junij 2024
letnik 73

Gradbeni vestnik

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE IN MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKE ZBORNICE SLOVENIJE

114 ABRAZIJSKA ODPORNOST BETONOV NA VODNIH ZGRADBAH

Gradbeni vestnik

Izdajatelj:
Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS),
Karlovška cesta 3, 1000 Ljubljana,
telefon 01 52 40 200
v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (IZS MSG),**
ob podpori **Javne agencije za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost RS, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Fakultete za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru in Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:
ZDGITS: **prof. dr. Matjaž Mikoš, predsednik**
izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski
Dušan Jukić
IZS MSG: **dr. Rok Cajzek**
mag. Jernej Nučič
Tina Bučić
UL FGG: **izr. prof. dr. Matija Gams**
UM FGPA: **prof. dr. Miroslav Premrov**
ZAG: **doc. dr. Aleš Žnidarič**

Uredniški odbor: **izr. prof. dr. Sebastjan Bratina, glavni in odgovorni urednik**
doc. dr. Milan Kuhta

Lektor: **Jan Grabnar**

Lektorica angleških povzetkov:
Romana Hudin

Tajnica: **Eva Okorn**

Oblikovalska zasnova: **Agencija GIG**

Tehnično urejanje, prelom in tisk:
Kočevski tisk

Naklada: **400 tiskanih izvodov**
3000 naročnikov elektronske verzije

Podatki o objavah v reviji so navedeni v bibliografskih bazah COBISS in ICONDA (The Int. Construction Database) ter na **www.zveza-dgits.si**

Letno izide 12 številk. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 25,50 EUR; za študente in upokojence 10,50 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 188,50 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 88,00 EUR.
V ceni je vštet DDV.
Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:
SI56 0201 7001 5398 955

Slika na naslovnici:
montaža prednapetih strešnih nosilcev dolžine 37,4 m pri gradnji novega logističnega centra DHL na Brniku, foto: Sebastjan Bratina

Glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije in **Matične sekcije gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije.**
UDK-UDC 05 : 625; tiskana izdaja ISSN 0017-2774;
spletna izdaja ISSN 2536-4332.
Ljubljana, junij 2024, letnik 73, str. 113-132

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Članki (razen angleških povzetkov) in prispevki morajo biti napisani v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnim presledkom med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev z nazivi in naslovi ter besedilo.
6. Članki morajo obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); znanstveni naziv, imena in priimke avtorjev, strokovni naziv, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; ključne besede v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; ključne besede (key words) v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); … naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavja se oštevilčijo brez končnih pik. Denimo: 1 UVOD; 2 GRADNJA AVTOCESTNEGA ODSEKA; 2.1 Avtocestni odsek … 3 …; 3.1 … itd.
8. Slike (risbe in fotografije s primerno ločljivostjo) in preglednice morajo biti razporejene in omenjene po vrstnem redu v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Kot decimalno ločilo je treba uporabljati vejico.
11. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki oglatih oklepajev: [priimek prvega avtorja ali kratica ustanove, leto objave]. V istem letu objavljena dela istega avtorja ali ustanove morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela razvrščena po abecednem redu priimkov prvih avtorjev ali kraticah ustanov in opisana z naslednjimi podatki: priimek ali kratica ustanove, začetnica imena prvega avtorja ali naziv ustanove, priimki in začetnice imen drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
13. Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
14. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD glavnemu in odgovornemu uredniku na e-naslov: sebastjan.bratina@fgg.uni-lj.si. V sporočilu mora avtor napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren.

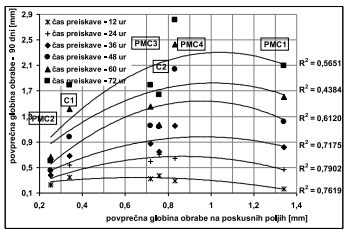
Uredništvo

Gradbeni vestnik 70 let

VSEBINA CONTENTS

ČLANKI PAPERS

izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski, univ. dipl. inž. grad.
ABRAZIJSKA ODPORNOST BETONOV NA VODNIH ZGRADBAH
ABRASION RESISTANCE OF CONCRETE ON HYDRAULIC STRUCTURES
114



POROČILI S STROKOVNIH SREČANJ

Vladka Šalej, Educenter, d. o. o.
ŽENSKE V GRADBENIŠTVU 2024
123

Uroš Rozman, Društvo za ceste SV Slovenije
STROKOVNI POSVET RAZVOJNA IN PROMETNA INFRASTRUKTURA NA KOROŠKEM
125

OBVESTILA ZDGITS

Eva Okorn
POROČILO S SKUPŠČINE ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE (ZDGITS)
127

FOTOREPORTAŽA Z GRADBIŠČA

Direkcija Republike Slovenije za ceste
GRADNJA OBVOZNICE ŽELEZNIKI
129

NOVI DIPLOMANTI

Eva Okorn

KOLEDAR PRIREDITEV

Eva Okorn

Izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski, univ. dipl. inž. grad.
andrej.kryzanowski@fgg.uni-lj.si
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

Znanstveni članek
UDK/UDC: 624.01:627.8-033(282)

ABRAZIJSKA ODPORNOST BETONOV NA VODNIH ZGRADBAH
ABRASION RESISTANCE OF CONCRETE ON HYDRAULIC STRUCTURES

Povzetek
V članku smo analizirali pojav abrazijske erozije betonov na vodnih zgradbah, ki je posledica abrazijskega delovanja z vodnim tokom rinjenih plavin. Detajlno nas je zanimala ustreznost metode za ugotavljanje stopnje abrazijske erozije betonov na vodnih zgradbah po standardu ASTM C 1138. To smo ocenili s primerjavo med laboratorijskimi rezultati in meritvami abrazijske odpornosti betona v naravi z izvedbo preskusnih polj v podslapju HE Vrhovo. Ustreznost metode smo analizirali za betone, ki so bili vgrajeni na evakuacijskih objektih hidroelektrarn na spodnji Savi. Pri tem smo osnovne sestave betonov modificirali z dodatki primarnega veziva, jeklenih in polipropilenskih vlaken ter z gumenim agregatom. Analiza je pokazala kvalitativno podobnost stopnje abrazijske erozije betonov med laboratorijskimi meritvami in meritvami v naravi. Kvantitativna primerjava rezultatov pa je pokazala dobro korelacijo med laboratorijskimi meritvami in meritvami v naravi kakor tudi primernost laboratorijske metode po standardu ASTM C 1138 za oceno odpornosti betonov proti obrabi na prelivih verige HE na spodnji Savi.

Ključne besede: abrazija, abrazijska odpornost, betoni, vodne zgradbe

Summary
The paper deals with the issues of concrete resistance to long-term abrasion loading caused by waterborne particles. The purpose of the research work is to define the criteria for the design of abrasion-resistant concrete linings for the proposed hydro power plants on the Sava River. The abrasion resistance of concrete was investigated in accordance with the standard ASTM C 1138 method. The research work was based on a comparison between laboratory results and measurements of the abrasion resistance of concrete under natural conditions by performing test plots in the stilling basin of the Vrhovo HPP. Concrete composites with different mechanical properties were analysed within the research programme. The basic composition of the concretes, which is the same as that of the spillway of the Vrhovo HPP, was modified by polymer or pozzolanic additives, as well as by the primary binder, steel fibers, polypropylene fibers and granular rubber. The analysis showed a qualitative similarity of the level of abrasion of concrete between laboratory simulations and field measurements, as well as suitability of the ASTM C 1138 laboratory method for assessing the abrasion resistance of concretes in the spillway of the HPP chain on the Lower Sava River.

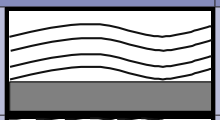
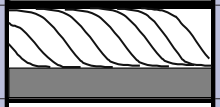
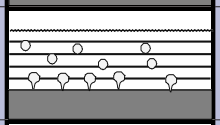
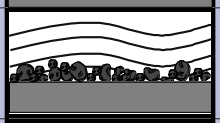
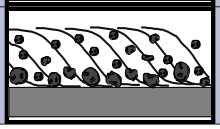
Key words: abrasion, abrasion resistance, concrete, hydraulic structures

1 UVOD

Pojav poškodb na betonskih površinah zaradi abrazivnega delovanja z vodnim tokom rinjenih plavin je eden glavnih problemov, s katerimi se srečujemo pri obratovanju vodnih zgradb. Še posebej je problematično stanje na evakuacijskih in disipacijskih delih jezovnih zgradb z vodotoki z izrazitim hudourniškim karakterjem. Splošno tribološko strukturo obrabe betonskih površin na vodnih zgradbah opišemo na naslednji način [Kryžanowski, 2009]: (1) osnovno telo, ki ga v mirovanju predstavlja betonska površina konstrukcije, in (2) na betonsko površino delujoče telo, ki ga v gibanju predstavlja obtekajoči vodni tok. Način obrabe betonskih površin z vodnim tokom je odvisen od karakterističnega procesa razgradnje. S pojmom abrazijska erozija opisujemo v prispevku obrabo trdne površine, ki je posledica delovanja vodnega toka in trdnih delcev (plavin) v vodi, s pojmom vodna erozija pa označujemo obrabo trdne površine zaradi obtekanja vodnega toka s spremljajočimi hidrodinamičnimi fenomeni. Omenimo še posebni primer vodne erozije - kavitacijsko erozijo, ki je posledica implozije parnih mehurčkov ob trdno podlago. Pojav abrazijske erozije betonskih površin na vodnih zgradbah je lahko posledica delovanja razgraditvenih procesov: abrazije z obrusom zaradi trenjskih sil pri drsanju in kotaljenju z vodnim tokom premeščanih zrn plavin po betonski površini in udarne abrazije zaradi sil trka z vodnim tokom premeščanih zrn plavin ob udarcu z betonsko površino. S pojmom spiranje označujemo razgraditveni proces betonskih površin zaradi trenjskih sil pri obtekanju in pulzacij tlakov v obdajajočem vodnem telesu, s pojmom vodni udar pa razgraditveni proces betonskih površin zaradi sil trka ob udarcu vodnega slapa ali kapljic vode z betonsko površino in pulzacij tlakov pri izrazito turbulentnem režimu obdajajočega vodnega telesa (preglednica 1).

Stopnja razgradnje betonske površine je v največji meri odvisna od transportne sposobnosti vodnega toka in načina premeščanja trdnih delcev ([Mikoš, 1993], [Kim, 2004]). Proces razgradnje betonskih površin z abrazijsko erozijo poteka v več fazah in je odvisen od načina premeščanja rinjenih plavin. V začetni fazi, ko so hitrosti vodnega toka manjše, so poškodbe betonske površine posledica premeščanja rinjenih plavin (trdnih delcev) s kotaljenjem in drsanjem na podlago. Z naraščanjem transportne sposobnosti vodnega toka se manjši trdni delci začnejo premeščati z lebdenjem, večji trdni delci pa s poskakovanjem. Proces abrazijske erozije je v tej fazi odvisen od premeščanja rinjenih in suspendiranih plavin. Zato ob brušenju betonske površine opazimo tudi poškodbe betonske površine zaradi trkov trdnih delcev ob podlago. S povečevanjem transportne sposobnosti vodnega toka se velikost in količina poskakujočih delcev občutno povečata, hkrati pa se povečujejo oziroma sočasno pojavijo različni hidrodinamični fenomeni (pulzacije tlakov, kavitacija, podtlaki v vodnem telesu), ki proces razgradnje betonskih površin še intenzivirajo. Proces nastanka poškodb na betonskih površinah je povezan z naraščanjem velikosti trdnih delcev in intezivnosti udarcev ob podlago, kjer na kontaktu nastanejo inicialne poškodbe, ki predstavljajo z napredujočimi procesi jedro progresivnega širjenja poškodbe v smeri vodnega toka [Jakobs, 2001].

