

**SAVEZ GRAĐEVINSKIH
INŽENJERA SRBIJE**

*ASSOCIATION OF CIVIL
ENGINEERS OF SERBIA*

ZBORNIK RADOVA
DVANAESTOG MEĐUNARODNOG NAUČNO-STRUČNOG
SAVETOVANJA

OCENA STANJA, ODRŽAVANJE I SANACIJA GRAĐEVINSKIH OBJEKATA

*TWELFTH INTERNATIONAL CONFERENCE
ASSESSMENT, MAINTENANCE AND REHABILITATION OF
STRUCTURES*

CONFERENCE PROCEEDINGS

Editor: Prof. dr Radomir Folić

Vrnjačka Banja, 29. jun – 1. jul 2022.



SAVEZ GRAĐEVINSKIH INŽENJERA SRBIJE
ASSOCIATION OF CIVIL ENGINEERS OF SERBIA



INŽENJERSKA KOMORA SRBIJE
SERBIAN CHAMBER OF ENGINEERS

IZDAVAČ / (PUBLISHER):

Savez građevinskih inženjera Srbije / *Association of Civil Engineers of Serbia*
Beograd, Kneza Miloša 9/I, Tel/Faks: (011) 3241 656

PROGRAMSKI ODBOR / (PROGRAMME COMMITTEE):

PREDSEDNIK/(CHAIRMAN): Emeritus Prof.dr Radomir FOLIĆ, FTN, Novi Sad, Srbija

ČLANOVI / (MEMBERS):

Predrag POPOVIĆ, Wiss, Janney, Elstner Associates, Nortbruk, Ilinoj, SAD
Prof.dr Zlatko MARKOVIĆ, Građevinski fakultet, Beograd, Srbija
Dr Nenad ŠUŠIĆ, Institut IMS, Beograd, Srbija
Prof.dr Radenko PEJOVIĆ, Građevinski fakultet, Podgorica, Crna Gora
Prof. dr Radomir ZEJAK, Građevinski fakultet, Podgorica, Crna Gora
Prof.dr Nađa KURTOVIĆ-FOLIĆ, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija
Prof.dr Srđan KOLAKOVIĆ, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija
Prof.dr Igor JOKANOVIĆ, Građevinski fakultet Subotica, Srbija
Prof.dr Vlastimir RADONJANIN, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija
Prof.dr Mirjana MALEŠEV, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija
Prof.dr Dragoslav STOJIC, Građevinsko – arhitektonski fakultet, Niš, Srbija
Prof.dr Miroslav BEŠEVIĆ, Građevinski fakultet, Subotica, Srbija
Doc. dr Nenad FRIC, Građevinski fakultet, Beograd, Srbija
Prof.dr Dubravka BJEGOVIĆ, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska
Prof.dr Doncho PARTOV, VSU, Sofija, Bugarska
Prof.dr Daniel DAN, Univerzitet Temisvar, Rumunija
Prof.dr Damir VAREVAC, Osjek, Hrvatska
Prof.dr Asterios LIOLIOS, Democratus Univerzitet Trakije, Grčka
Prof. dr Zlatko ZAFIROVSKI, Univerzitet Sv. Kirilo i Metodije, Skoplje, Severna Makedonija
Dr ANAMARIA FEIER, Univerzitet Temišvar, Rumunija
Akademik Yachko IVANOV, Univerzitet VSU, Sofija, Bugarska
Prof.dr Michael FORDE, Univerzitet Edinburg, Ujedinjeno Kraljevstvo
Prof.dr Jose ADAM, ICITECH, Departman za konstrukcije, Valensija, Španija
Prof.dr Damir ZENUNOVIĆ, Rudarsko-geološko-gradjevinski fakultet, Tuzla, BiH
Prof.dr ROBERTA APOSTOLSKA, IZIIS Skoplje, Makedonija

EDITOR / (Editor in Chief): Prof.dr Radomir FOLIĆ

TEHNIČKI UREDNIK / (Editor): V. prof. dr Aleksandar ĐUKIĆ

Svi radovi u ovom zborniku radova su recenzirani. Stavovi izneti u ovoj publikaciji ne odražavaju nužno i stavove izdavača, naučnog komiteta ili editora.

