični sustavi
- impregnacije

KRUTI SUSTAVI

Navedeni sustavi se u pravilu odnose na premaze ili mortove na cementnoj ili epoksidnoj osnovi. Prednosti su im vrlo velika prionjivost i otpornost na kemijsko

fizikalna djelovanja, mogućnost dodatne zaštite premazima. Nedostatci su nemogućnost premoštenja pukotina, osjetljivost na ultraljubičasta zračenja i visoki troškovi postave i zamjene.

Slika 35. Kruti premaz/mort na prsnom zidu upornjaka

TRAJNO ELASTIČNI SUSTAVI

Što se tiče generalnog korištenja iskustveno se može reći da su se kao optimalniji pokazali trajno elastični sustavi. Međutim, njih nažalost nije moguće koristiti u svim situacijama jer imaju ograničenu otpornost na habanje i mehaničko djelovanje.

Prednosti su brza izvedba, prilagodljivost svim oblicima, premoštenje pukotina, raznovrsnost boja, otpornost na ultraljubičasta zračenja, dobra kemijska otpornost, jednostavna obnova i zamjena, a i cjenovno je prihvatljivije od krutih sustava. Nedostatci su gore spomenuta ograničena otpornost.

Slika 36. Trajnoelastični poliuretanski sustav na nadvožnjaku Začretje

IMPREGNACIJE

Zaštita betonom impregnacijom podrazumijeva apliciranje tekućeg medija koji u svom sastavu ima suhu tvar koja penetrira u beton. Navedena zaštita prvenstveno služi za povećanje vodoodbojnosti odnosno smanjuje vodoupojnost betona.

Prednosti su iznimno brza izvedba, najmanji troškovi u odnosu na ostale sustave zaštite te otpornost na ultraljubičasta zračenja. Nedostatci su da ne pruža praktički nikakvu povećanu mehaničku otpornost, estetski ne doprinosi poboljšanju izgleda te ima manju trajnost u odnosu na ostale sustave.

Slika 37. Primjena hidrofobne impregnacije na stupište nadvožnjaka

7. PRIMJERI IZVANREDNOG ODRŽAVANJA INFRASTRUKTURNIH GRAĐEVINA S OSVRTOM NA NAJBITNIJE KONSTRUKTIVNE ELEMENTE

U ovom poglavlju napravljen je presjek građevina na kojima su odrađene suvremene tehnologije sanacijskih radova. Naravno, radovi su obuhvaćali i druge vrste radova osim sanacijskih, no naglasak je isključivo na onima koji se tiču sanacije armirano-betonskih konstruktivnih elemenata. Svaki odrađeni projekt je prikazan kroz kratak sažetak tehnologija i radova koji su izvedeni te fotodokumentaciju.

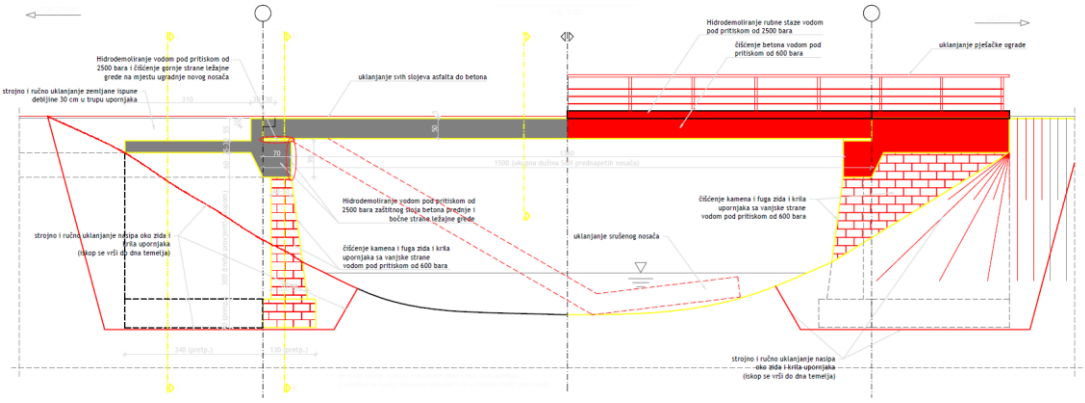
7.1. Sanacija mosta Golinje na DC 31 u mjestu Donje Taborište

Slika 38. Zatečeno stanje mosta prije sanacijskih radova s vidljivim srušenim rubnim nosačem kao posljedicom ratne štete u Domovinskom ratu

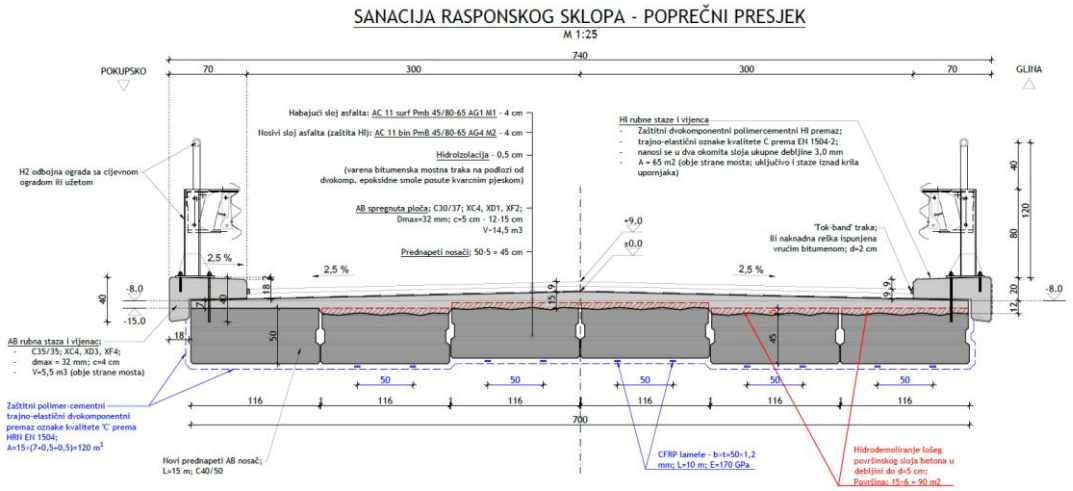
7.1.1. Tehnologija izvođenja radova:

Izvedeni radovi su obuhvaćali pripremne radove, uklanjanje pješačke ograde, uklanjanje asfaltnih slojeva, hidrodinamičko uklanjanje oštećenog betona vodom pod pritiskom do 2500 bara, strojni iskop materijala, zemljane radove, izradu, transport i ugradnju predgotovljenog prednapetog nosača od armiranog betona visoke čvrstoće uz upotrebu auto dizalice, adhezijsko prethodno napinjanje betonskog elementa, neutralizaciju užadi za adhezijsko prednapinjanje, ugradbu oplate, ugradnju armature, ugradbu sanacijskog betona, strojno pjeskarenje betonskih površina, ugradbu

reparaturnog polimercementnog sanacijskog morta klase R4, ugradbu trajnoelastičnog premaza, ugradbu epoksidnog premaza, izvedbu hidroizolacije, ugradbu asfalta, izradu i montažu čelične zaštitne ograde te kosog početka – završetka, izradu bušenih pilota od armiranog betona (promjera Ø 80 cm, dubine do 15,00 m^1), izradu oplate, armature i betona naglavnice pilota, ugradbu ankera, visokotlačno pranje betonskih površina vodom pod pritiskom, sanaciju kamenog ziđa, izradu nasipa, zaštitu pokosa travnatim pokrivačem, zemljane radove, izradu betonskih bankina, izradu odvodnog kanala od predgotovljenih elemenata (kanaleta), izvedbu dilatacijskih reški, ugradbu poliuretanske brtve, ugradnju karbonskih lamela CFRP (duljine 100,00 m^1), ugradnju armiranih elastomernih ležajeva.



Slika 39. Shema uklanjanja oštećenih slojeva mosta



Slika 40. Nacrt sanacije rasponskog sklopa

Slika 41. Izrada bušenih pilota i betoniranje naglavne grede pilota

Slika 42. Izrada i montaža adhezijski prednapetog nosača

Slika 43. Hidrodinamičko uklanjanje oštećenog betona, armature i betoniranje nove kolničke ploče

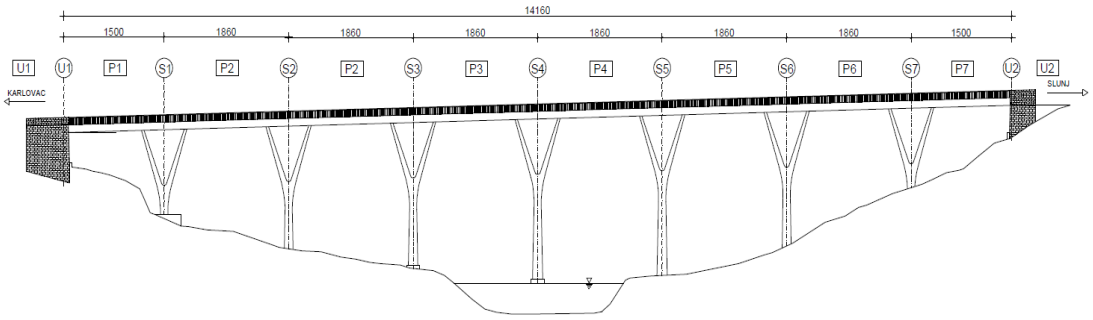
Slika 44. Ojačanje nosača ugradnjom karbonskih lamela te zaštitni sustav podgleda mosta

7.2. Sanacija mosta Slunj preko rijeke Korane na državnoj cesti D1

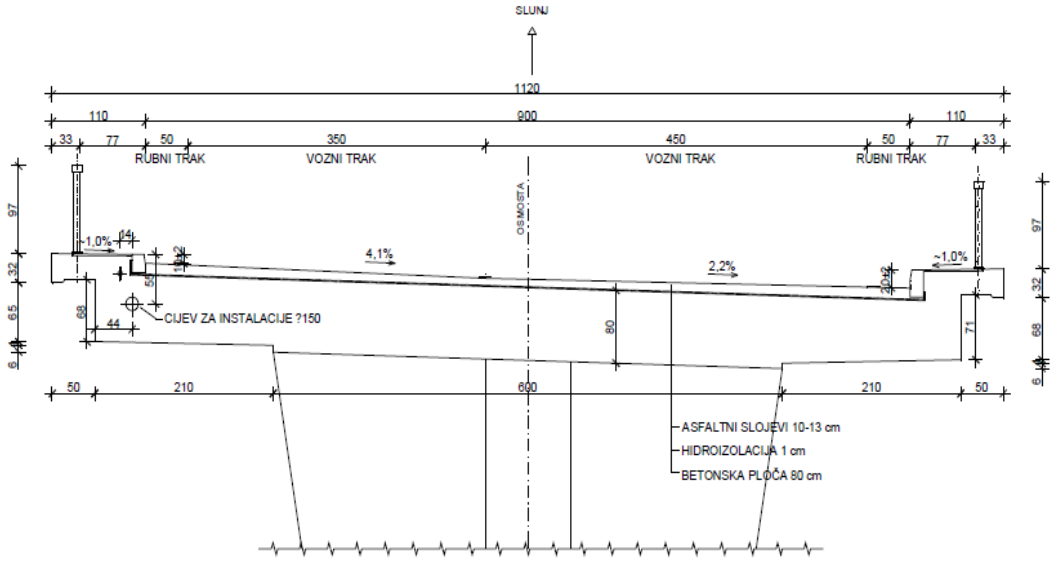
Slika 45. Zatečeno stanje mosta prije sanacijskih radova s vidljivim oštećenjima konzola

7.2.1. Tehnologija izvođenja radova

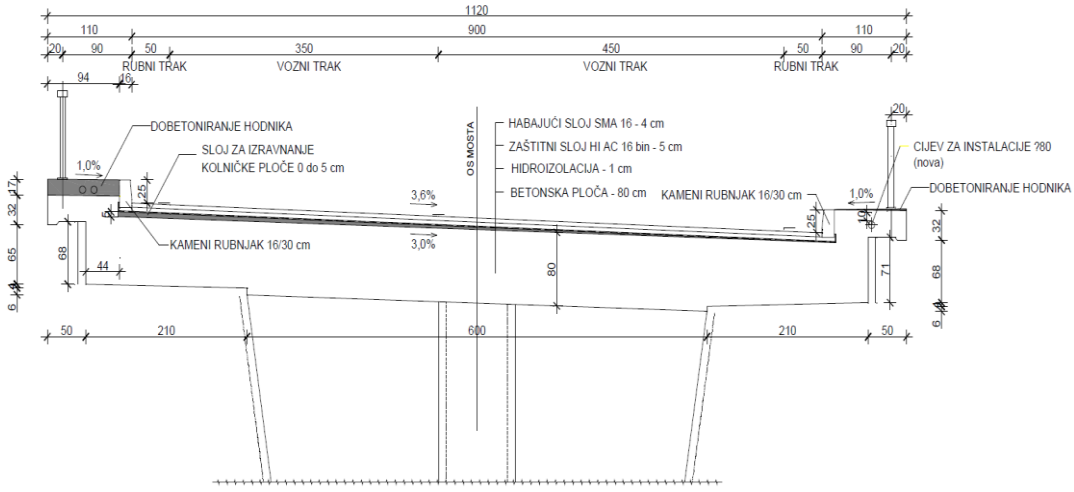
Izvedeni radovi su obuhvaćali pripremne radove, montažu i demontažu skele, uklanjanje pješačke ograde mosta (duljina mosta između upornjaka 141,60 m^1), uklanjanje rubnjaka, hidrodinamičko uklanjanje betona pod visokim pritiskom većim od 2.000 bara, sanaciju kamenih zidova, zapunjavanje reški, injektiranje pukotina, ugradnju oplate, armature i betona, izvedbu antikorozivne zaštite, ugradnju rubnjaka, ugradnju reparaturnih mortova klase R4, ugradnju epoksidnog morta, hidrodinamičko pranje betonskih površina pod pritiskom od 800 bara, izvedbu trajnoelastičnog premaza i akrilne boje, izradu i ugradnju nove čelične pješačke ograde, ugradnju slivnika, ugradnju hidroizolacije, ugradnju asfalta, i drugo.