Pri načrtovanju betonov na vodnih zgradbah je treba upoštevati, da ne obstaja splošni kriterij določitve abrazijske odpornosti. Običajno se abrazijska odpornost betonov oceni na osnovi niza parametrov, s katerimi dokazujemo posamezne mehanske lastnosti betonov, kot so tlačna trdnost, natezna trdnost, trdota agregata, uporaba posebnih cementov, elastični modul, v/c-faktor, površinsko zaglajevanje, nega betona, dodatki cementu (elektrofilterski pepel, vlakna) in to v povezavi s preiskovalnimi metodami, ki bolj ali manj realistično ponazarjajo abrazijske procese [Kryžanowski, 2009].

tribološki sistem	tribološke obremenitve		način obrabe	prevladujoči (ostali delujoči) razgraditveni proces	primer
• betonska površina • vodni tok	obtekanje + pulzacije tlakov		vodna erozija	spiranje	preliv, derivacije
	obtekanje + pulzacije tlakov + udarjanje z vodnim curkom		vodna erozija	vodni udar (spiranje)	podslapje, disipacijski objekti
	obtekanje pri velikih hitrostih + pulzacije tlakov + udarjanje z implozijami		kavitacijska erozija	kavitacija (spiranje)	temeljni izpust, drča preliva, podslapje
• betonska površina • vodni tok • zrna plavin	obtekanje + pulzacije tlakov + obrus s trdnimi delci		abrazijska erozija	abrazija z obrusom (spiranje)	prelivni prag, temeljni izpust, podslapje
	obtekanje + pulzacije tlakov + udarjanje z vodnim curkom s trdnimi delci		abrazijska erozija	udarna abrazija (spiranje + vodni udar)	temeljni izpust, podslapje, disipacijski objekti

Preglednica 1. *Prikaz načina obrabe za primere pojava triboloških sistemov na vodnih zgradbah - povzeto z dopolnitvami po ([DIN, 1979], [Uetz, 1986], [Jakobs, 2001]).*

Za določanje abrazijske odpornosti so najbolj razširjene metode z enakomernim brušenjem površine preizkušanca z abrazivnim telesom, ki sta med seboj v relativnem gibanju. Sadeyzadeh [Sadeyzadeh, 1987] je z uporabo metode rotirajočih, krožno nameščenih jeklenih diskov na površini preizkušanca raziskoval vpliv površinske obdelave in nege na odpornost betona in pri tem ugotovil, da je abrazijska odpornost betonov povezana s poroznostjo in trdnostjo površinske plasti, ki je dosežena z ustrezno površinsko obdelavo. Kunterding [Kunterding, 1990] ugotavlja, da se abrazijska odpornost betona povečuje z nižanjem v/c-faktorja ter ojačitvijo betonske matrice z uporabo visokotrdnih cementov, vlaken, mineralnih dodatkov (mikrosilika) in visokotrdnih agregatov. Pri tem tudi izpostavlja pomembnost poznavanja procesov: pri enakomernem brušenju je proces abrazije odvisen od koeficienta trenja med abrazivnim sredstvom in betonsko površino, pri čemer predstavlja abrazijska odpornost zrn agregata pomemben prispevek k odpornosti betona. Siddique ([Siddique, 2003], [Siddique, 2004]) je z uporabo metode z rotirajočo abrazivno ploščo in z dodatkom abrazivnega prahu raziskoval vpliv dodatka elektrofilterskega pepela (EF) na abrazijsko odpornost, kot nadomestitev deleža drobnih frakcij agregata in deleža cementa. V vseh primerih ugotavlja, da se z dodatkom EF in s starostjo preizkušancev abrazijska odpornost povečuje, hkrati pa dokazuje proporcionalno povezanost med tlačno trdnostjo in abrazijsko odpornostjo. Horszczaruk [Horszczaruk, 2005] v svoji razpravi dokazuje, da je metoda z rotirajočo ploščo, po postopku Boehme [DIN, 2010] v primeru betonov visokih trdnosti, premalo selektivna za primerjave analize abrazijske odpornosti. Sebok in Stranel [Sebok, 2004] ugotavljata, da tlačna trdnost pri metodi obrusa odločilno vpliva na abrazijsko odpornost. Prednost metod z obrusom je ta, da se večinoma izvajajo po standardiziranih postopkih, kar omogoča primerjave rezultatov meritev. Slabost teh metod pa je v tem, da z izključevanjem vodnega medija ne ponazarjajo dejanskih pogojev abrazijske erozije na vodnih zgradbah, kar omejuje uporabnost metod.

Problem raziskav abrazijske odpornosti betonov izhaja iz nezmožnosti ustvarjanja ustreznih hidravličnih razmer v laboratoriju za nastanek razvitega abrazijskega procesa. Naravnim razmeram se še najbolje približajo metode, ki omogočajo modeliranje triboloških mehanizmov vodnega toka z rinjenimi plavinami. Šetina [Šetina, 1969] poroča o raziskavi abrazijske odpornosti betonov z vodnim tokom in abrazivnim sredstvom (kremenčev pesek) v krožnem kanalu. Celotni čas trajanja preiskave je 25 ur, rezultat meritev je zmanjšanje prečnega preseka vzorca v času trajanja preskusa. Liu [Liu, 1981] poroča o razvoju testne metode, pri kateri je betonski preizkušanec v cilindrični posodi izpostavljen abrazivnem delovanju 70 jeklenih krogel (od 13 do 25 mm), različnih dimenzij, rinjenih s krožnim vodnim tokom, ki ga ustvarja posebno mešalo, s predpisanim številom obratov. Krogle so pri tem vseskozi v stiku z betonsko površino. Metoda je standardizirana po postopku, ki ga predpisuje ASTM C1138 [ASTM, 1997]. Celotni čas trajanja preiskave je 72 ur, rezultat meritev je povprečna globina obrabe, ki je podana z razmerjem erodiranega volumna in površine preizkušanca. Na osnovi analiz raziskav po tej metodi so splošne ugotovitve, da se abrazijska odpornost povečuje z nižjim v/c-faktorjem, trdoto agregata, dodatkom vlaken, starostjo preizkušancev in z višanjem tlačne trdnosti ([Kryžanowski, 2009], [Horszczaruk, 2005], [Liu, 1981], [Šušteršič, 2004]). Scrivener in sodelavci [Scrivener, 1999] na osnovi preiskav po tej metodi in primerjalnih analiz z drugimi metodami (kavitacija, udarna erozija) preskusov odpornosti betonov poročajo o bistveno povečani abrazijski odpornosti betonov s kalcij-aluminatnim cementom in sintetičnim agregatom. Bania [Bania, 1989] in Horszczaruk [Horszczaruk, 2004] poročata o razvoju in raziskavah testne metode, ki je sestavljena iz fiksnega jeklenega bobna, deloma napolnjenega z mešanico vode in gramoza, ter rotirajoče grede, na katero so konzolno vpeti betonski preizkušanci. Proces abrazijske erozije je ustvarjen z gibanjem preizkušanca skozi abrazivni medij. Celotni čas trajanja preiskave je 96 ur, rezultat meritev je odstotna izguba mase v času izvajanja preiskave. Prednost metode je v tem, da je možno z regulacijo hitrosti vrtenja pospešiti procese abrazijske erozije in posredno meriti delo abrazivne mešanice pri obrabi preizkušancev. Primerjave rezultatov abrazijske odpornosti betonskih preizkušancev med metodami abrazijske erozije [ASTM, 1997] in [Bania, 1989]) ter metodo obrusa po Boehme [DIN, 2010] nakazujejo delno primerjalno povezanost med rezultati preskusov ([Kryžanowski, 2009], [Jakobs, 2001], [Šušteršič, 2004]).

Skupno opisanim metodam preskusov abrazijske odpornosti je to, da omogočajo zgolj kvalitativne primerjave med preizkušanci na podlagi sorazmernega deleža izgube mase ali vloženega dela, ki ga opravi abrazivni medij v času izvajanja preiskave. Validacija rezultatov meritev in uporabnost metod za napovedi obnašanja betonov v naravi je možna samo z izvedbo preskusa v razmerah enake tistim, katerim bo ob obratovanju izpostavljen načrtovani objekt, vključujoč spremljavo vseh relevantnih hidravlično-hidroloških parametrov [Kryžanowski, 2003]. Jakobs s sodelavci [Jacobs, 2001] je raziskoval abrazijske odpornosti različnih vrst betonov v naravi, s pripravo poskusnih polj v obtočnem prodnem izpustu akumulacije Runcahez in v laboratoriju, z uporabo preskusne metode po Banii. V razpravi ugotavlja določeno koreliranost med meritvami v naravi in rezultati laboratorijskih preiskav.

V tem prispevku predstavljamo rezultate raziskave abrazijske odpornosti betonov za potrebe gradnje verige HE na spodnji Savi. V sklopu raziskave so bila izvedena testna polja v podslapju HE Vrhovo z namenom izvedbe primerjalne analize med laboratorijskimi meritvami in meritvami obrabe betonov v naravi. Izvedeni raziskavi abrazijske odpornosti materialov v Švici in Sloveniji sta še vedno edini raziskavi na svetu, ki vključujeta eksperimentalno delo ter preučevanje abrazijskih procesov v naravi in sta z nadgraditvami eksperimentalnega dela in terenskega dela rezultatsko aktualni še v današnjem času ([Mueller-Hagmann, 2017], [Klun, 2023]).

2 OPIS PROBLEMATIKE

Na spodnjem toku reke Save poteka projekt hidroenergetske izrabe rečnega odseka s šestimi pretočnimi HE, od katerih je izgrajenih pet stopenj (Vrhovo-1993, Boštanj-2006, Arto-Blanca-2009, Krško-2012 in Brežice-2017). Reka Sava ima značilen hudourniški karakter z izrazitimi hidrološkimi ekstremi, ki se kažejo v nihanjih pretokov (med 40 m^3/s do preko 3000 m^3/s) z zelo izrazito prodonosnostjo [Colarič, 1985]. Običajna letna prodonosnost znaša 66.000 m^3/leto, z ekstremi preko 260.000 m^3/leto ali 12.000 m^3/dan. Na osnovi sejalnih analiz in 20-letnega opazovanja premeščanja plavin znaša premer srednjega zrna d_m = 30,9 mm in pri 90% presevku d_{90} = 72,5 mm. Pojav transporta nadmernih zrn je pričakovan, ko pretok Save

preseže 2500 m^3/s. Na podlagi spremljanja abrazijskih procesov na obstoječih jezovnih zgradbah je bilo ugotovljeno, da prodonosni pretoki predstavljajo latentno nevarnost za zagotavljanje obratovalne varnosti objektov in funkcionalnosti evakuacijskih objektov [Šušteršič, 2004].