TIRAŽ (Print run): 150

SAVEZ GRAĐEVINSKIH INŽENJERA SRBIJE

u saradnji sa

ADING D.O.O.

pod pokroviteljstvom

MINISTARSTVA PROSVETE, NAUKE I TEHNOLOŠKOG RAZVOJA REPUBLIKE SRBIJE

ZBORNIK RADOVA

DVANAESTOG NAUČNO-STRUČNOG MEĐUNARODNOG
SAVETOVANJA

**OCENA STANJA, ODRŽAVANJE I
SANACIJA GRAĐEVINSKIH
OBJEKATA**

*TWELFTH INTERNATIONAL CONFERENCE
ASSESSMENT, MAINTENANCE AND REHABILITATION OF
STRUCTURES*

CONFERENCE PROCEEDINGS

Editor: Prof. dr Radomir Folić

Vrnjačka Banja, 29. jun – 1. jul 2022.

ORGANIZATORI SAVETOVANJA / (CONFERENCE ORGANISERS):

Savez građevinskih inženjera Srbije (Beograd), ADING d.o.o. Beograd

ORGANIZACIONI ODBOR / (ORGANISING COMMITTEE):

PRESEDNIIK: Zoran ĐUROVIĆ, dipl. Inž. građ. - ADING doo Beograd

SEKRETAR (Secretary): Suzana VASIĆ, Beograd - Srbija

ČLANOVI :

Danijel CEKOV, dipl. Inž. građ. - ADING doo, Srbija

Nikola UZUNOV, mast. Inž. građ. - ADING doo, Srbija

Srdan ILIĆ, dipl. Inž. građ. - ADING doo, Srbija

Dr Dragan BOJOVIĆ, Institut IMS, Beograd, Srbija

Prof. dr Dragica JEVTIĆ, Građevinski fakultet, Beograd, Srbija

Slavica ŽIVKOVIĆ, mast. ekon. - Beograd, Srbija

ODRŽAVANJE SAVETOVANJA SU POMOGLI / (SPONSORED BY):

- Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja
- Inženjerska komora Srbije
- ADING doo Beograd - generalni sponzor
- Institut IMS
- Wienerberger
- Sika
- Jadran doo
- Uretek-Maximus-Geo doo pančevo
- Mapei

**DVANAESTO MEĐUNARODNO NAUČNO – STRUČNO
SAVETOVANJE
OCENA STANJA, ODRŽAVANJE I SANACIJA GRAĐEVINSKIH
OBJEKATA**

Stručni rad

Zafirovski Zlatko¹, Uzunov Nikola²

**PRINCIPI, METODE, MATERIJALI I PRIMERI SANACIJE I ZAŠTITE
HIDRO-TEHNIČKIH TUNELA U SAGLASNOSTI SA EVROPSKIM
NORMAMA**

Rezime: Hidrotenički tuneli su specifični podzemni objekti namenjeni za sprovođenje vode u okviru sistema za vodosnabdevanje i navodnjavanje, sprovođenje otpadnih voda, vode namenjene za proizvodnju električne energije i dr. Kao posledica upotrebe ovih objekata, HT tuneli u eksploataciji su izloženi fizičko-mehaničkim i hemiskim dejstvom vode koja protiče i koja često prouzrokuje oštećenja konstrukcije tunela. Tema ovog rada je da se prezentiraju Evropske norme koje definišu metodologiju i materijale koji se primenjuju za sanaciju i zaštitu HT tunela. Za ilustraciju, opisana je metodologija sanacije HT tunela u okviru rudnika za olovo i cink “Sasa”, Severna Makedonija, izvršena u periodu od 2016-2020 godine.