Slika 46. Uzdužni presjek mosta s oznakama konstruktivnih elemenata



Slika 47. Nacrt postojećeg stanja rasponske konstrukcije mosta



Slika 48. Nacrt sanacijskih radova rasponske konstrukcije mosta

Slika 49. Montaža viseće skele, skele stupova i oplate konzole mosta

Slika 50. Oštećenja podgleda kolničke ploče te radovi hidrodinamičkog uklanjanja oštećenja

Slika 51. Ugradnja granitnih rubnjaka i priprema za betoniranje hodnika

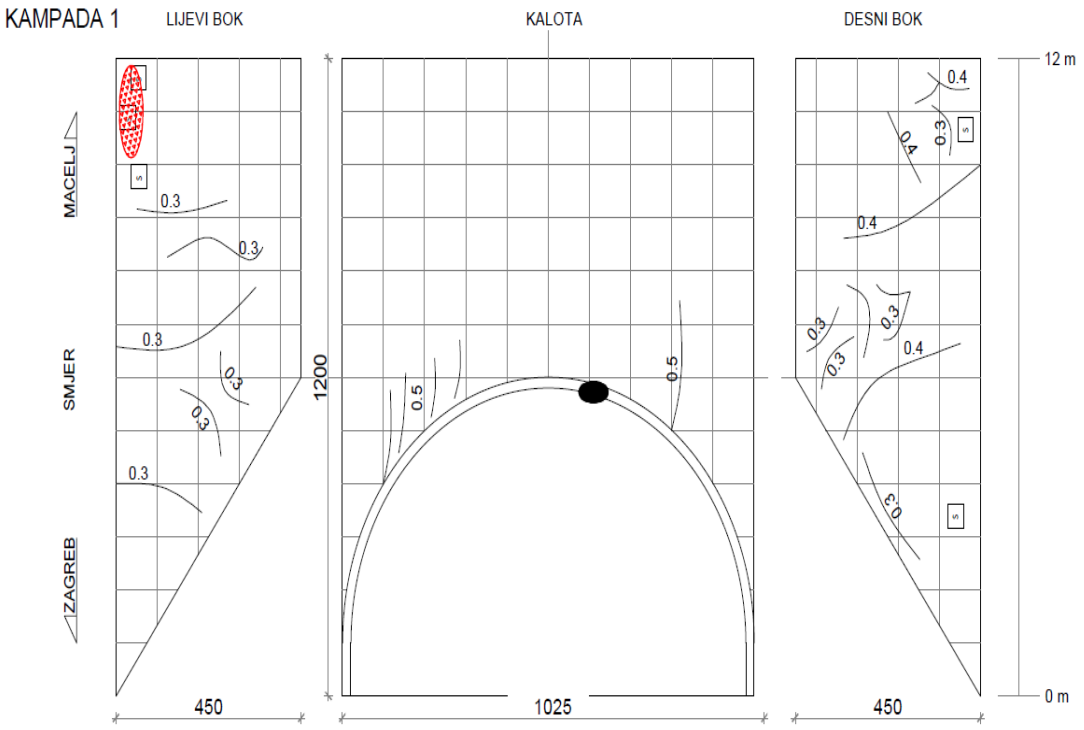
Slika 52. Demontaža skele i izgled konstrukcije nakon završenih radova

7.3. Sanacija sekundarne obloge tunela Vidovci na autocesti Zagreb – Macelj

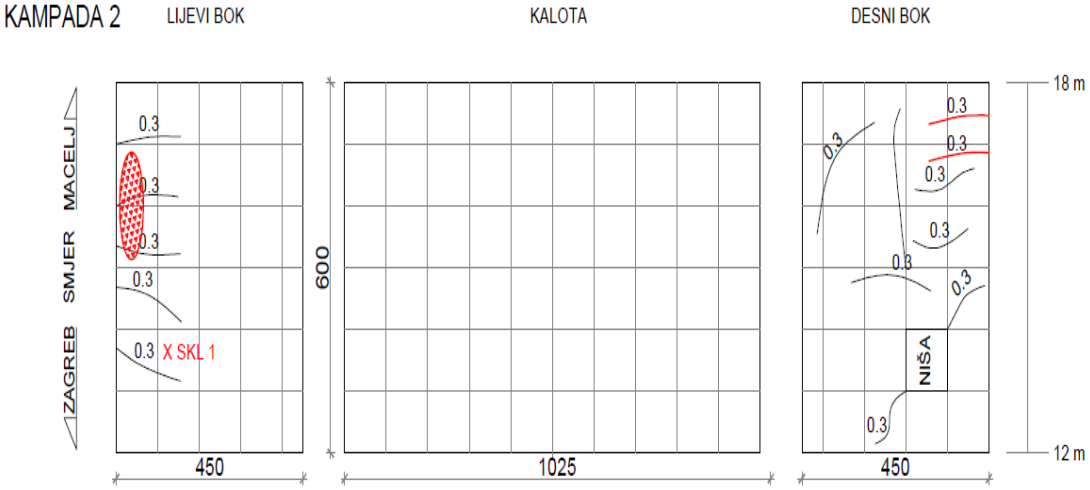
Slika 53 Zatečeno stanje obloge tunela prije izvedbe sanacijskih radova

7.3.1. Tehnologija izvođenja radova

Izvedeni radovi su obuhvaćali pripremne radove, injektiranje pukotina dvokomponentnom epoksidnom smolom s prethodnom ugradnjom bušenih pakera, hidrodinamičko uklanjanje betona vodom pod pritiskom do 2500 bara, ugradnju polimercementnog sanacijskog morta R4, pranje betonskih površina vodom pod pritiskom, ugradnju dvokomponentnog epoksidnog morta i premaza, ugradnju dvokomponentnog poliuretanskog UV stabilnog završnog premaza