HE Vrhovo kot čelna stopnja polno obratuje od leta 1996. Jezovno zgradbo sestavlja strojnica in skupno pet prelivnih polj, ki so postavljena prečno na smer toka Save. Vsako prelivno polje je opremljeno s segmentno zapornico z nasajeno zaklopko (slika 1). Do višine instaliranega pretoka (Q = 500 m^3/s) elektrarna obratuje v pretočnem režimu, evakuacija vršnih voda pa poteka s prelivanjem preko zaklopk oziroma s podlivanjem pod zapornico. Pri ekstremnih pretokih Save je s polnim odprtjem zapornic vzpostavljen naravni režim odtoka preko pregrade. Zaradi navedenega režima obratovanja so izpostavljeni deli konstrukcije prelivnih polj, kjer je pričakovan pojav abrazijske erozije, prekriti z abrazijsko odporno betonsko oblogo.

Zaradi optimizacije obratovalnih pogojev je bilo načrtovano, da se v podslapjih prelivnih polj vgradijo dodatni disipacijski objekti. Dejansko je prišlo do realizacije dodatnega disipacijskega objekta samo na prvem prelivnem polju, ki je tudi hidravlično najbolj obremenjeno. Sanacijska dela so se odvijala v času, ko je bila intenzivirana gradnja dolvodnih energetskih stopenj in ob tem je bilo ponovno izpostavljeno vprašanje ustreznosti uporabljenih materialov pri zaščiti evakuacijskih objektov na pregradah na spodnji Savi. S projektom sanacije je bila ponujena možnost izvedbe poizkusnih polj v naravi s cilji: (1) opredeliti ustreznost izbire betonske sestave na prelivnih poljih HE na Savi; (2) omogočiti kvantifikacije rezultatov laboratorijskih metod preiskav abrazijske odpornosti s primerjavo z meritvami v naravi; (3) omogočiti napovedi obnašanja materialov v času eksploatacije.

3 PRIPRAVA BETONSKIH MEŠANIC

3.1 Uporabljeni materiali

V raziskavi smo uporabili portland cement z dodatkom 30 % žlindre tipa CEM II/A-S 42,5 R. Po materialnih karakteristikah ta tip cementa ustreza tipu cementa, ki je bil uporabljen pri gradnji HE Vrhovo. Kameni agregat smo pridobili s separacijo naravnega in drobljenega gramoza iz aluvialnega kvartarnega zasipa reke Save na lokaciji. Uporabljene so bile frakcije: 0-4; 4-8 in 8-16 mm. Po mineralni sestavi prevladujejo karbonatni prodniki (okoli 65 %), v preostalem deležu pa nekarbonatni prodniki iz silikatnih sedimentnih kamenin in predornin. Vsebnost preperelih zrn ali zrn, ki bi imela škodljiv vpliv na lastnosti betona je manjša od 1 %. Za pripravo betonskih sestavov smo uporabili pitno vodo iz vodovoda.

3.2 Betonske mešanice

Za izhodišče je privzeta sestava C1, ki je v zasnovi enaka sestavi vgrajenih abrazijsko odpornih betonov na prelivnih poljih HE Vrhovo (preglednica 2). Ker zaradi specifike gradnje in časovne distance ni bilo mogoče uporabiti povsem enakih materialov, smo izbrali materiale, ki so po karakteristikah najbližje uporabljenim pri gradnji HE Vrhovo. Pri sestavi C2 in vseh nadaljnjih modifikacijah je privzeta maksimalna frakcija kamenega agregata 8 mm. Sestava C2 je bila z manjšimi modifikacijami uporabljena pri betonih na prelivnih poljih druge stopnje na Savi, HE Boštanj. Pri sestavi PMC1, ki predstavlja izhodiščno sestavo za nadaljnje modifikacije smo nadomestili mineralni dodatek in superplastifikator z dodatkom polimernega veziva (vodno disperziran karboksilatni stiren-budatien polimer z deležem suhe snovi v disperziji 45,6±0,3 %): (1) pri sestavi PMC2 smo delež najdrobnejše frakcije nadomestili z gumenim agregatom (odpadni produkt pri obnovi avtomobilskih pnevmatik) ter podvojili delež polipropilenskih vlaken; (2) pri sestavi

SESTAVA BETONSKIH MEŠANIC			C1	C2	PMC1	PMC2	PMC3	PMC4
cement		kg	440	450	450	450	450	450
v/c			0,391	0,414	0,416	0,416	0,416	0,412
superplastifikator		m/m% na maso cementa	0,9	0,9				
mineralni dodatek (SiO2 > 90%)		m/m% na maso cementa	5	5				
polimer - suhi delež		m/m% na maso cementa			10	10	10	5
jeklena vlakna		v/v%	0,5	0,5	0,5			
polipropilenska vlakna - L=10mm		v/v%	0,05	0,05	0,05	0,10	0,05	0,05
polipropilenska vlakna - L=30mm		v/v%					0,60	
frakcije prodnatega agregata [mm]	0-4	v/v%	48	69	70	56,9	70	69,4
	4-8		15	31	30	33,6	30	30,6
	8-16		37					
granulirana guma [mm]	0-4	v/v%				9,5		

Preglednica 2. *Pregled sestav betonskih mešanic (za 1m^3 betona).*

PMC3 smo dodali polipropilenska monofilamentna vlakna; (3) pri sestavi PMC4 smo prepolovili delež polimernega veziva. Vrednost vodo-cementnega faktorja pri sestavah ni bistveno odstopala.

Posamezne betonske mešanice so bile pripravljene v protitočnem laboratorijskem mešalniku s prostornino 75 dm^3. Neposredno po zamešanju smo ugotavljali lastnosti svežega betona po standardnih postopkih z izvedbo naslednjih preiskav (preglednica 3): (1) meritev temperature; (2) konsistence s posedom; (3) vsebnosti zraka; (4) prostorninske mase. Za nadaljnje preiskave smo preizkušance pripravili z vgraditvijo betonov v kalupe. Vgrajevanje je potekalo z zunanjim vibriranjem. Po vgraditvi smo kalupe s preizkušanci hranili prekrite s plastično folijo v nadzorovanih klimatskih razmerah pri 20˚C (± 2˚C). Preizkušance smo pri starosti enega dne razkalupili in jih hranili, odvisno od preiskave, v klima komori pri temperaturi 20˚C (±4˚C) in relativni vlažnosti 95 % oziroma v vodi pri temperaturi 20˚C (±2˚C).

3.3 Lastnosti betonov

Lastnosti otrdelega betona smo dokazovali s standardnimi metodami preiskav. V preglednici 4 so podane povprečne vrednosti rezultatov preiskav otrdelega betona: (1) preskuse tlačne trdnosti in meritve prostorninske mase smo izvajali pri starosti 3, 7, 28 in 90 dni, na kockah dimenzije 15 cm, po tri vzorce od vsake sestave; (2) statični modul elastičnosti betona smo določili pri starosti betona 90 dni na prizmah 10/10/40 cm, po en vzorec za vsako sestavo; (3) preiskavo abrazijske odpornosti smo izvajali pri starosti 90 in 900 dni, na valjih Ø30/10 cm, po en vzorec na sestavo.

4 MERITVE V NARAVI

Izhodišča za pripravo testnih polj so bila naslednja: (1) poskusna polja so situirana na dnu podslapja, kjer so hidrodinamični procesi največji; (2) v času izvajanja raziskave je zagotovljeno kontinuirno spremljanje hidravlično-hidroloških parametrov pri obratovanju prelivnega polja; (3) za interpretacijo rezultatov preiskav so v pomoč rezultati meritev na fizičnem hidravličnem modelu (M 1:38), ki je bil izdelan za potrebe sanacije HE Vrhovo kot simulacijski model za dejanske obratovalne manevre v naravi; (4) v raziskavi so obravnavane sestave betonskih mešanic, ki so bile uporabljene pri gradnji HE na Savi z modifikacijami sestave; (5) eden od ciljev raziskave je potrditev ustreznosti uporabljenih abrazijsko odpornih betonov pri gradnje verige HE na Savi.

4.1 Priprava poskusnih polj

Na dnu podslapja pregrade Vrhovo smo vgradili skupno devet poskusnih polj, dimenzije 2,5/2,5 m, debeline 0,1 m na medsebojni razdalji 1,0 m (slika 1). Od tega smo v šestih poljih vgradili poskusne betonske mešanice, v druga polja pa smo vgradili komercialne betone visokih trdnosti, ki niso bili predmet nadaljnjih raziskav. Betonske mešanice so bile na gradbišče do-

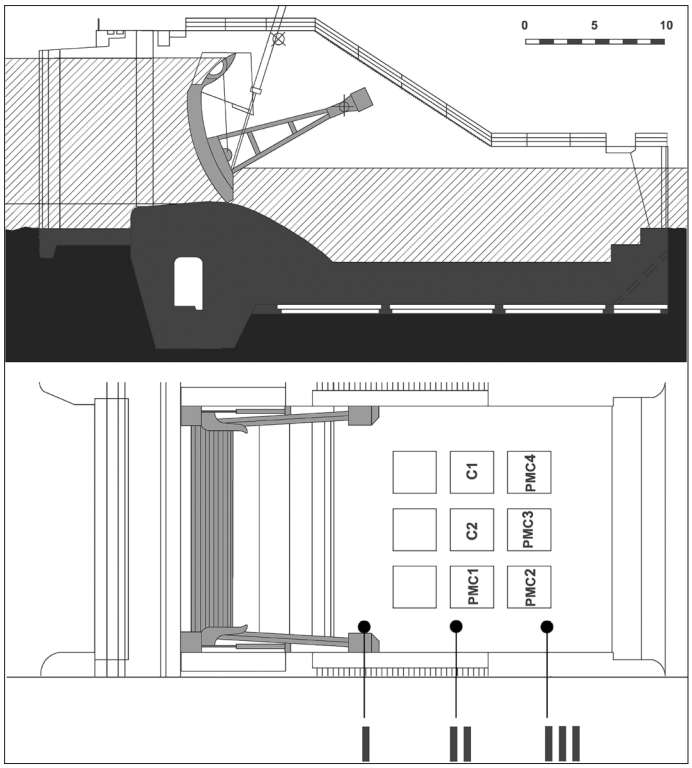
		SESTAVA BETONSKE MEŠANICE					
PREISKAVA		C1	C2	PMC1	PMC2	PMC3	PMC4
temperatura svežega betona SIST EN 12350-1	°C	23,2	20,1	19,3	19,5	17,6	19,4
konsistenca s posedom SIST EN 12350-2	[mm]	60	235	165	55	85	73
vsebnost zraka SIST EN 12350-7	v/v%	1,5	1,2	3,5	3,7	3,6	4,2
prostorninska masa SIST EN 12350-6	[kg/m^3]	2.503	2.454	2.329	2.134	2.303	2.340

Preglednica 3. *Rezultati preiskav svežega betona za posamezne sestave betonskih mešanic.*

PREISKAVA		starost	SESTAVA BETONSKE MEŠANICE					
		[dan]	C1	C2	PMC1	PMC2	PMC3	PMC4
tlačna trdnost SIST EN 12390-3	[MPa]	28	62,33	73,09	51,12	22,45	46,9	54,79
		90	67,17	79,17	54,05	23,81	49,06	58,4
gostota SIST EN 12390-7	[kg/m^3]	28	2.428	2.421	2.331	2.091	2.266	2.333
		90	2.428	2.440	2.333	2.099	2.266	2.343
modul elastičnosti JUS U.M1.025	[MPa]	90	31,17	35,43	26,43	16,37	22,36	25,75
obraba ASTM C1138	[mm]	90	1,79	1,64	2,09	0,61	1,79	2,81
		900	0,98	1,16	2,41	0,6	1,92	1,84

Preglednica 4. *Rezultati preiskav otrdelega betona za posamezne sestave betonskih mešanic.*

bavljene v obliki pripravljenih suhih mešanic. Na osnovi zaključkov modelnih raziskav smo predvidevali, da obrabljenost betonske površine v podslapju zaradi spreminjajočih se hitrosti vodnega toka ne more biti enakomerna [Mlačnik, 2004], zato smo v podslapju vzpostavili tri dodatne kontrolne profile na razdaljah: 1 m (profil I.); 7 m (profil II.) in 13 m (profil III.) od vznožja drče, ki so nam služili za določitev stopnje abrazijskega procesa vzdolž podslapja.