Ključne reči: Hidrotenički tunel, Sasa, Beton, Izloženost, Sanacija, Zaštita betonskih konstrukcija, EN 1504

**PRINCIPLES, METHODS, MATERIALS AND CASES FOR REPAIRATION AND
PROTECTION OF HYDRO-TECHNICAL TUNNELS ACCORDING TO
EUROPEAN NORMS**

Summary: Hydro-technical tunnels are specific underground objects used for transportation of water in systems for water-distribution, melioration, transportation of waste-waters, delivery of water used for production of electrical energy, etc. Due to the use of this systems, during their exploitation HT tunnels are regularly exposed to physical, mechanical and chemical influences of running water, thus they often suffer deterioration of concrete structure. Topic of this work is to present European Norms that defines methodology and materials used for repairation and protection of HT tunnels. For illustration, methodology is described for repairation of HT tunnel in the quarry for Lead and Zink “Sasa” Nord Macedonia, executed in the period between 2016-2020.

Key words: Hydro-technical tunnel, Sasa, Concrete, Exposure, Repairation, Protection of concrete structures, EN1504

¹ PhD, Civ. Eng, Associate Professor, University „Ss. Cyril and Methodius“, Faculty of Civil Engineering – Skopje, Republic of North Macedonia; zafirovski@gf.ukim.edu.mk

² M Sc. Civil engineer, ADING AD Skopje, Republic of North Macedonia, uzunov@ading.com.mk

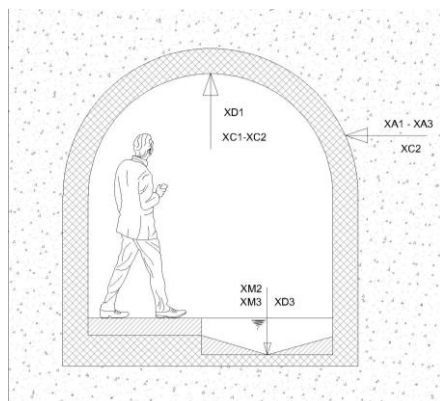
1. UVOD

Hidrotehnički tuneli predstavljaju specifične podzemne konstrukcije namenjene za sprovođenje vode u okviru sistema za vodosnabdevanje i navodnjavanje, sakupljanje i sprovođenje otpadnih voda, vode namenjene za proizvodnju hidro-električne energije i drugo. Kao posledica upotrebe ovih objekta, HT tuneli u eksploataciji su izloženi fizičko-mehaničkim i hemiskim dejstvom vode koja protiče i koja često prouzorkuje oštećenja konstrukcije tunela. Dodatno, kao i svi podzemni objekti, HT tuneli su izloženi na kontakt (i prodor) podzemne vode i konstantni hidrostatski pritisak. U zavisnosti od terena gde se nalaze i načina izvođenja, HT tuneli predstavljaju kompleksne konstrukcije koje se izvode u više faza koje su potencijalno su podložne oštećenjima u toku izgradnje i eksploatacije, prodoru vode i agresivnih materija.

1.1. Klase izloženosti konstrukcije Hidrotehničkih Tunela prema Evropskim normama za beton EN 206

Evropski standard za beton EN206 definiše različite kategorije izloženosti betonskih konstrukcija. Dodatno, za svaku klasu izloženosti standard definiše i minimalne performanse betona koji može da se primeni za datu poziciju. Uobičajeno, hidro-tehnički tuneli su izloženi na sledeće uticaje:

- Spoljašna strana betona u kontaktu sa tlom i podzemnim vodama uobičajeno je izložena na hidrostatski pritisak, prodor vode, hemiske uticaje podzemne vode (XA1 - XA3) i na niže klase uticaja karbonizacije (XC1-XC2).
- Unutrašnja strana HT je izložena u donjem delu na mehanički uticaj (abraziju) vode koja teče i eventualno nosi pesak. Klasa izloženosti u ovom delu tunela je (XM1-XM3). Ostali delovi unutrašnjosti tunela koji nisu u direktnom kontaktu sa vodom mogu biti izloženi na dejstvo hlorida i karbonizaciju. Ukoliko voda koja se sprovodi kroz tunel sadrži rastvorene hloride, klasa izloženosti betonske konstrukcije u tunelu može da bude (XD1-XD3).