Slika 54. Shema oštećenja portala tunela



Slika 55. Shema oštećenja druge kampade tunela

Slika 56. Hidrodinamičko čišćenje sekundarne obloge i vidljiva oštećenja obloge

Slika 57. Postavljanje pakera i brtvljenje traga pukotine

Slika 58. Sanacija lokalnih oštećenja i nanošenje primera

Slika 59. Sanacija manjih nepravilnosti ugradnjom epoksidnog morta

Slika 60. Nanošenje završnog zaštitnog sustava

Slika 61. Izgled obloge nakon završenih sanacijskih radova

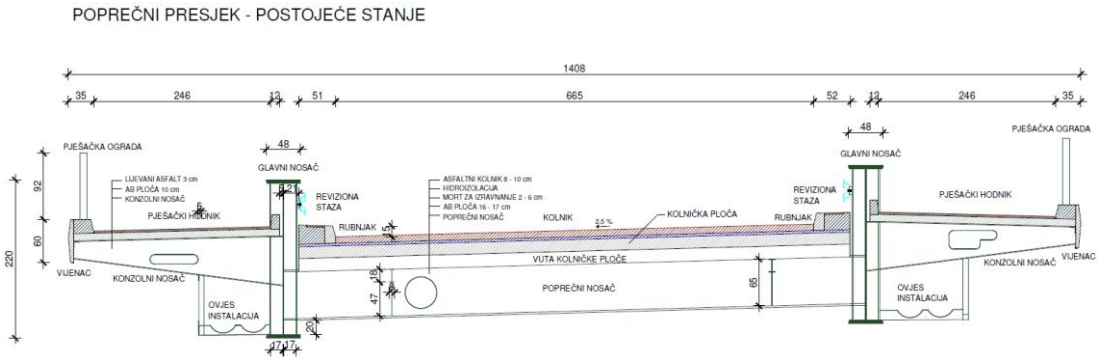
7.4. Sanacija mosta Galdovo na državnoj cesti DC36

Slika 62. Zatečeno stanje mosta prije izvedbe sanacijskih radova

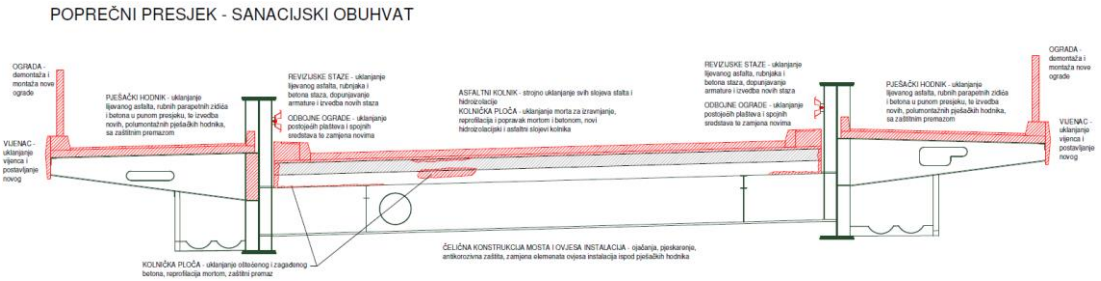
7.4.1. Tehnologija izvođenja radova

Izvedeni radovi su obuhvaćali pripremne radove, zemljane radove, uklanjanje asfaltnih slojeva, ugradbu cementne stabilizacije, ugradbu oplate, ugradnju armature, ugradbu sanacijskog betona, uklanjanje i ugradbu novih rubnjaka, uklanjanje i ugradnju novih slivnika, ugradnju asfalta, hidrodinamičko uklanjanje oštećenog betona vodom pod pritiskom do 2500 bara, visokotlačno pranje betonske površine vodom pod pritiskom, injektiranje pukotina epoksidnom smolom s prethodnom ugradnjom pakera, ugradnju reparaturnog polimercementnog sanacijskog morta klase R4, izvedbu AKZ postojeće armature, izradu hidroizolacije polimercementnim premazom, uklanjanje i ugradbu novih čeličnih slivnika i revizionih okana, strojno sačmarenje betonskih i čeličnih površina, ugradnju epoksidnog premaza, ugradnju antikorozivne zaštite čeličnih dijelova mosta, izvedbu hidroizolacije varenjem mosne trake na kolničkoj ploči, izradu dilatacija i rešetki, ugradnju trajnoelastičnog premaza, ugradnju čeličnih pokrovnih limova, ugradbu čeličnih prijelaznih naprava, uklanjanje, izradu i montažu predgotovljenih AB vijenaca, uklanjanje pješačke i odbojne ograde, izradu i ugradnju predgotovljenih omnia ploča, izradu i montažu pješačke ograde i odbojne ograde,

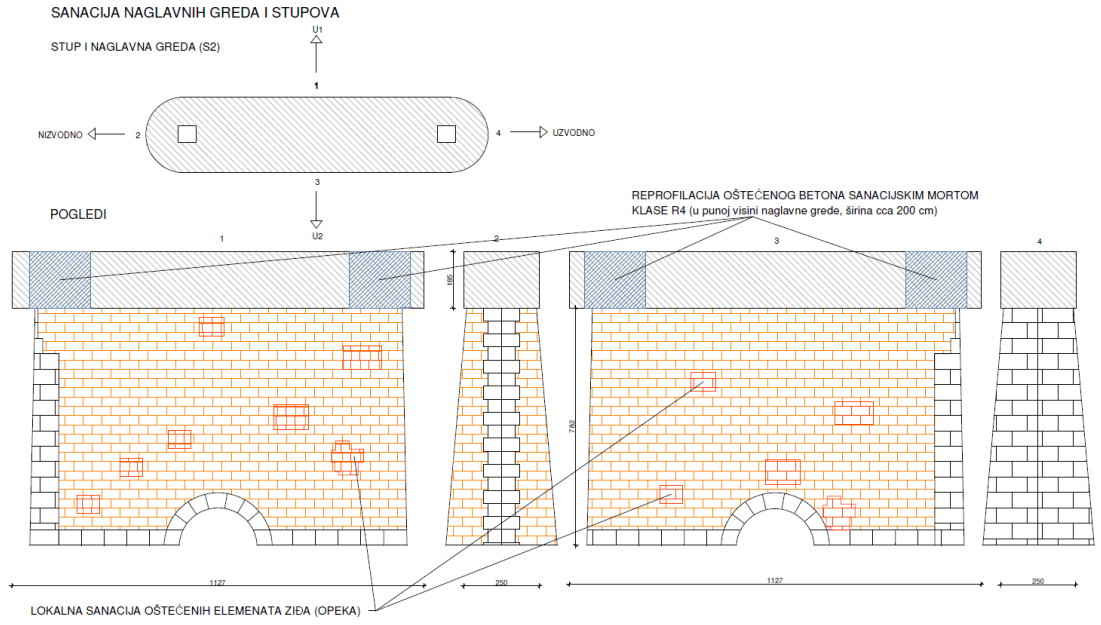
odizanje i spuštanje rasponske konstrukcije hidrauličkim prešama, sanaciju ležajnih jastučića i ugradnju novih ležajeva.