Slika 1. *Situativni prikaz preskusnih polj podslapju prelivnega polja HE Vrhovo in kontrolnih profilov za določitev stopnje obrabe vzdolž podslapja.*

Priprava betonov poskusnih polj je potekala po enakem postopku kot pri laboratorijskih betonih s prenosnim gradbiščnim protitočnim mešalnikom s prostornino 100 dm^3 (slika 2). Poskusna polja smo pripravili tako, da smo v osnovno betonsko podlago zarezali obod poskusnih polj ter z visokotlačnim curkom odstranili osnovni beton do predvidene globine 10 cm. Za zagotovitev boljše oprijemljivosti s podlago smo pred betoniranjem površino poskusnih polj dobro očistili in premazali polimernim premazom (stiren-butadien lateks). Betone smo vgrajevali ročno z uporabo vibracijske igle in površino polja po vgradnji tudi ročno zagladili. Po vgradnji smo 14 dni izvajali intenzivno mokro nego z dodatnim prekritjem poskusnih polj s PVC-folijo.

Pred preplavitvijo podslapja smo poravnali vse nepravilnosti na stikih poskusnih polj z osnovnim betonom ter geodetsko izmero površine poskusnih polj, z natančnostjo $\pm 10^{-4}$ m, ki smo jo višinsko navezali na obstoječo repersko mrežo na pregradi. Izmero smo izvedli z namenom izločitve vpliva robov, zgolj v

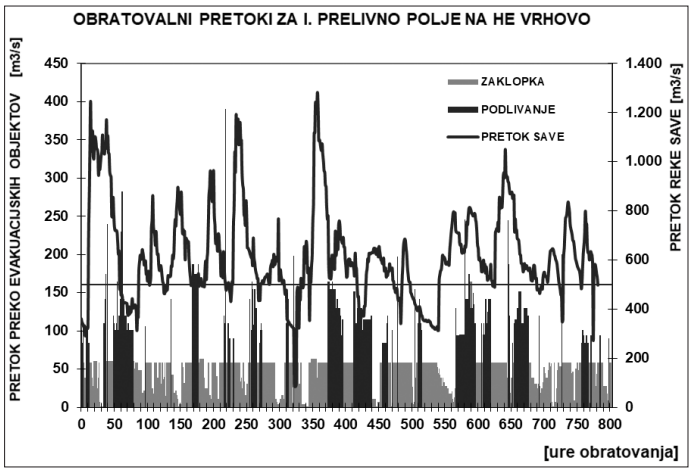
Slika 2. *Vgrajevanje poskusnih polj v podslapju.*

centralnem delu poskusnih polj, v rastru 30 × 30 cm – v skupno 36 merskih točkah. Po geodetski izmeri so bila poskusna polja v podslapju poplavljena in obratovanje prelivnega polja fizično blokirano, dokler niso vgrajeni poskusni betoni dosegli predpisane 90-dnevne starosti.

4.2 Obratovanje prelivnega polja

Program spremljanja obratovalnih karakteristik na testnih poljih smo pričeli ob vzpostavitvi prelivnega polja v funkcijo v skupni dolžini 30 mesecev. S stališča pogostnosti pojava abrazijskih procesov opazovano obdobje ni bilo posebej ugodno z izmenjavo enega izrazito sušnega obdobja s hidrološko povprečnimi obdobji. V celotnem obdobju smo registrirali 24 obratovalnih dogodkov, kar predstavlja registriran obratovalni manever s hidromehansko opremo na prelivnem polju, v skupno 63 obratovalnih koledarskih dnevih oziroma skupno 804 ur obratovalnih ur z delovanjem prelivnega polja, pri čemer je bil pogoj za premeščanja proda izpolnjen v skupno 297 obratovalnih urah (slika 3).

Evidenco obratovalnih manevrov, pretokov čez prelivno polje in pretoke Save smo izvedli na podlagi urnih zapisov iz obratovalnega dnevnika elektrarne. Premeščanja sedimentov v pregradnem profilu nismo direktno spremljali, temveč smo izvedli oceno na podlagi poznanih pretokov reke Save v času obratovalnih dogodkov in krivulje pretoka sedimentov v pregradnem profilu, ki je bila opredeljena na podlagi večletnih meritev kalnosti in premeščanja sedimentov v akumulaciji Vrhovo [Mlačnik, 1999]. V celotnem obdobju smo v prelivnem polju registrirali pretok 1937 t sedimentov pri skupnem pretoku 204,73 hm^3 vode, kar je v povprečju pomenilo 0,0172 % masnega pretoka vode in trdnih delcev preko prelivnega polja. Maksimalni prodonosni pretoki so se pojavljali predvsem v času visokih voda, v jesenskem in pomladanskem obdobju. Največji pretok Save v času spremljanja meritev (Q_{Sava} = 1283 m^3/s) je bil v rangu vsakoletnih visokih voda. V okviru analize rezultatov meritev smo upoštevali zgolj posledice obratovanja in spremljajočih procesov, ki so se odražale skozi obrabo površine na poskusnih poljih.



Slika 3. *Pretočne linije pri obratovanju prelivnega polja.*

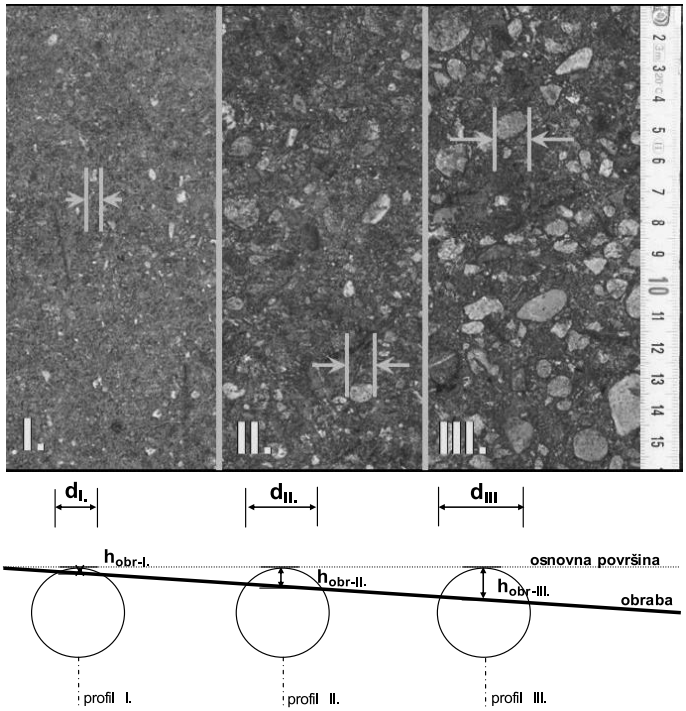
4.3 Kontrolni pregled prelivnega polja

Kontrolni pregled smo izvedli po 30 obratovalnih mesecih z namenom pregleda uspešnosti opravljenih sanacijskih del in pregleda stanja obrabe poskusnih polj. Po vizualnem pregledu poskusnih polj je razvidno, da je obrabljenost površine enakomerna, brez večjih nepravilnosti ter opaznih poškodb. Kontrolo kvalitete vgrajenosti na območju testnih polj in na stiku z osnovnim betonom smo izvedli z odvzemom vzorcev z jedrnikom. Na osnovi vizualnega pregleda vzorcev je bilo ugotovljeno, da so bili preizkusni betoni kvalitetno vgrajeni, homogene strukture ter dosežen kvaliteten stik z osnovnim betonom, razen pri sestavi PMC2, kjer pripisujemo stanje zaradi slabše vgradljivosti, ki pa je bila pričakovana, saj je beton z dodatkom gumenega agregata izkazoval težjo vgradljivost tudi že v laboratoriju.

4.4 Meritve obrabe poskusnih polj

Geodetsko izmero obrabe površine preizkusnih polj smo izvedli v merskih točkah z višinsko navezavo na reperje na pregradi, po enakem postopku in z isto opremo kot izmero po izvedbi poskusnih polj. Pri izvajanju in interpretaciji meritev je bila zahtevana še posebna pozornost, ker so se meritve globine obrabe nahajale na meji natančnosti merske opreme. Pri interpretaciji rezultatov meritev smo zato izločili vse točke, kjer je obstajal dvom o verodostojnosti meritve.

Zaradi spreminjajočih se hitrosti vodnega toka v podslapju stopnja obrabe ni povsod enaka. Oceno stopnje obrabe smo naredili na osnovi obsega obrabe osnovnega betona v podslapju v treh kontrolnih točkah. Stopnjo obrabe smo določili na podlagi meritev velikosti obrabe reprezentančnih zrn agregata (d = 64 mm) osnovnega betona, v pasu med stebrom in poskusnimi polji (slika 1, 4). Meritve kažejo, da se stopnja obrabe osnovnega betona povečuje linearno vzdolž toka, od privzetega izhodišča, tik pod drčo. Stopnja obrabe se v liniji polj (C1, C2, PMC1) poveča za faktor 3,3 glede na izhodiščno vrednost, v liniji polj (PMC2, PMC3, PMC4) pa za faktor 5,7. Pri obdelavi rezultatov meritev smo izmerjene vrednosti za poskusna polja pomnožili s korektivnimi faktorji glede na lokacijo in s tem postavili rezultate meritev na skupni imenovalec.



Slika 4. *Stopnja obrabe osnovnega betona v kontrolnih profilih.*

Na sliki 5 so prikazani rezultati meritev abrazijske odpornosti po postopku ASTM C 1138 [ASTM, 1997] pri starosti preskušancev 90 in 900 dni ter korigirani rezultati meritev abrazijske odpornosti na preskusnih poljih po 30 mesecih obratovanja, z naslednjim ugotovitvami:

(1) Globina obrabe je bila pri vseh preskušancih manjša kot 3 mm, s čimer preiskane betone lahko uvrstimo v rang visoko odpornih betonov na abrazivno delovanje vodnega toka in s tem tudi potrditev ustreznosti sestav za abrazijsko odporne betone na jezovih na Savi.