Uobičajene klase izloženosti betona kod

Hidrotehničkih tunela

Za navedene klase izloženosti, Evropski standard za beton EN206 definiše uslove za sastav i minimalne performanse betona.

2. ZAŠTITA BETONSKE KONSTRUKCIJE HIDRO-TEHNIČKIH TUNELA

Kod Hidrotehničkih tunela koi su deo industriskih kompleksa, rudnika, poljoprivrednih sistema, voda koja se sprovodi često sadrži visoko hemiski agresivne materije. U ovom slučaju, pored adekvatnih performansi betona, neophodno je da se predvidi adekvatna hemiska zaštita konstrukcije.

Dodatno, kod svih HT tunela, ukoliko beton ne zadovoljava tražene performanse za mehaničku otpornost ili vodonepropustljivost, potrebno je da se predvidi sistem za površinsko ojačanje i mahaničku zaštitu betona.

2.1 Principi i Metode za zaštitu HT Tunela prema Evropskim normama EN 1504-2

Zaštitna betonskih konstrukcija obuhvata primenu specijalizovanih materijala i tehnologije, koje su definisane u Evropskom standardu EN1504, preko utvrđenih Principa i Metoda zaštite konstrukcije.

Za zaštitu HT Tunela uopbičajeno se primenjuju sledeći Principi i Metode:

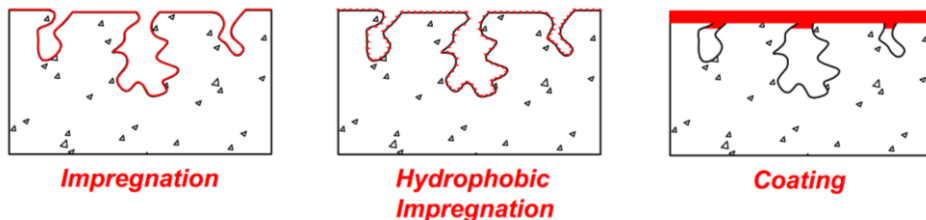
Princip zaštite betonskih konstrukcija		Primenjene metode
1	Zaštita od prodora	Hidrofobna Impregnacija Impregnacija Obloga (coating)
2	Kontrola vlažnosti	Hidrofobna Impregnacija Impregnacija
5	Povećanje fizičke otpornosti	Impregnacija Obloga (coating)
6	Povećanje hemiske otpornosti	Obloga (coating)

Princip zaštite čelične armature od korozije		Primenjene metode
8	Povećanje otpornosti	Impregnacija Obloga (coating)
11	Kontrola Anodnih površina	Aktivni zaštitni premaz

Postoje tri osnovne Metode za površinsku zaštita betonskih konstrukcija – Impregnacija, Hidrofobna Impregnacija i Obloga

- **HIDROFOBNA IMPREGNACIJA** predstavlja tretman kojim se dobija vodoodbojna i paropropusna površina, pritom se uopšte ne menja izgled površine,

- **IMPREGNACIJA** predstavlja tretman kojim se smanjuje poroznost i poboljšavaju fizičko-mehaničke karakteristike podloge sa delimičnim ili potpunim zatvaranjem pora i formiranje isprekidanog tankog filma na površini,
- **OBLOGA** predstavlja formiranje kontinualnog neprikidnog sloja na površini betona debljine do 5mm koji štiti beton od prodora vlage i agresivnih materija, povećava fizičko-mehanička svojstva podloge i otpornost na hemijsku agresiju.