Slika 63. Poprečni presjek zatečenog stanja mosta



Slika 64. Poprečni presjek sanacijskog obuhvata mosta



Slika 65. Nacrt sanacijskih radova naglavnih greda i stupova

Slika 66. Oštećenja kolničke ploče i hidrodinamičko uklanjanje loših dijelova

Slika 67. Izgled konzola nakon uklanjanja i montaža novih omnia ploča

Slika 68. Montaža vijenaca, armature, i ugradnja betona novih pješačkih hodnika

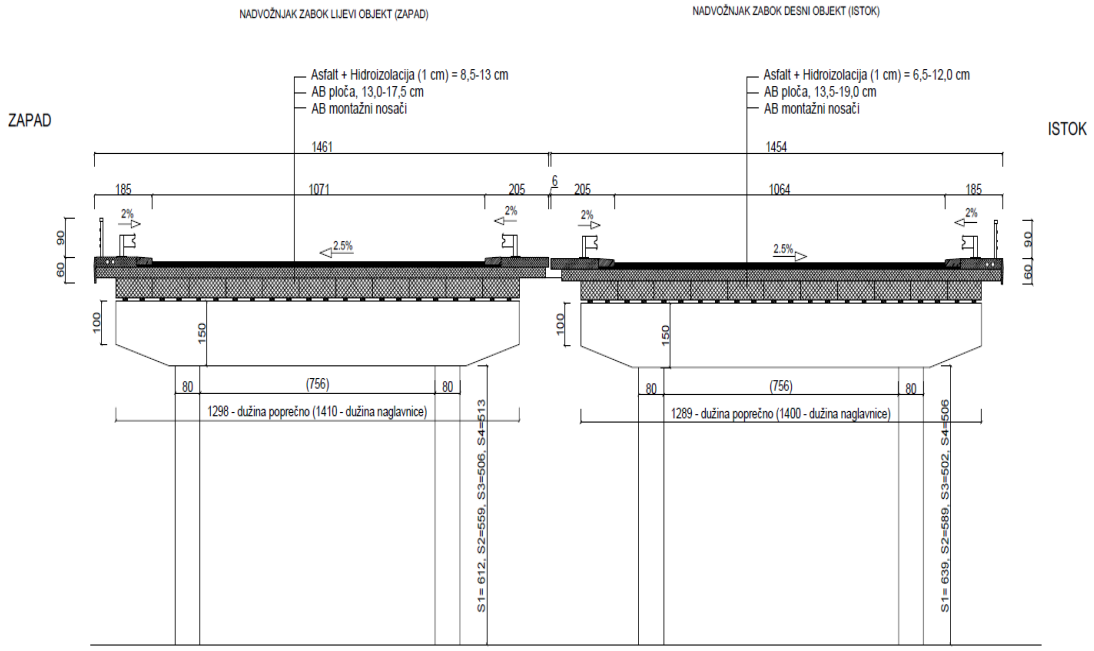
Slika 69. Ugradnja razdjelnica, završnog zaštitnog sustava i asfaltiranje mosta

7.5. Sanacija nadvožnjaka Zabok na autocesti Zagreb – Macelj

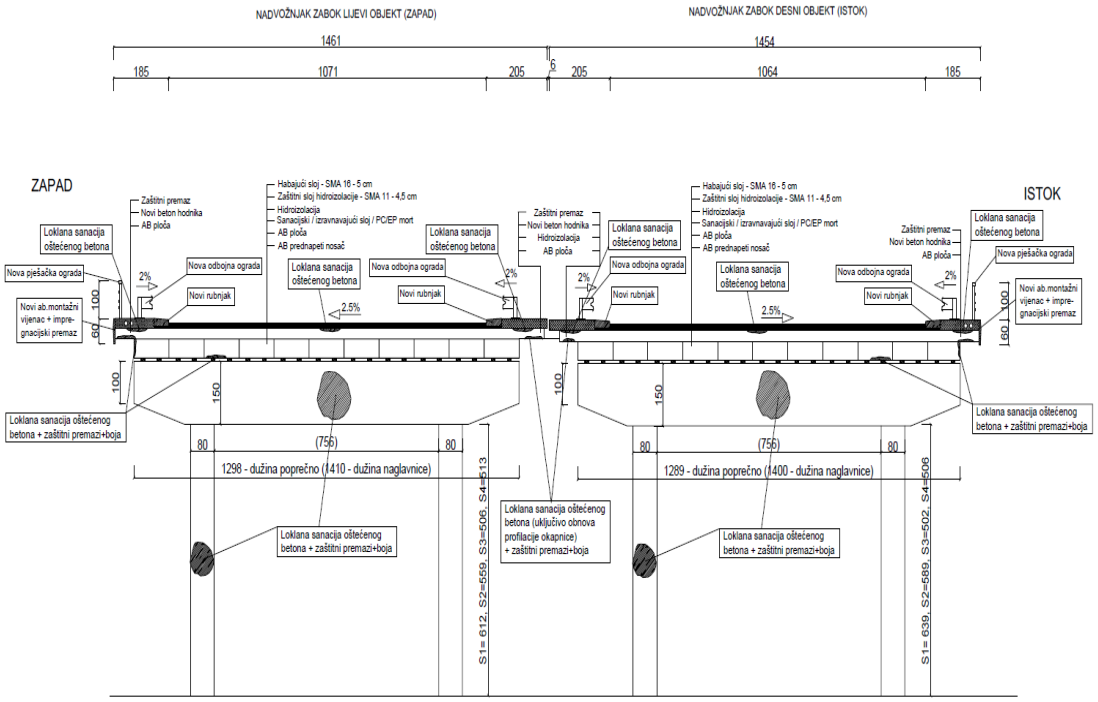
Slika 70. Zatečeno stanje nadvožnjaka s vidljivim oštećenjima