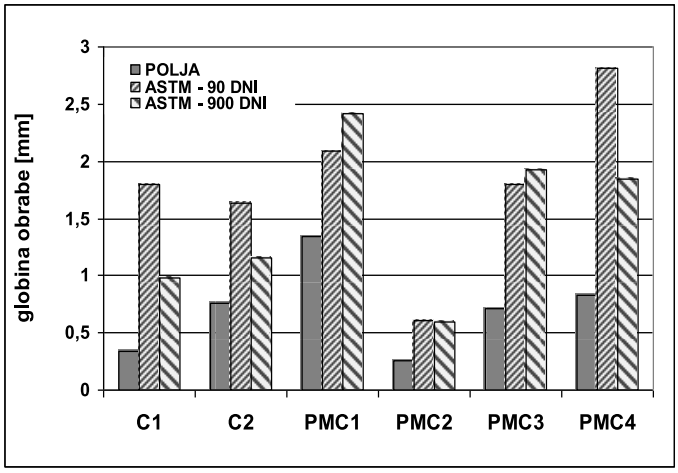
(2) Iz primerjave je možno zaključiti, da velja podobnost glede obrabe preiskanih betonov med rezultati laboratorijskih preiskav in meritvami na terenu, ki je še posebej izrazita s primerjavo laboratorijskih preiskav pri starosti 900 dni.

(3) Glede na izhodiščno sestavo C1 je pri laboratorijskih preiskavah, pri starosti preskušancev 90 dni, doseženo bistveno izboljšanje odpornosti proti obrabi pri sestavi z dodatkom gumenega agregata PMC2 in v manjši meri tudi pri sestavi C2, medtem ko je pri sestavah s polimernim vezivom odpornost proti obrabi, razen pri sestavi PMC3, manjša od izhodiščne sestave.

(4) Pri laboratorijskih preiskavah, pri starosti preskušancev 900 dni, je dosežena odpornost pri sestavi PMC2 še vedno večja od izhodiščne sestave, vendar z razliko, da je s starostjo izboljšanje odpornosti pri sestavi C1 opazno večje kot pri sestavi PMC2. S starostjo se je povečala odpornost proti obrabi tudi pri sestavah C2 in PMC4, zmanjšala pa pri sestavah s polimernim vezivom PMC1 in PMC3 in ostaja pri vseh sestavah manjša od izhodiščne sestave.

(5) Primerjave obrabe sestav na preskusnih poljih podajajo podobne zaključke kot laboratorijske preiskave pri starosti 900 dni: glede na izhodiščno sestavo C1 je dosežena boljša odpornost le pri sestavi PMC2, opazna je manjša odpornost

pri sestavi PMC1, pri drugih sestavah so manjše medsebojne razlike, vendar vse izkazujejo manjšo odpornost od izhodiščne sestave.

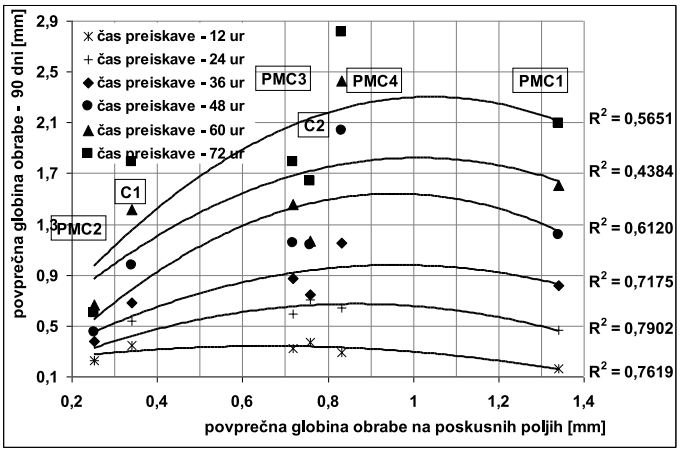


Slika 5. *Primerjava obrabe med betonskimi sestavami po ASTM C 1138 [ASTM, 1997] in meritvami na prelivnem polju HE Vrhovo.*

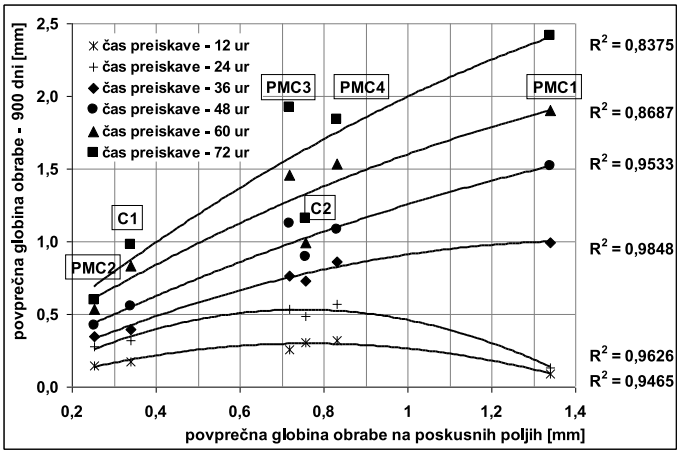
4.5 Analiza rezultatov

Primerjava rezultatov med laboratorijskimi meritvami in meritvami na preskusnih poljih je opozorila na podobnost vzorca obrabe med obema preiskavama. Ugotovitve smo preverili z regresijsko analizo, kjer smo meritve na preizkusnih poljih analizirali z laboratorijskimi meritvami v trajanju: (1) celotnega časa preiskave – T = 72 ur in (2) po posameznih ciklih – Δt = 12 ur. Rezultati analize, kjer so v grafikonu na ordinati rezultati obrabe pri laboratorijskih preiskavah po postopku ASTM C 1138 [ASTM, 1997] ter na abscisi ustrezne vrednosti obrabe, izmerjene na preskusnih poljih, so razvidni iz slike 6, pri starosti 90 dni, oziroma iz slike 7, pri starosti 900 dni.

Primerjave z rezultati laboratorijskih meritev v trajanju celotnega časa preiskave in meritev na preizkusnih poljih kažejo,

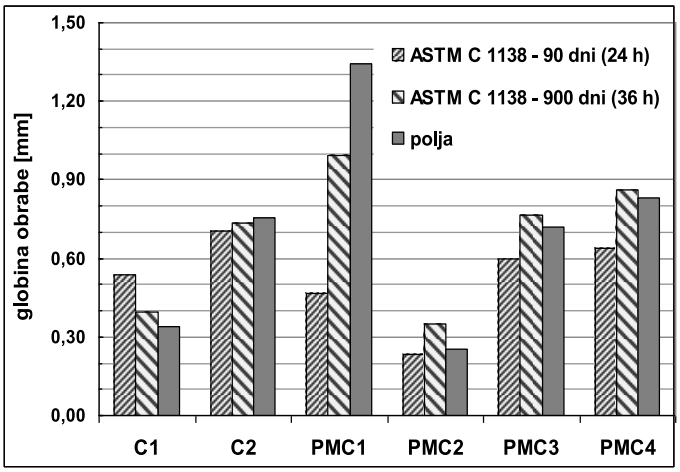


Slika 6. *Primerjava obrabe med rezultati ASTM C 1138 [ASTM, 1997] pri starosti 90 dni z meritvami na poskusnih poljih.*



Slika 7. *Primerjava obrabe med rezultati ASTM C 1138 [ASTM, 1997] pri starosti 900 dni z meritvami na poskusnih poljih.*

da na osnovi koeficienta korelacije, pri starosti preizkušancev 90 dni (R^2 = 0,37), odvisnosti med meritvami ni možno potrditi; pri starosti preizkušancev 900 dni (R^2 = 0,83) pa je potrjena sorazmerno dobra korelacija med meritvami. Z upoštevanjem rezultatov laboratorijskih meritev po posameznih ciklih trajanja preiskave, pri starosti 90 dni, odvisnosti ni bilo mogoče potrditi – koeficient korelacije je najvišji po 24 urah trajanja preiskave (R^2 = 0,34). Pri starosti 900 dni pa je po 36 urah trajanja meritev dosežena odlična koreliranost (R^2 = 0,92). Primerjava rezultatov preiskav za analizirane čase trajanja preiskav je razvidna iz slike 8, kjer so evidentna odstopanja zgolj pri sestavi PMC1, medtem ko so pri drugih sestavah ujemanja rezultatov v zadovoljivih okvirih.



Slika 8. *Primerjava obrabe med rezultati po ASTM C 1138 [ASTM, 1997] in meritvami na prelivnem polju HE Vrhovo.*

5 ZAKLJUČKI

V prispevku smo s primerjavo med laboratorijskimi meritvami in meritvami v naravi ocenili ustreznost laboratorijske metode ASTM C 1138 [ASTM, 1997] za oceno abrazijske odpornosti betonov pri vodnih zgradbah. Ugotovili smo:

(1) ustreznost uporabljenih materialov in sestav na jezovnih zgradbah na Savi za zagotovitev zaščite konstrukcije pred abrazijskim delovanjem vodnega toka;
(2) dobro ujemanje med rezultati preiskave abrazijske odpornosti po postopku ASTM C 1138 [ASTM, 1997] in meritev v naravi za betone starosti 900 dni, medtem ko za betone starosti 90 dni ujemanja rezultatov meritev nismo ugotovili;
(3) visoko abrazijsko odpornost betona z dodatkom gumenega agregata. Zato je priporočljivo nadaljevati raziskave v smeri optimizacije sestave z gumenim agregatom, tehnologije vgradnje in obstojnosti tovrstnih betonov.
(4) Odpornost betonov na abrazijsko delovanje vodnega toka se s starostjo povečuje in zatorej je priporočljivo, da se betoni na evakuacijskih objektih izgotovijo v prvem letu gradnje, s čimer je dosežena zadovoljiva starost betonov ob začetku eksploatacije;
(5) Pri analizi abrazijske odpornosti po postopku ASTM C 1138 [ASTM, 1997] in interpretaciji rezultatov meritev predstavljata pomemben parameter čas trajanja preiskave in starost preizkušancev v času izvajanja preiskave.

6 LITERATURA

ASTM, ASTM C1138-97, Standard test method for abrasion resistance of concrete (underwater method), American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, 4 strani, 1997.

Bania, A., Bestimung des Abriebs und der Erosion von Betonen mittels eines Gesteinsstoff-Wassergemisches, doktorska disertacija, Tehnična visoka šola Wismar, 124 strani, 1989.

Colarič, O., Ocena dviga dna in gladine v akumulaciji bazena HE Vrhovo, VGI Ljubljana, Tehnično poročilo, 831, 29 strani, 1985.

DIN, DIN 50321:1979-12, Versleiß-Meßgroeßen, Beuth Verlag Berlin, German Institute for Standardisation (Deutsches Institut für Normung e.V.), 6 strani, 1979.

DIN, DIN 52108:2010-05, Testing of inorganic non-metallic materials - Wear test using the grinding wheel according to Böhme - Grinding wheel method, German Institute for Standardisation (Deutsches Institut für Normung e.V.), 10 strani, 2010.

Horszczaruk, E., The model of abrasive wear of concrete in hydraulic structures, Wear, 256, 787–796, 2004.

Horszczaruk, E., Abrasion resistance of high-strength concrete in hydraulic structures, Wear, 259, 62–69, 2005.

Mlačnik, J., Predhodna meritev transporta neraztopljenih trdnih snovi skozi akumulacijski bazen HE Vrhovo in obdelava meritev, IHR Ljubljana, Tehnično poročilo 806, 95 strani, 1999.

Mlačnik, J., Hidravlična modelna raziskava HE Boštanj na prostorskem modelu, IHR Ljubljana, Tehnično poročilo 857, 23 strani, 2004.

Jakobs, F., Winkler, K., Hunkeler, F., Volkart, P., Betonabrasion im Wasserbau, VAW-ETH Zuerich, 168, 162 strani, 2001.