2.2 Materijali za zaštitu HT Tunela

Izbor odgovarajućeg proizvoda ili sistema za površinsku zaštitu betona se vrši na bazi procene konkretnih ili potencijalnih pričinitelja degradacije. Pri izboru, uzimaju se obzir sve relevantne karakteristike materijala/sistema: čvrstoća materijala, otpornost na habanje, athezija na vlažnoj podlozi, propustljivost na CO₂, propustljivost vodene pare, otpornost na dejstvo mraza i soli, hemijska otpornost, ekstremna hemijska otpornost, mogućnost premošćavanja pukotina, otpornost na udar, otpornosti na klizanje, kao i druga specifična svojstva. Primenjeni sistemi u vezanom (izvedenom) stanju ne smeju oslobađati štetne materije po zdravlje i okolinu.

U zavisnosti od namene HT tunela, veoma se razlikuju tip i stepen izloženosti konstrukcije, kao i tip sistema koji se koristi za zaštitu betona. U prilogu su opisani uobičajeni tipovi zaštite HT tunela

- **Tuneli za transport vode za piće** – Voda koja se koristi u ishrani ljudi ne sadrži visok procenat materija koje štetno utiču na beton. Istovremeno, i materijali koji se koriste za zaštitu ovakvih sistema moraju da budu adekvatni i da ne sadrže materije koji štetno utiču na zdravlje ljudi i okolinu. Osnovni tip izloženosti kod tunela za transport vode za piće je mehanička abrazija (habanje) prouzrokovano vodom koja protiče. Kod ovakvih tunela, za zaštitu betonskog korita preporučljivo je da se koriste kruti sistemi za oblaganje na bazi cementa i polimera. Kao prajmer se preporučuje primena proizvoda za Hidrofobnu impregnaciju betona (uobičajeno na bazi silana/siloksana), koji može da se primeni i za zaštitu zidova i kalote tunela (ovo je naročito značajno ukoliko beton koji je primenjen za izvođenje konstrukcije tunela nije u skladu sa preporukama za konkretnu klasu izloženosti).

* U nekim slučajevima, kada je voda “meka”, t.e. kada u sebi ne sadrži visok procenat rastvorenog krečnjaka, ista može vremenom da rastvori krečnjak iz agregata i na taj način da hemijski erodira beton.



Hidrotehnički tunel i akvdukt "Streževo"

- **Tuneli za transport vode koja brzo teče** – Kod sistema koji sprovode vodu namenjenu za proizvodnju električne energije (u Hidro-elektrane), osnovni je zahtev da se sačuva kinetička energija vode koja protiče, kako bi se ista iskoristila za proizvodnju struje. Sam beton potrebno je da zadovolji tražene performanse za klasu izloženosti na habanje (XM3), da bude pravilno izliven i da ima glatku površinu. Agregat za pripremanje ovakvog betona potrebno je da poseduje visoku otpornost na habanje (preporučuje se upotreba agregati magmatskog porekla). Betoni sa krupnijom frakcijom agregata imaju veću otpornost na habanje u odnosu na sitno-zrne betone iste čvrstoće.

Sa ciljem da se smanji trenje vode i gubjenje energije, kod ovih tunela traži se da podloga ima glatku površinu i da se sve neravnine i šupljine popune i izgletuju. Istovremeno, površina betona potrebno je da se zaštiti primenom proizvoda koji su visoko-otporni na habanje, glatki i ostvaruju visoku adheziju za beton.

Za oblaganje ovakvih tunela uobičajeno se koriste premazi na bazi vodenih epoksida koji poseduju visoku otpornost na habanje vode i glatku vodonepropustljivu površinu. Prednost ovakvih materijala u odnosu na "klasične" epoksidge na bazi rastvarača je mogućnost ugradnje na vodo-zasićeni beton i veća propustljivost na vodenu paru što obezbeđuje trajnost obloge. Isti tip premaza se koristi i za zaštitu betonskih stubova na mostovima koji su konstantno izloženi na habanje prouzrokovano vodom koja protiče. Ukoliko je betonska površina segregirana ili oštećena, pre nanošenja završnog premaza potrebno je da se sanira korišćenjem sanacionih maltera na bazi vodenog epoksida i cementa.