7.5.1. Tehnologija izvođenja radova

Izvedeni radovi su obuhvaćali pripremne radove, uklanjanje elastične odbojne ograde, pješačke i mrežaste ograde, uklanjanje asfaltnih slojeva kolničke konstrukcije i prilaznih rampi, hidrodinamičko uklanjanje betona vodom pod visokim pritiskom tlakom većim od 2500 bara, uklanjanje prijelazne naprave, uklanjanje hidroizolacije, hidrodinamičko pranje i čišćenje betona, zaštitu postojeće armature, odizanje rasponske konstrukcije nadvožnjaka, uklanjanje i ugradnju novih elastomernih ležajeva, ugradnju cementne stabilizacije, injektiranje pukotina, ugradnju oplate i armature, ugradnju sanacijskog betona, ugradnju reparaturnog morta klase R4, ugradnju polimercementnog HI premaza, ugradnju epoksidnog morta, izradu jednoslojne hidroizolacije za kolnike sa zavarenim bitumenskim trakama, izvedbu epoksidnog, poliuretanskog i polimercementnog premaza i akrilne boje, ugradnju asfalta na kolničkoj konstrukciji i prilaznim rampama, ugradnju nove čelične prijelazne naprave, ugradnju nove odbojne, pješačke i mrežaste ograde, sanaciju obloge pokosa



Slika 71. Zatečeno stanje nadvožnjaka



Slika 72. Novoprojektirano stanje radova nadvožnjaka

Slika 73. Oštećenja naglavne grede upornjaka, vijenaca i ograda nadvožnjaka

Slika 74. Oštećenja ograde, hodnika i rubnjaka nadvožnjaka

Slika 75. Hidrodinamičko uklanjanje betona nadvožnjaka robotiziranim uređajem s automatskim navođenjem

Slika 76. Reprofilacija kolničke ploče nakon uklanjanja oštećenog betona

Slika 77. Ugradnja oplate, armature i betona za izradu novih hodnika i greda novih prijelaznih naprava

Slika 78. Odizanje konstrukcije mosta hidrauličnim cilindrima u svrhu zamjene dotrajalih neoprenskih ležajeva

Slika 79. Naglavna greda nadvožnjaka s vidljivim dijelovima injektiranja pukotina, površine nakon hidrodinamičkog uklanjanja oštećenog betona i uzorci “pull off” ispitivanja

Slika 80. Ugradnja epoksidnog premaza i epoksidnog morta na kolničku ploču nadvožnjaka

Slika 81. Ugradnja hidroizolacijskog sustava od varenih mosnih bitumenskih elastomernih traka debljine 5 mm

Slika 82. Podgled nadvožnjaka nakon ugradnje sanacijskih materija i trajnoelastičnog zaštitnog sustava

Slika 83. Ugradnja prijelaznih naprava, ograda i zaštitnog sustava betonskih površina

Slika 84. Izgled nadvožnjaka nakon završenih sanacijskih radova

8. ZAKLJUČAK

Unatoč činjenici da su složene infrastrukturne betonske građevine u Hrvatskoj u upotrebi više od 100 godina te da se ozbiljnija održavanja i sanacije provode više od 20 godina, još uvijek ne postoji jasna strategija i smjer u održavanju i upravljanju. Naime, iako postoje zakonske obaveze, zapravo ne postoji odgovornost za nečinjenje. Rušenje mosta Morandi u Genovi ponovno je aktualiziralo problematiku redovnih pregleda i održavanja građevina. Naravno, kako to obično biva kod nas, nakon početnog poleta sve se ponovno vratilo na staro te se ništa zapravo nije promijenilo. U našoj zemlji je infrastruktura manje – više već izgrađena te nije za očekivati neki novi uzlet u gradnji. Zbog konfiguracije terena imamo velik broj mostova (propusta, vijadukata, nadvožnjaka, podvožnjaka) čija je prosječna starost preko 30 godina te je samo pitanje kada će se i kod nas početi događati havarije. Srećom, većina naših mostova ima male raspone i robusne konstrukcije pa postoji nada da ćemo ipak reagirati na vrijeme.

Ovim diplomskim radom opisan je način rada, tehnologije i redoslijed radnji kod održavanja građevina. Neupitno je da se treba i mora promijeniti pristup te da redovno održavanje mora postati prioritet. Usporedbom troškova u poglavlju 4. vidljivo je kako su prednosti redovnog održavanja ogromne. Produljuje se trajnost građevine, daje se dodatna vrijednost, manje su štete za gospodarstvo a indirektno se utječe i na zapošljavanja i otvaranja novih radnih mjesta u tom sektoru.

Također, potrebno je napraviti jedinstven pravilnik o redovnom i izvanrednom održavanju za javne i privatne vlasnike građevina infrastrukture kojim bi se jasno propisale obaveze i posljedice odgovornih osoba za nepostupanje. Nastavno na navedeno, treba izraditi način i obim izrade takve projektne dokumentacije te uvesti obaveznu reviziju dokumentacije ako zahvati utječu na mehaničku otpornost i stabilnost građevine. Danas se većina naših ozbiljnih sanacijskih radova izvodi po Pravilniku o jednostavnim građevinama, a sve zbog nejasnoća i nemogućnosti projektiranja sanacija po važećoj regulativi.

Sve ovo navedeno dovodi do toga da velik broj sanacijskih zahvata projektiraju i izvode inženjeri i tvrtke s nedovoljno znanja i iskustva. Sanacije su neupitno i prošlost i budućnost svih građevina. Svojim karakterom će postajati sve zahtjevnije i složenije te je nužno da reagiramo na vrijeme jer ionako već mnogo kasnimo.

9. IZJAVA O AUTORSTVU

SVEUČILIŠTE SJEVER
SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN

IZJAVA O AUTORSTVU

I

SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Gorki Bratim pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor diplomskog rada pod naslovom Tehnologije sanacije i izvanrednog održavanja armirano-betonskih konstrukcija infrastrukturnih objekata te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student:
Gorki Bratim

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.
Ja, Gorki Bratim neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom diplomskog rada pod naslovom Tehnologije sanacije i izvanrednog održavanja armirano-betonskih konstrukcija infrastrukturnih objekata čiji sam autor.