Kim, J. Y., Control over bedrock channel incision, doktorska disertacija, Univerza v Glasgovu, 298 strani, 2004.

Klun, M., Kryžanowski, A., A study on the underwater abrasion resistance of concrete, 91st ICOLD Annual Meeting: Management for safe dams: Symposium proceedings, Gothenburg, 13.–14. junij, 1258–1265, 2023.

Kryžanowski, A., Šušteršič, J., Performance of concrete exposed to long-term underwater abrasion loading, 21st Congress ICOLD, Montreal, Q.82-R.13, 207–218, 2003.

Kryžanowski, A., Abrazijska odpornost betonskih površin na vodnih zgradbah, doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 148 strani, 2009.

Kunterding, R., Hilsdorf, H. K., Measurement and evaluation of abrasion resistance of concrete surfaces, Reading, 527–538, 1990.

Liu, T. C., Abrasion Resistance of Concrete, ACI Journal, 78(5), 341–350, 1981.

Mikoš, M., Fluvialna abrazija prodnatih plavin, Acta hydrotechnica, 11(10), 107 strani, 1993.

Mueller-Hagmann, M., Hydroabrasion in high speed flow at sediment bypass tunnels, VAW-ETH Zürich, 239, 310 strani, 2017.

Sadeyzadeh, M., Page, C. L., Kettle, R. J., Surface microstructure and abrasion resistance of concrete, Cement and Concrete Research, 17(4), 581–590, 1987.

Scrivener, K. L., Cabiron, J.-L., Letourneux, R., High-performance concretes from calcium aluminate cements, Cement and Concrete Research, 29(8), 1215–1223, 1999.

Sebok, T., Stranel, O., Wear resistance of polymer-impregnated mortars and concrete, Cement and Concrete Research, 34(10), 1853–1858, 2004.

Siddique, R., Effect of fine aggregate replacement with Class F fly ash on the abrasion resistance of concrete, Cement and Concrete Research, 33(13), 1877–1881, 2003.

Siddique, R., Performance characteristics of high-volume Class F fly ash concrete, Cement and Concrete Research, 34(3), 487–493, 2004.

Šetina, B., Določitev abrazijske odpornosti različnih materialov izpostavljene abrazijski eroziji, VGL Ljubljana, Tehnično poročilo, 18 strani, 1969.

Šušteršič, J., Kryžanowski, A., Planinc, I., Zajc, A., Dobnikar, V., Leskovar, I., Ercegovič, R., Obnašanje betona, izpostavljenega podvodni abraziji, IRMA Ljubljana, Tehnično poročilo, 228 strani, 2004.

Uetz, H., Abrasion und Erosion, Carl Hanser Verlag Muenchen, 829 strani, 1986.

ŽENSKE V GRADBENIŠTVU 2024

Srečanje z ženskami, ki delajo v gradbeni panogi

Slika 1. *Nagovor mag. Barbare Škraba Flis, generalne sekretarke IZS.*

Slika 2. *Predavanje Nine Kolarič Tibaut, Atrij gradbeni inženiring.*

Po nekaj zaporednih deževnih dnevih se je 23. maja letos razvedrilo. Lepo vreme je spremljalo dogodek, na katerem so se zbrale ženske, ki delajo v gradbeni panogi. Povezovanje inženirk gradbeništva in večja promocija njihovih dosežkov je bila želja pokojne mag. Mojce Ravnikar Turk iz Zavoda za gradbeništvo Slovenije, ki je leta 2019 prva organizirala tovrstni dogodek. Po petih letih so izjemne inženirke gradbeništva predstavile svoje dosežke in izzive, s katerimi se srečujejo na svoji poklicni poti.

»V povprečju na Gradbeni fakulteti Univerze v Ljubljani študira tretjina študentk, študij jih zaključi okoli 40 odstotkov. Značilno je, da so dekleta bolj resna, vztrajna, so pa tudi bolj tiha. Inženirke gradbeništva se moramo oglašati in povedati svoje mnenje in možne rešitve pri aktualnih dilemah, poveznih z gradbeništvom. Prav javnemu nastopanju na fakulteti v zadnjem času posvečamo posebno pozornost,« je poudarila dekanja dr. Violeta Bokan Bosiljkov. »Ženske v gradbeništvu potrebujemo pogum, sem prva dekanja, ampak sem tudi prva, ki se je na to mesto sploh prijavila. Nimam občutka, da bi o moji potrditvi odločal spol, pomembni so znanje, kompetence, komunikativnost in povezovalnost.«

Po besedah Barbare Škraba Flis, generalne sekretarke Inženirske zbornice Slovenije, gradbeništvo vodijo moški. Odgovor na vprašanje, zakaj je tako, je iskala v tem, da se ženske ne želijo izpostavljati. Pa vendar ni dobrega tima brez žensk, moški so drznejši, ženske so bolj natančne in vztrajne. »Ženske imamo znanje in sposobnosti, moramo pa biti bolj drzne. Držati moramo skupaj in se podpirati. Gradbeništvo ni lahka panoga,« je poudarila.

Podprla je idejo, da se ženske vseh strok in profilov, ki delajo v gradbeništvu, povezujejo in tako nadaljujejo pobudo pokojne mag. Mojce Ravnikar Turk iz Zavoda za gradbeništvo Slovenije, ki je bila prva pobudnica povezovanja in promocije vloge žensk v gradbeništvu.

Ksenija Marc, DRI upravljanje investicij, Julija Gruden, Urbanscape Green Solution, in Nina Kolarič Tibaut, Atrij gradbeni inženiring, so v kratkih predavanjih predstavile nekatere projekte, s katerimi se trenutno ukvarjajo. Ksenija Marc je izpostavila številne prednosti in pozitivne učinke uporabe novih tehnologij, med katerimi sta najpomembnejši povečanje produktivnosti in nižanje stroškov. Apelirala je na pogostejšo uporabo BIM-tehnologije. Julija Gruden je predstavila slovenske rešitve za bolj zeleno grajeno okolje na Bližnjem vzhodu, Nina Kolarič Tibaut pa je opozorila na neživljenjskost tehnične smernice za graditev in projektiranje v zdravstvu.

Na osrednjem delu dogodka, okrogli mizi, ki jo je povezovala Tina Bučić, DRI upravljanje investicij, je poleg omenjenih govornic sodelovala tudi dr. Anka Ilc, Structum, ki bedi nad kakovostjo vgrajenih betonov pri največjih slovenskih gradbenih projektih. Sogovornice so se strinjale, da je pri izbiri študija najpomembnejše osebno zanimanje, pri opravljanju dela pa zgolj strokovnost, spol pri tem ne igra vloge. V pogovoru so se izrisale skupne lastnosti uspešnih žensk: zavzetost pri delu, navdušenje nad ustvarjanjem novega, vedoželjnost, odgovornost, odločnost in osebna integriteta. Bistveno je, da se ne bojimo izzivov ali tega, da bomo delale napake, ampak se tudi iz njih učimo, pridobivamo izkušnje in strokovno rastemo, so poudarile.

Posebna gosta dogodka sta bila Boštjan Romih, priznani televizijski voditelj, ki je predstavil tehnike za izboljšanje veščin javnega nastopanja, in Zmago Sagadin, eden najuspešnejših košarkarskih trenerjev vseh časov, ki je opisal uigrano sodelovanje, povezovanje v ekipi in motiviranost za doseganje uspehov.

Dogodek je dokazal, kako lahko z znanjem, vztrajnostjo in strastjo ženske premikajo meje in premagujejo ovire ter spreminjajo podobo našega sveta. Dogodek je organizirala družba Educenter v sodelovanju z Inženirsko zbornico Slovenije ter ob podpori družbe DRI upravljanje investicij, Zavoda za gradbeništvo Slovenije in DRC, Združenja za promet in prometno infrastrukturo Slovenije.

Slika 3. *Okrogla miza Karierne poti žensk v gradbeništvu.*

Slika 4. *Skupinska fotografija udeleženk srečanja.*

Vladka Šalej, Educenter, d. o. o.

Fotografije: Denis Horvat, ND Video studio

STROKOVNI POSVET RAZVOJNA IN PROMETNA INFRASTRUKTURA NA KOROŠKEM

Slika 1. *Dvorec Bukovje v Dravogradu.*

Slika 2. *Predstavitev strokovnih referatov.*

V četrtek, 23. maja 2024, je potekal strokovni posvet z naslovom Razvojna in prometna infrastruktura na Koroškem. Dogodek je bil v Dvorcu Bukovje v Dravogradu in je bil namenjen predstavitvi ključnih infrastrukturnih projektov ter strateških načrtov za izboljšanje prometne povezljivosti in regionalnega razvoja na Koroškem.

»Kvalitetna prometna infrastruktura je nujna za razvoj koroške regije«, je mnenje udeležencev letošnjega strokovnega posveta v organizaciji Društva za ceste severovzhodne Slovenije. Teme strokovnega posveta so bile izgradnja in umeščanje tretje razvojne osi, rekonstrukcija državnega cestnega omrežja na Koroškem, prenova železniške proge Maribor-Holmec, priložnosti za koroško regijo ob izgradnji hitre železnice Koralmbahn in sistemsko povezani ukrepi za reševanje poplavne ogroženosti porečja Meže in Mislinje.

Načrt Družbe za avtoceste v RS (DARS) je, da v letu 2024 na odseku tretje razvojne osi med Velenjem in Slovenj Gradcem pridobi vsa potrebna gradbena dovoljenja. Tako se bodo lahko pričeli postopki gradnje na celotnem odseku, gradnja pa bi se lahko zaključila v letu 2028. Pospešeno se nadaljujejo postopki umeščanja tretje razvojne osi v smeri proti Dravogradu, kjer bo javna razgrnitev v mesecu juniju 2024. V letu 2025 pa se načrtuje javna razgrnitev trase tretje razvojne osi tudi na odseku v smeri proti Prevaljam.

Na državnem cestnem omrežju Direkcija RS za infrastrukturo (DRSI) načrtuje več investicij na državnem cestnem omrežju. Glavni poudarek je na odsekih v Mežiški dolini, v občinah Črna na Koroškem, Mežica, Prevalje in Ravne na Koroškem. Gradnja se bo začela predvidoma v letih 2024 in 2025. Na odseku med Črno na Koroškem in Mežico ter med Ravnami na Koroškem in Dobrijami se načrtuje tudi gradnja kolesarske poti. DRSI načrtuje še prenovo železniške proge na odseku med Mariborom in Rušami (elektrifikacija) ter med Dravogradom in mejo z Avstrijo (avtomatizacija vodenja). Izgradnja hitre železnice (Koralmbahn) v Avstriji bo priložnost za Koroško, saj bo omogočala hiter dostop do Gradca in Celovca, ob tem pa bo omogočala prevoz tovora, ki bi se lahko dostavljali po prenovljeni železniški progi iz Dravograda.