Zaštitna obloga na bazi vodenih epoksida

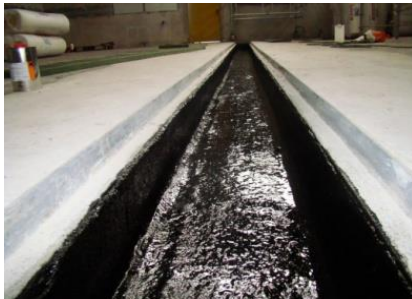


Tuneli za transport vode koja brzo teče



Zaštita stubova na mostovima

- **Tuneli za sakupljanje i transport hemiski kontaminirane vode** – Otpadne vode iz urbanih sredina, poljoprivrede, industrije i slično, moraju da se sakupe i da se sprovedu u postrojenje za dalji tretman ili odlaganje. Kod ovakvih Sistema, pored mehaničkog dejstva vode koja teče, uobičajeno je prisutna i intenzivna hemiska agresija. U zavisnosti od tipa i “porekla” otpadne vode mogu da sadrže organske materije i nitrata, derivate nafte, hloride, sulfate i druge materije koje prouzrokuju koroziju betona i armature. Sistem za zaštitu betona od hemiske izloženosti mora da bude otporan na specifičnu hemisku agresiju. Kod ovakvih sistema uobičajeno se primenjuju zaštitni premazi na bazi epoksidne smole.



Hemiski otporna zaštitna obloga na bazi epoksidne smole

3. PRIMER-ILUSTRACIJA: ANALIZA SANACIJE I ZAŠTITE BETONSKE KONSTRUKCIJE HIDRO-TEHNIČKOG TUNELA U OKVIRU RUDNIKA “SASA”

3.1. Opis objekta i zateknutog stanja pre sanacije

Tunel “Sasa” pretstavlja kompleksni hidrotehnički objekat koji se nalazi u okviru istoimenog rudnika za olovo i cink u Severnoj Makedoniji. Sama konstrukcije nosive podgrade tunela razlikuje se u različitim delovima zbog različite geologije stene i intenziteta prodiranja vode. Razlikuju se:

- Delovi bez podgrade (samo stenska masa)
- Segmenti sa primarnom podgradom (ankeri i mlazni beton)
- Segmenti sa primarnom podgradom i sekundarnom podgradom (AB konstrukcija)

Zbog dugotrajne izloženosti na agresivne uticaje hemiske i mehaničke prirode, betonska konstrukcija tunela u nekim delovima je pretrpela značajna oštećenja zbog čega je bilo neophodno da se preduzmu mere sanacije i zaštite konstrukcije. 2016 godine započeti su radovi na rehabilitaciji tunela, prema projektu koji je izradio GF Skopje.



Hemiska i mehanička oštećenja betona prouzrokovana vodom koja protiče

3.2 Metodologija sanacije tunela “Sasa”

Projekat sanacije je u potpunosti usaglašen sa Evropskim standardom EN1504 koji obuhvata:

- Vršenje opsežnih ispitivanja betona i konstrukcije, geo-mehanička ispitivanja, hidrološka ispitivanja, hemiska ispitivanja vode, itn,
- Identifikovanje uzroka oštećenja konstrukcije,
- Utvrđivanje stanja betonske konstrukcije ,
- Određivanje cilja sanacije,
- Utvrđivanje principa i metodologije sanacije i zaštite betonske konstrukcije,
- Izbor materijala i metodologije sanacije-zaštite konstrukcije,
- Utrđivanje mera za zaštitu pri radu i zaštitu životne sredine

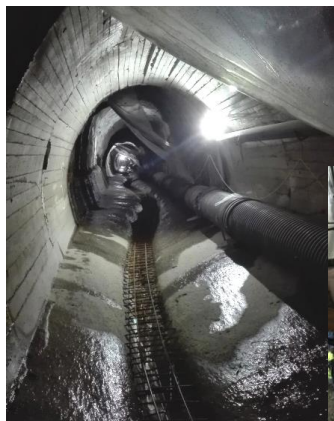
3.3 Izbor Principa, Metoda i Materijala za Sanaciju tunela