Student:
Gorki Bratim

(vlastoručni potpis)

10. LITERATURA

1. Oslaković I.: Trajnost materijala
2. Pečur Banjad, I.: Primjena nerazornih ispitivanja u građevinarstvu
3. Beslać, J., Brajdić, J., Štemberga, K.: Beton jučer, danas i sutra; Hrvatski savez građevinskih inženjera, Sabor hrvatskih graditelja, 2008.
4. Gollu, Vamsi Krishna1, Allam. Dinesh2, Erla, Srinivasulu3.: Causes of concrete failure, 2016.
5. Barista, D.: 5 Ways concrete can fail, and how to avoid them, 2006.
6. Bleiziffer, J.: Trajnost betonskih konstrukcija, 2014.
7. Građevinski fakultet Beograd: Sanacije, rekonstrukcije i održavanje betonskih konstrukcija, 2016
8. Radnić, J., Harapin, A., Osnove betonskih konstrukcija, 2007.
9. Beslać, J., Brajdić, J., Štemberga, K.: Beton jučer, danas i sutra; Hrvatski savez građevinskih inženjera, Sabor hrvatskih graditelja 2008.
10. Herak Marović, V., Betonske konstrukcije 2013/2014
11. Radić J. i suradnici: Betonske konstrukcije 4 – Sanacije; Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2008.
12. Radić, J. i suradnici: Betonske konstrukcije 3 – Građenje; Hrvatska sveučilišna naklada Zagreb, 2008.
13. Varevac, D.: Izvedba i oblikovanje konstrukcija
14. Bjegović, D.: Mehanika i trajnost betona
15. Beslać, J., Bjegović, D., Rosković, R.: Inovativni materijali i tehnologije u građenju i održavanju betonskih konstrukcija; Građevinar; Zagreb, 2005.
16. Bjegović, Mikulić, Stipanović, Serdar, Rak, Krolo, Biočić: Smjernice za projektiranje, izvođenje, i održavanje objekata izloženih maritimnim uvjetima okoliša; Zagreb, 2010.
17. US Department of Transportation.; Bridge preservation guide, 2018.
18. Stromdhal, C.: Hydrodemolition of Concrete Surface, Concrete Engineering International, November/December, 2002.
19. Građevinski fakultet Zagreb: Predavanja Mostovi; 2010.

20. Momber, A.: Hydrodemolition of Concrete Surfaces and Reinforced Concrete Structures; Elsevier, Oxford, 2005.
21. Institut IGH d.d.: Projekt sanacije mosta Golinje, 2019.
22. Geoexpert IGM d.o.o.: izvedebeni projekt sanacije mosta Slunj, 2016
23. Geoexpert IGM d.o.o.: izvedbeni projekt sanacije obloge tunela Vidovci (desno), 2018
24. Urbane ideje d.o.o.: izvedbeni projekt sanacije mosta Galdovo na DC 36
25. HRN EN 1504-9:2008: Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – dio 9; Opća načela uporabe proizvoda i sustava.
26. Rechsteiner, A.,Wolfseher, R.: Concrete surface quality and structural conditions after hydrodemolition. Water Jet Applications in Construction Engineering (ed. A.W. Momber); Balkema, Rotterdam, 1998.
27. HRN EN 1990:2008: Osnove projektiranja konstrukcija.
28. HRN EN 206-1:2006: Beton – 1. dio: Specifikacije, svojstva, proizvodnja i sukladnost.
29. EN 1992-1-1:2005: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings.
30. HRN EN 197-1:2005: Cement – 1. dio: Sastav, specifikacije i kriteriji sukladnosti cementa opće namjene
31. HRN EN 1504-2:2004: Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 2. dio: Sustavi površinske zaštite.
32. HRN EN 1504-9:2008: Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 9. dio: Opća načela za uporabu proizvoda i sustava.
33. HRN ENV 1992-1-1:2004: Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija – 1-1 dio: Opća pravila i pravila za zgrade.
34. HRN EN 1504-3: 2005: Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 3. dio: Konstrukcijski i nekonstrukcijski popravak.

35. HRN EN 1504-4: 2004: Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 4. dio: Konstrukcijsko lijepljenje.
36. HRN EN 1504-5: 2005: Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 5. dio: Injektiranje betona.
37. HRN EN 1504-6: 2007: Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 6. dio: Sidrenje čelične armature.
38. HRN EN 1504-7:2007: Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 7. dio: Zaštita armature od korozije.
39. HRN EN 1504-10/AC:2007: Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija – Definicije, zahtjevi, kontrola kvalitete i vrednovanje sukladnosti – 10. dio: Primjena proizvoda i sustava na gradilištu i kontrola kvalitete radova.
40. HRN EN 14487-1:2005: Mlazni beton – 1. dio: Definicije, specifikacije i sukladnost.
41. HRN EN 14487-2:2007: Mlazni beton – 2. dio: Izvedba.
42. HRN EN 14488-1 do 7: Ispitivanje svojstava mlaznog betona.
43. HRN ENV 13670-1:2006: Izvedba betonskih konstrukcija – 1. dio: Općenito.
44. HRN EN 1542:2001: Proizvodi i sustavi za zaštitu i popravak betonskih konstrukcija – Metode ispitivanja – Mjerenje čvrstoće prionljivosti pull-off metodom.
45. Narodne novine 17/2017.: Tehnički propis za građevinske konstrukcije, 2017.
46. R.Gagg.: Cement and concrete as an engineering material, 2014.
47. https://www.grad.unizg.hr/mostovi/files/mostovi_varazdin/Predavanja/13_odrzavanje_mostova.pdf; 2010.

11.POPIS SLIKA

Slika 1. Trajnost konstrukcije u odnosu na granično stanje 4
Slika 2. Probabilistička procjena uporabnog vijeka..... 4
Slika 3. Mjerodavni razredi izloženosti višekatne zgrade 10
Slika 4. Mjerodavni razredi izloženosti na mostove, cestovne građevine, obalne i potporne zidove..... 11
Slika 5. Uzroci nedostataka u AB konstrukcijama 12
Slika 6. Povećanje volumena uslijed djelovanja korozije..... 12
Slika 7. Proces karbonatizacije betona 12
Slika 8. Sustav kategorizacije oštećenja prema DIN 1076 13
Slika 9. Oštećenje kolničke ploče mosta Klanac kod Gospića 13
Slika 10. Oštećenje rasponske konstrukcije mosta u Janafu u Omišlju..... 14
Slika 11. Oštećenje stropne ploče vodospreme Visoka III u Splitu..... 14
Slika 12. Oštećenje hodnika u zoni prijelazne naprave na mostu Kračevac..... 15
Slika 13. Oštećenje konzole hodnika mosta Slunj 15
Slika 14. Oštećenja na mostu Gospić..... 16
Slika 15. Oštećenja tunelske obloge 16
Slika 16. Izgled tablice ocjene stanja gornjeg ustroja nadvožnjaka 22
Slika 17. Prikaz stanja konstrukcije u ovisnosti o vremenu i kvaliteti održavanja.... 23
Slika 18. Prikaz troškova održavanja u ovisnosti o vremenu 24
Slika 19. Prikaz troškova održavanja u ovisnosti o stupnju održavanja..... 24
Slika 20. Izgled nadvožnjaka 25
Slika 21. Ispravno postavljena skela sa zaštitnim tunelima i mrežama na nadvožnjaku Zabok 30
Slika 22. Prikaz štete koja nastaje uklanjanjem pneumatskim alatima..... 31
Slika 23. Hidrodemoliranje hodnika tramvajskog mosta Mladost robotiziranim uređajem..... 32
Slika 24. Hidrodemoliranje hodnika mosta Siščani..... 32
Slika 25. Detalj reprofilacije reparaturnim mortom klase R4..... 34
Slika 26. Reprofilacija hodnika mosta Siščani reparaturnim mortom 35
Slika 27. Reprofilacija kolničke ploče nadvožnjaka Zabok reparaturnim mortom ... 35