Na okrogli mizi z naslovom Kdaj in kako bo Koroška postala infrastrukturno razvita in prometno povezana regija z enakovrednimi pogoji za gospodarski in socialno-družbeni razvoj?« so sodelovali Uroš Rozman (Društvo za ceste SV Slovenije), Bojan Borovnik (Razvojni svet koroške regije), Karmen Sonjak (RRA Koroška, d. o. o.) in Katja Pokeržnik (Koroška gospodarska zbornica). V razpravi so govorniki posebej izpostavili, da:

- je sanacija infrastrukture po poplavah lahko priložnost za koroško regijo, da dobi ustrezno prometno infrastrukturo, na katero je čakala več desetletij,
- Koroška v čim krajšem času potrebuje boljšo prometno povezavo na avtocesto A1,
- je slaba prometna dostopnost koroške regije velik problem za njeno gospodarstvo,

- je najslabše stanje na državni cestni povezavi v Mežiški dolini, ki nujno potrebuje rekonstrukcijo,
- je treba izkoristiti potenciale železniških povezav v regiji in njeni bližini,
- je treba povezovati regijsko prometno in prostorsko načrtovanje,
- je treba prometno infrastrukturo graditi tako, da bo odporna proti bodočim vremenskim ujmam.

Ključ za zagotavljanje varnosti prometne infrastrukture pred povodnjami bodo sistemsko povezani ukrepi za zagotavljanje poplavne varnosti na pritokih Meže in Mislinje, ki jih načrtujejo na Direkciji RS za vode. Med načrtovanimi ukrepi so protipoplavni nasipi, suhi zadrževalniki, prodni zadrževalniki in ureditev strug. Sistemsko povezane ukrepe načrtujejo tudi na reki Dravi.

Slika 3. *Udeleženci strokovnega posveta.*

Slika 4. *Pogostitev udeležencev.*

Slika 5. *Okrogla miza z naslovom Kdaj in kako bo Koroška postala infrastrukturno razvita in prometno povezana regija z enakovrednimi pogoji za gospodarski in socialno-družbeni razvoj?*

Uroš Rozman, Društvo za ceste SV Slovenije

Fotografije: Nika Holc in Nika Drofenik

POROČILO S SKUPŠČINE ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE (ZDGITS)

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije je 30. maja 2024 izvedla svojo redno letno skupščino, na kateri je bila ocenjena uspešnost delovanja v preteklem letu in predstavljene smernice za leti 2024 in 2025. ZDGITS je v letu 2023 v glavnini uresničila svoj delovni program, ki ga je sprejel Izvršni odbor na svoji redni seji 16. marca 2023. Vse osnovne dejavnosti ZDGITS so bile izpeljane uspešno in v skladu z načrti.

Izdajanje Gradbenega vestnika, osnovna dejavnost, s katero se ZDGITS ponaša že 73 let, je tudi v letu 2023 teklo nemoteno. Revija je izhajala redno mesečno, za njene vsebine je skrbel glavni in odgovorni urednik izr. prof. dr. Sebastjan Bratina. Izdanih je bilo dvanajst enojnih številk publikacije na skupaj 316 notranjih straneh. Letno poročilo glavnega in odgovornega urednika navaja, da je bilo v celotnem letniku objavljenih 21 člankov, od tega 13 člankov s pretežno znanstveno in osem člankov s pretežno strokovno vsebino. Vsi znanstveni in strokovni članki so bili recenzirani, pri recenzijah je sodelovalo 23 recenzentov. Znanstveni članki so zajemali naslednja področja gradbeništva: analizo konstrukcij, preizkušanje konstrukcij in materialov, hidrotehniko, potresno inženirstvo, gradbeno fiziko, učinkovito rabo energije, gradbeno informatiko in promet. Strokovni članki so predstavili gradnjo aktualnih objektov in opisali strokovne rešitve. V vsaki številki sta bili objavljeni stalni rubriki Koledar strokovnih prireditev ter Novi diplomanti iz UL FGG in UM FGPA. V rubriki Fotoreportaža z gradbišča je bilo predstavljenih dvanajst aktualnih gradbišč v Sloveniji s področja visokih gradenj ter cestne in železniške infrastrukture. V letniku je bilo objavljenih tudi osem poročil s strokovnih srečanj, en jubilej, dva nekrologa, eno voščilo in tri obvestila ZDGITS oz. DGIT. V letu 2023 je nadgradnja spletne strani revije (https://www.zveza-dgits.si/gradbeni-vestnik) nekoliko zastala, ureditev arhiva Gradbenega vestnika in nadgradnja brskalnika tako še čakata na realizacijo.

Izhajanje publikacije so tudi v letu 2023 programsko in finančno podprli dolgoletni partnerji ZDGITS: Matična sekcija gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG-IZS), Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG), Zavod za gradbeništvo Slovenije (ZAG), Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru (UM FGPA) ter Agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS), na podlagi uspešne prijave publikacije na javni razpis.

V skladu z načrtom aktivnosti so bili v letu 2023 izvedeni trije pripravljalni seminarji za strokovne izpite za gradbeno stroko po programih za pooblaščenega inženirja in pooblaščenega vodjo del. Predavali so pooblaščeni strokovnjaki IZS, ki so pri IZS člani izpitne komisije za opravljanje strokovnih izpitov. Vseh treh seminarjev se je udeležilo 99 kandidatov, kar je 61 kandidatov manj kot v letu 2022.

Organi ZDGITS so se sestajali v skladu z določili statuta. Na sejah so pregledovali skladnost poslovanja in izvajanja programa ZDGITS s načrtom ter obravnavali aktualno problematiko.

Poleg svojih stalnih nalog, kamor sodijo aktivnosti v zvezi s pridobitvijo novih sorodnih društev za članstvo v ZDGITS, pomoč pri delovanju obstoječih članskih društev ZDGITS ter vzpodbujanje njihovega sodelovanja, je v letu 2023 ZDGITS največ truda vložila v sodelovanje s Slovensko inženirsko zvezo (SIZ) saj je - kot njena partnerica - prevzela priprave na mednarodno konferenco z naslovom Podnebne spremembe in vodooskrba Istre, ki je bila 18. in 19. marca 2024 v Pulju. Glavni organizatorji konference so bili poleg SIZ še Hrvaška inženirska zveza (HIS), Istarska županija in grozd slovenskih primorskih občin PIKA. Uspešna izvedba in medijska odmevnost konference sta spodbudili nadaljevanje sodelovanja s hrvaškimi

kolegi, v letošnjem novembru je tako že načrtovan skupen posvet v Državnem svetu RS na temo energetskega izkoriščanja reke Save. S čezmejnim povezovanjem s sorodnimi društvi in institucijami ter organizacijo skupnih strokovnih dogodkov ZDGITS skrbi za svojo promocijo in širi prepoznavnost v mednarodni strokovni javnosti.

Uresničenje načrtovanih aktivnosti je vsako leto odvisno od razpoložljivih finančnih sredstev. Glavnino si ZDGITS zagotavlja z izdajanjem Gradbenega vestnika in organizacijo pripravljalnih seminarjev. Finančna realizacija v letu 2023 izkazuje minimalen presežek prihodkov nad odhodki. Pri njenem pregledu in primerjavi z letom 2022 izstopa zmanjšanje prihodkov od organizacije pripravljalnih seminarjev zaradi manjšega števila udeležencev. Upad udeležbe na seminarjih gre pričakovati tudi v prihodnje, saj je ta vezan na zmanjšano zanimanje za študij gradbeništva v preteklih letih. Prihodki od izdajanja Gradbenega vestnika so bili sicer nekoliko višji kot v letu poprej, zaradi večjega zneska sofinancerskih sredstev, pridobljenih z uspešno prijavo revije na javni razpis agencije ARIS, vendar izdajanje revije ni samovzdržno, kar pomeni, da stroški presegajo njene prihodke. Gradbeni vestnik namreč že vrsto let prinaša izgubo, ki jo ZDGITS pokriva s prerazporeditvijo sredstev iz druge dejavnosti.

Na skupščini sta bila sprejeta tudi programa aktivnosti za leti 2024 in 2025 ter finančni načrt za leto 2024. ZDGITS v prihodnjih dveh letih načrtuje nadaljevanje izvajanja svojih osnovnih aktivnosti, kamor sodita mesečno izdajanje Gradbenega vestnika in izvedba treh pripravljalnih seminarjev za strokovne izpite za gradbeno stroko letno. Še naprej bo skrbela za zgledno partnerstvo z MSG IZS, UL FGG, UM FGPA in ZAG, s katerimi beleži dolgoletno sodelovanje tako pri izdajanju Gradbenega vestnika kot na drugih področjih svojega delovanja, učvrstila bo sodelovanje z Inženirsko akademijo Slovenije (IAS). Stalne naloge ZDGITS ostajajo aktivnosti za pridobitev novih sorodnih društev za članstvo v ZDGITS, pomoč pri delovanju obstoječih društev in spodbujanje sodelovanja med društvi. Nova naloga, ki si jo je Zveza zadala, je krepitev vezi s Hrvaško inženirsko zvezo in Društvom gradbenih inženirjev Zagreb, s katerima načrtuje nadaljevanje sodelovanja pri organizaciji strokovnih posvetov in konferenc. Pri organizaciji posvetov se bo ZDGITS tudi v prihodnje povezovala z Državnim svetom RS. Med drugimi načrtovanimi aktivnostmi so spremljanje in sodelovanje na javnih razpisih za nevladne organizacije (NVO), nadaljevanje sodelovanja in izmenjave strokovnih revij z uredništvi iz tujine ter nadgradnja spletne strani ZDGITS in Gradbenega vestnika. V letu 2024 je predviden tudi razpis za novega glavnega in odgovornega urednika Gradbenega vestnika ter člana uredniškega odbora.

Razprava o obravnavanih poročilih je izpostavila perečo problematiko Gradbenega vestnika. Že vrsto let se publikacija sooča na eni strani z omejenimi finančnimi zmogljivostmi, ki vplivajo na njen obseg in kakovost, na drugi strani pa s pasivnostjo avtorjev oziroma s težavnim pridobivanjem člankov in fotoreportaž ter ustreznih recenzentov. ZDGITS si sicer z različnimi pobudami in akcijami prizadeva za izboljšanje stanja, vendar za zdaj brez želenih rezultatov.

Člani ZDGITS so izrazili svojo odločenost, da s svojimi dejavnostmi vztrajno nadaljujejo ter se še zlasti aktivno vključujejo v postopke priprave in sprejemanja gradbene zakonodaje, saj se samo z vztrajnim in odločnim strokovnim delovanjem lahko nadejamo sprememb, ki bodo v prid tako stroki kot javnemu interesu in družbeni blaginji. Pri uresničevanju zastavljenih ciljev ZDGITS računa na aktivno vključevanje ter konstruktivno sodelovanje in solidarnost vseh svojih članskih društev.