Sanacija e izvršena u skladu sa standardom EN1504-9 Princip 3 Reparacija betona, Metoda 3.1 Ručno nanošenje maltera; Princip 7 Vraćanje pasivnosti, Metoda 7.1 Povećanje zaštitnog sloja iznad armature, Metoda 4.2 Dodavanje maltera ili betona; Princip 11 Kontrola Anodnih površina, Metoda 11.1 Aktivni zaštitni premaz.

Faza1. Obezbeđivanje uslova za izvršenje sanacionih radova u tunelu, mere bezbednosti i zaštite životne sredine

Sa ciljem da se obezbede uslovi za neprečeno i bezbedno odvijanje sanacionih radova u tunelu, bilo je neophodno da se voda sprovede kroz sistem cevi postavljene kroz tunel, koje su postavljene na način da ne ometaju izvršenje radova. Voda je prihvaćena izgradnjom privremenog “zagata”. Sistem za sprovođenje vode je bio dimenzioniran na način da je obezbeđeno prihvatanje i sprovođenje kompletne vode koja može da se javi u tunelu.

Materijali koji su primenjeni za sanaciju-zaštitu tunela su odabrani na način da njihov uticaj na životnu sredinu nema štetnih posledica. Dominantno su korišćeni materijali na bazi cementa i vodo-rasvorivih polimera.



Sistem za sprovođenje vode kroz tunel



Injektiranje aktivnih prodora vode



Zaštita konstrukcije HT tunela

Faza 2. Zaustavljanje aktivnih prodora vode u tunelu. Injektiranje

Aktivni prodori vode u nekim sekcijama tunela (gde je infiltracija bila najveća), su sanirani na način da se voda prihvatila i sprovela u glavni tok vode kroz tunel.

U nekim sekcijama gde su spoljašnji hidrostatski pritisak i prodori bili slabijeg intenziteta, bilo je predviđeno da se prodori saniraju injektiranjem smole na poliuretanskoj bazi koja u kontaktu sa vodom brzo i intenzivno ekspandira. Nakon vezivanja, smola formira nerastvorljiv materijal visoke čvrstoće (do 70MPa), koji zatvara šupljine i kaverne u betonu, sprečava prodor vode i ojačava konstrukciju.

Injektiranje se vrši pomoću metalnih pakera koji se postavljaju u beton. Pritisak injektiranja varira od 5-100 Bar, u zavisnosti od protoka vode, širine pukotina i čvrstoće samog betona.

Faza 3. Sanacioni radovi, priprema betonske podloge, reprofiliranje

Najveća oštećenja konstrukcije javljaju se na dnu tunela, u korito kroz koje protiče voda. Na tim sekcijama bilo je neophodna konstruktivna sanacija – reprofiliranje reparaturnim malterom visoke čvrstoće i otpornosti na habanje (abraziju vode i čvrstog materijala koji voda nosi).

Za navedenu poziciju je specijalno dizajniran i primenjen materijal EKSMAL 16 SASA, gotovi reparaturni beton, na bazi cementa i polimera. EKSMAL 16 SASA je sertifikovan u skladu sa standardom EN1504-3, prema najvišoj klasi materijala za konstruktivne sanacije R4, i ima čvrstoću na pritisak iznad 50MPa, kompenzirano skupljanje i atheziju iznad 2,0 MPa. Maksimalna frakcija agregata je 16mm, magmatskog porekla, izabran na način da ima visoku otpornost na habanje. Gotovi sanacioni malter-beton EKSMAL 16 SASA ima otpornost na habanje koje odgovara klasi izloženosti XM3.



*Reprofiliranje reparaturnim malterom visoke čvrstoće i otpornosti na habanje EKSMAL
16 SASA*

Oštećenje betonske konstrukcije na zidovima i kaloti tunela sanirani su polimer-cementnim reparaturnim malterom za sanacije REPARATUR MALTER-F. Izložena armatura je zaštićena od korozije primenom zaštitnim premazom REPARATUR PENETRAT.