Slika 28. Reprofilacija kolničke ploče tramvajskog mosta Mladost ugradnjom betona 36
Slika 29. Detalj injektiranja bušenim pakerima pod pritiskom 38
Slika 30. Detalj ugradnje bušenih pakera 39
Slika 31. Injektiranje pukotina sekundarne obloge tunela Frukov Krč 39
Slika 32. Injektiranje kolničke ploče mosta lijepljenim pakerima..... 40
Slika 33. Gravitacijsko injektiranje 41
Slika 34. Brtvljenje traga pukotine 42
Slika 35. Kruti premaz/mort na prsnom zidu upornjaka..... 43
Slika 36. Trajnoelastični poliuretanski sustav na nadvožnjaku Začretje 44
Slika 37. Primjena hidrofobne impregnacije na stupište nadvožnjaka 45
Slika 38. Zatečeno stanje mosta prije sanacijskih radova s vidljivim srušenim rubnim nosačem kao posljedicom ratne štete u Domovinskom ratu..... 46
Slika 39. Shema uklanjanja oštećenih slojeva mosta..... 47
Slika 40. Nacrt sanacije rasponskog sloja..... 47
Slika 41. Izrada bušenih pilota i betoniranje naglavne grede pilota 48
Slika 42. Izrada i montaža adhezivno prednapetog nosača 48
Slika 43. Hidrodinamičko uklanjanje oštećenog betona, armature i betoniranje nove kolničke ploče..... 49
Slika 44. Ojačanje nosača ugradnjom karbonskih lamela te zaštitni sustav podgleda mosta..... 49
Slika 45. Zatečeno stanje mosta prije sanacijskih radova s vidljivim oštećenjima konzola..... 50
Slika 46. Uzduzni presjek mosta s oznakama konstruktivnih elemenata 51
Slika 47. Nacrt postojećeg stanja rasponske konstrukcije mosta..... 51
Slika 48. Nacrt sanacijskih radova rasponske konstrukcije mosta 51
Slika 49. Montaža viseće skele, skele stupova i oplate konzole mosta 52
Slika 50. Oštećenja podgleda kolničke ploče te radovi hidrodinamičkog uklanjanja oštećenja..... 52
Slika 51. Ugradnja granitnih rubnjaka i priprema za betoniranje hodnika..... 53
Slika 52. Demontaža skele i izgled konstrukcije nakon završenih radova 53
Slika 53 Zatečeno stanje obloge tunela prije izvedbe sanacijskih radova 54

Slika 54. Shema oštećenja portala tunela 55
Slika 55. Shema oštećenja druge kampade tunela 55
Slika 56. Hidrodinamičko čišćenje sekundarne obloge i vidljiva oštećenja obloge .. 56
Slika 57. Postavljanje pakera i brtvljenje traga pukotine 56
Slika 58. Sanacija lokalnih oštećenja i nanošenje primera 57
Slika 59. Sanacija manjih nepravilnosti ugradnjom epoksidnog morta 58
Slika 60. Nanošenje završnog zaštitnog sustava 58
Slika 61. Izgled obloge nakon završenih sanacijskih radova 58
Slika 62. Zatečeno stanje mosta prije izvedbe sanacijskih radova 59
Slika 63. Poprečni presjek zatečenog stanja mosta 60
Slika 64. Poprečni presjek sanacijskog obuhvata mosta 60
Slika 65. Nacrt sanacijskih radova naglavnih greda i stupova 60
Slika 66. Oštećenja kolničke ploče i hidrodinamičko uklanjanje loših dijelova 61
Slika 67. Izgled konzola nakon uklanjanja i montaža novih omnia ploča 61
Slika 68. Montaža vijenaca, armature, i ugradnja betona novih pješačkih hodnika .. 62
Slika 69. Ugradnja razdjelnica, završnog zaštitnog sustava i asfaltiranje mosta 62
Slika 70. Zatečeno stanje nadvožnjaka s vidljivim oštećenjima 63
Slika 71. Zatečeno stanje nadvožnjaka 64
Slika 72. Novoprojektirano stanje radova nadvožnjaka 64
Slika 73. Oštećenja naglavne grede upornjaka i vijenaca i ograda nadvožnjaka 65
Slika 74. Oštećenja ograde, hodnika i rubnjaka nadvožnjaka 65
Slika 75. Hidrodinamičko uklanjanje betona nadvožnjaka robotiziranim uređajem s automatskim navođenjem 66
Slika 76. Reprofilacija kolničke ploče nakon uklanjanja oštećenog betona 66
Slika 77. Ugradnja oplate, armature i betona za izradu novih hodnika i greda novih prijelaznih naprava 67
Slika 78. Odizanje konstrukcije mosta hidrauličnim cilindrima u svrhu zamjene dotrajalih neoprenskih ležajeva 67
Slika 79. Naglavna greda nadvožnjaka s vidljivim dijelovima injektiranja pukotina, površine nakon hidrodinamičkog uklanjanja oštećenog betona i uzorci “pull off” ispitivanja 68

Slika 80. Ugradnja epoksidnog premaza i epoksidnog morta na kolničku ploču nadvožnjaka 68
Slika 81. Ugradnja hidroizolacijskog sustava od varenih mosnih bitumenskih elastomernih traka debljine 5 mm..... 69
Slika 82. Podgled nadvožnjaka nakon ugradnje sanacijskih materija i trajnoelastičnog zaštitnog sustava 69
Slika 83. Ugradnja prijelaznih naprava, ograda i zaštitnog sustava betonskih površina 70
Slika 84. Izgled nadvožnjaka nakon završenih sanacijskih radova 70

12.POPIS TABLICA

Tablica 1. Usporedba proizvodnje cementa po godinama 3
Tablica 2. Proračunski uporabni vijek konstrukcija 5
Tablica 3. Razredi izloženosti konstrukcija 9
Tablica 4. Minimalni zaštitni slojevi betona 10
Tablica 5. Prikaz troškova redovnog održavanja u razdoblju od 10 godina. 26
Tablica 6. Prikaz troškova izvanrednog održavanja u razdoblju od
30 – 40 godina. 26