Slika 1. *Zasedanje skupščine ZDGITS. Od leve: Slavko Mesojedec, Nina Humar, dr. Jože Lopatič, mag. Sebastjan Kuder, dr. Sebastjan Bratina, Eva Okorn, dr. Andrej Kryžanowski, Marija Rataj, Jože Preskar in Natalija Eršte. Foto: Gorazd Tomljanovič.*

Slika 2. *Od leve: dr. Sebastjan Bratina, Eva Okorn, dr. Andrej Kryžanowski, Marija Rataj in Jože Preskar. Foto: Gorazd Tomljanovič.*

Povzela: **Eva Okorn**, poslovna sekretarka ZDGITS

FOTOREPORTAŽA
GRADNJA OBVOZNICE ŽELEZNIKI

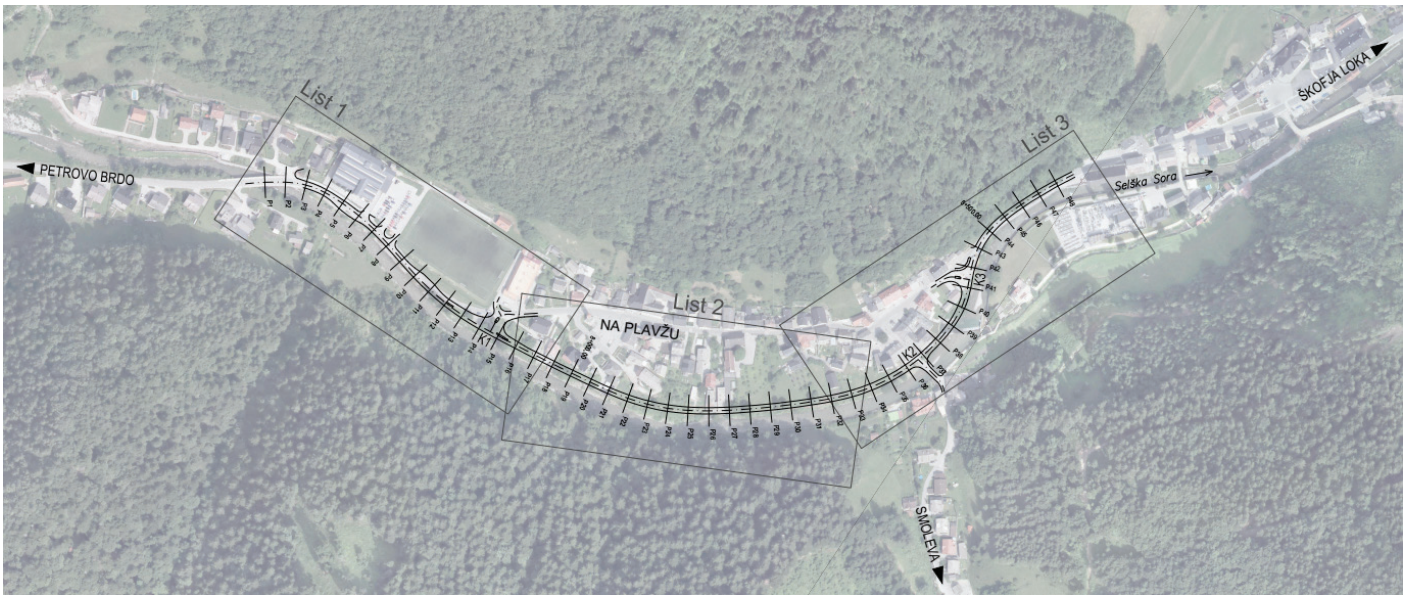
Slika 1. *Obvoznica Železniki.*

Lokacija: Železniki
Investitor: Ministrstvo za infrastrukturo, Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo (DRSI)
Soinvestitor: Občina Železniki
Projektant gradbenih konstrukcij: Ginex International, d. o. o.
Izvajalec gradbenih del: J.V. Gorenjska gradbena družba, d. d., in Mapri Proasfalt, d. o. o.
Nadzornik gradbenih del: Projekt, d. d., Nova Gorica
Konzultant: DRI upravljanje investicij, d. o. o.
Vrednost gradbenih del: 4,1 milijona evrov
Začetek gradbenih del: julij 2022
Predviden zaključek gradbenih del: julij 2024

Naselje Železniki leži v dolini Selške Sore, kjer se dolinsko dno hitro zoži s širine približno 400 m na območju Studenega do širine približno 120 m na območju Trnja in gorvodno do Jesenovca. Zaradi poseljenosti ter industrijske in obrtne gradnje je prilagojeno tudi korito Selške Sore, ki je na obravnavanem območju prekomerno utesnjeno. Poplavna ogroženost obrežnih in pozidanih (urbaniziranih) površin je izredno velika.

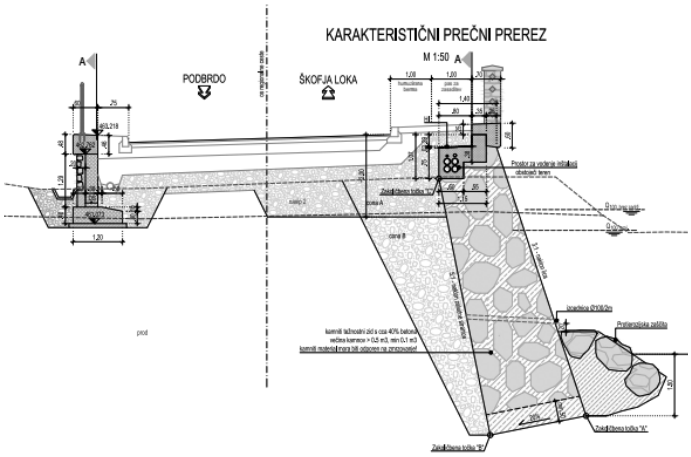
Obstoječa regionalna cesta R2-403/1075 Podrošt–Češnjica ima na delu skozi staro trško jedro naselja Železniki (Na Plavžu) neustrezen prečni prerez vozišča, ki se spreminja od širine 3,80 m do 5,50 m. Zaradi teh ožin je na 180 m dolgem odseku možen le enosmerni promet. Cesta nima urejenih površin za pešce in kolesarje, ima pa veliko hišnih priključkov, ki so v večini nepregledni.

Državni prostorski načrt predvideva prestavitev regionalne ceste R2-403/1075 Podrošt–Češnjica skozi Železnike v dolžini 950 m. Nova trasa ceste je umeščena med naseljem Na Plavžu in vodotokom Selška Sora. Na odseku so predvidena tri nova križišča, in sicer na začetku in koncu naselja Na plavžu ter v smeri proti Smolevi. V okviru ureditve nove ceste bodo izvedeni tudi novi avtobusni postajališči in površine za pešce.



Slika 2. *Pregledna situacija nove obvoznice v Železnikih.*

Slika 3. *Obstoječa regionalna cesta skozi Železnike, ki je na delu skozi staro trško jedro široka le 3,8 m (Foto: https://kraji.eu).*



Slika 4. *Karakteristični prerez nove ceste.*

Prestavitev ceste bližje vodotoku zahteva izgradnjo dveh podpornih zidov dolžine 571 in 144 m, ki služita tudi kot protipoplavni ukrep za zaščito naselja Na Plavžu. Na odseku med naseljem Na Plavžu in Kulturnim domom se je izvedel vkop v strmo skalno brežino, ki je varovan z žično mrežo in pasivnimi sidri. Na novi trasi se je uredila meteorna kanalizacija in cestna razsvetljava, obstoječi vodovod pa se je nadomestil z novim.

Slika 5. *Pripravljalna dela za prestavitev ceste.*

Slika 6. *Izvedba podpornega zidu ceste – kamen v betonu.*

Slika 7. *Izvedba ustroja vozišča na položeni geosintetik.*

Slika 8. *Vkop v strmo skalno brežino.*

Slika 9. *Vrtanje in vgradnja pasivnih sider.*

Slika 10. *Prestavitev vodovoda.*

Izvedba obvoznice je del projekta protipoplavne ureditve Selške Sore, ki zajema ureditev vodotoka Selška Sora in njenih pritokov Češnjica, Dašnica in Prednja Smoleva. V okviru protipoplavnih ukrepov so se utrdile brežine vodotokov s kamnitimi zložbami, poglobitev struge in zaščita temeljev obstoječih obrežnih zidov, uredili so se trije jezovi na Selški Sori (Alplesov, Dermotov in Dolenčev) in na novo izvedli trije mostovi (čez Češnjico, na Trnje in v Ovčjo vas). Izvedeni ukrepi bodo zagotavljali prehod poplavnega vala Selške Sore s konico do 190 m^3/s v kontrolnem prerezu brez poplav na urbanem območju Železnikov.

Slika 11. *Končna ureditev z novim avtobusnim postajališčem.*

Avtor fotoreportaže: Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo, foto: Tomaž Tušar

NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Jan Valentin Žajdela, Uporaba umetne inteligence na področju arhitekture in gradbeništva, mentor doc. dr. Robert Klinc, somentorica asist. Anja Brelih;
https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=158285&lang=slv

I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Tilen Skala, Meritve tlačne trdnosti in togosti lesa bukve, mentor prof. dr. Goran Turk, somentor izr. prof. dr. Matija Gams;
https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=158284&lang=slv

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO (smeri Gradbene konstrukcije, Geotehnika-hidrotehnika, Nizke gradnje)

Jaka Jerala, Vpeljava rešitev IKT za poslovne procese v operativnem gradbenem podjetju, mentor doc. dr. Robert Klinc, somentor asist. dr. Aleksander Srdić;
https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=158287&lang=slv

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO, PROMETNO INŽENIRSTVO IN ARHITEKTURO

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Dubravko Andrašek, Primerjava potresne analize zidane stavbe z linearno elastičnim in nelinearnim modelom v programih Tower 8 in SCIA Engineer 21, mentor doc. dr. Milan Kuhta, somentorja prof. dr. Miroslav Premrov in asist. Jelena Vilotijević;
https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=88484&lang=slv

Rubriko ureja **Eva Okorn**, gradb.zveza@siol.net

Gradbeni vestnik

KOLEDAR PRIREDITEV

4.-6.7.2024
EGRWSE 2024 - 5th Environmental Geotechnology, Recycled Waste Materials and Sustainable Engineering
Varšava, Poljska
https://iil.sggw.edu.pl/egrwse-2024/

8.-12.7.2024
14th International Symposium on Landslides
Chambéry, Francija
www.isl2024.com/

26.-30.8.2024
ECSMGE 24 – XVIII European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering
Lizbona, Portugalska
https://www.ecsmge-2024.com

16.-20.9.2024
30. Svetovni ITS kongres
Dubaj, Združeni Arabski Emirati
https://itsworldcongress.com

18.-20.9.2024
International Symposium of the Association of Structural Engineers of Serbia – ASES
Vrnjačka Banja, Srbija
https://dgks.grf.bg.ac.rs/index.php?lang=en

23.-25.9.2024
CDA Conference 2024 - Canadian Dam Association 2024 Annual Conference & Exhibition
Niagara Falls, Ontario, Kanada
https://cda.ca/events/2024/09/23/cda-conference-2024

23.-27.9.2024
IS-Grenoble 2024 — International Symposium on Geomechanics from Micro to Macro
Grenoble, Francija
https://is-grenoble2024.sciencesconf.org/

29.9.-3.10.2024
92nd ICOLD Annual Meeting and International Symposium
New Delhi, Indija
www.icold2024.org/#/home

23.-25.10.2024
16. slovenski kongres o prometu in prometni infrastrukturi
Portorož, Slovenija
www.drc-zdruzenje.si/kongres/

7.-8.11.2024
45. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije
Portorož, Slovenija
www.sdgk.si

20.-22.11.2024
5th International Conference on Transportation Geotechnics 2024
Sydney, Avstralija
www.ictg2024.com.au

2.-5.12.2024
Deep Mixing 2024
Jokohama, Japonska
https://dm2024.info/

20.-22.03.2025
GCCSEE2025 - Global Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering
Berlin, Nemčija
https://imprintsconferences.com/conferences/GCCSEE2025

10.-11.4.2025
15th International Conference on the Constructed Environment
Berlin, Nemčija
https://constructedenvironment.com/2025-conference

9.-15.5.2025
WTC 2025 — World Tunnel Congress
Stockholm, Švedska
www.wtc2025.se

Rubriko ureja **Eva Okorn**, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: gradb.zveza@siol.net