3.4 Izbor Principa, Metoda i Materijala za Zaštitu sanirane konstrukcije tunela “Sasa”

Nakon završenih sanacionih radova, betonska konstrukcija tunela je dodatno zaštićena od mehaničkog habanja, prodora vode i hemiske agresije. Za zaštitu konstrukcije na dnu-koritu HT tunela, primenjen je 2k premaz (coating) na bazi epoksidne smole ADINGPOKS 1. Njegovom primenom, pored hemiske zaštite betona, dodatno e vrši povećanje mehaničke čvrstoće i otpornosti na habanje njegove površine.

Zaštita sanirane betonske konstrukcije u HT tunelu izvršena prema standardu EN1504-9 Princip 1 Zaštita od prodora; Princip 5 Povećanje fizičke otpornosti; Princip 6 Povećanje hemiske otpornosti; Metoda: Oblaganje (coating).

4. ZALJUČAK

Sanacije betonskih konstrukcija su generalno kompleksni i skupi inženjerski projekti, koji zahtevaju prethodna ispitivanja konstrukcije, utvrđivanje stanja i uzroka degradacije, projekat sanacionih radova, pravilan izbor materijala i tehnologije ugradnje, primena mera zaštite tokom izvođenja radova i mere zaštite životne sredine.

Primenom adekvatnih mera zaštite konstrukcije, značajno se smanjuje ili eliminiira potreba od vršenja opsežnih sanacionih radova. Ovo se naročito osnosi na Hidrotehničke objekte, uključujući i HT tunele koji su po pravilu visoko izložene konstrukcije na fizičko-mehaničke i hemiske uticaje.

Primenom Evropskih normi EN1504 omogućuje se sistematizacija kompletnog procesa sanacije i zaštite betonskih konstrukcija, metodologije izvođenja, pravilni odabir materijala, itd.

Sanacija HT tunela Sasa, je uspešno izvedena implementiranjem metodologije opisane u standardu EN 1504 i pretstavlja primer za buduće projekte sanacije inženjerskih i HT objekata. Proizvodnja specijaliziranih materijala za sanacije i njihova sertifikacija

prema Evroskim normama je takode ključna za uspešnost sanacije i trajnost saniranog objekta.

5. REFERENCE

- [1] Construction design of the “Saska” river diversion tunnel, stage II, Faculty of Civil Engineering, Skopje, 2006.
- [2] As built design of the “Saska” river diversion tunnel (stage II), Faculty of Civil Engineering, Skopje, 2008.
- [3] Geodetic report on the surveys conducted for special purposes, Geomer, Delcevo, 2009.
- [4] Partial – technical solution for the accompanying facility of the diversion collector “Velkovski stream” /*shaft – diversion tunnel*/ after raising the “New TSF” of Sasa mine – M. Kamenica – stage I, above elevation 990.0 m, Mine institute “Zavod PMS”, Skopje, 2000.
- [5] Construction report on completed activities aimed at rehabilitation of the damaged sections of collector no. 6 between survey marks 0+90 and 0+120 at the lead and zinc mine “Sasa” – M. Kamenica, RE-KO Inzenering, 2007.
- [6] Main design on rehabilitation of a section of the “Saska” river diversion tunnel at survey mark 0+970–1+140.5, Civil Engineering institute “Makedonija”, Skopje, 2005.
- [7] Tehničke mere za rehabilitaciju uhidrotehnički tunel na Saska reka – M. Kamenica , Zlatko Zafirovski, Milorad Jovanovski, Vasko Gacevski, 15-ti Kongres DGKS Zaltibor, Srbija 2018
- [8] Ading sistemi i tehnologije za sanaciju i zaštitu armirano-betonskih konstrukcija, u skladu sa evropskim standardom EN 1504, Ading AD Skopje, 2019