

30. SLOVENSKI KOLOKVIJ O BETONIH

IRMA Inštitut za raziskavo materialov in aplikacije je v sodelovanju z IZS organiziral 30. slovenski kolokvij o betonih z naslovom Večkomponentni drobnnozrnati betoni in malte. Kolokvij je potekal 7. 11. 2023 v dvorani Plečnik 1, Four Points by Sheraton Ljubljana Mons, s 155 udeleženci.

Razvoj novih materialov, raziskovalne opreme, metod preiskav in tehnologij grajenja nam omogoča razvoj novih betonov in malt ter modifikacijo tradicionalnih sestav teh kompozitov za gradnjo novih in sanacijo starih objektov. Vezivo in polnilo sestavljamo iz večjega števila komponent, s čimer dobijo betoni in malte lastnosti, ki nam omogočijo gradnjo bolj zmogljivih in trajnih objektov ter bolj učinkovito sanacijo posameznih konstrukcijskih elementov. Pri tem lahko uporabljamo tudi reciklirane materiale, s čimer prispevamo k trajnostnim rešitvam grajenja objektov. Z uporabo drobnnozrnatih agregatov in polnil povečujemo homogenost strukture betonov in malt. Lahko

rečemo, da smo s tem spremenili betone v malte, ki imajo lastnosti betonov. S tem pa smo zelo povečali stične površine med različnimi komponentami, katerih mehanizme moramo dobro poznati, ker imajo zelo velik vpliv na lastnosti celotnega kompozita. Podrobnejši potek kolokvija je razviden iz programa (slika 1).

V uvodu kolokvija je v imenu predsednika IZS mag. Črtomirja Remca podal pozdravni govor Andrej Pogačnik (slika 2), predsednik Matične sekcije gradbenih inženirjev pri IZS. Poudaril je pomen pravilne uporabe betona v naši gradbeni praksi, za kar je nujno potrebno stalno izobraževanje vseh udeležencev pri gradnji. To je še toliko bolj pomembno v današnjem času, ko mora celotna gradbena stroka poskrbeti poleg izvedbe zahtevnih infrastrukturnih, energetskih in visokogradbenih objektov tudi in predvsem za obnovo porušenih objektov zaradi katastrofalnih poplav in plazov po celotni Sloveniji.

30. SLOVENSKI KOLOKVIJ O BETONIH		30 th SLOVENIAN COLLOQUIUM ON CONCRETE	7. NOVEMBER 2023
IRMA inštitut za raziskavo materialov in aplikacije d.o.o.		MULTI-COMPONENT FINE-GRAINED CONCRETES AND MORTARS	VEČKOMONENTNI DROBNNOZRNATI BETONI IN MALTE
PROGRAM	9.00	Pozdravni govor / Welcome speech: mag. Črtomir Remec, Predsednik Inženirske zbornice Slovenije	
	9.20	Dr. Jakob Šušteršič, Franci Ceklin, David Polanec, Tomaž Škoberne, IRMA Drobnnozrnati betoni – malte s posebnimi lastnostmi / Fine-grained concretes - mortars with special properties	
	9.50	Dr. Harald Justnes, SINTEF Community, Trondheim, Norway Aluminum reinforced concrete / Beton, ojačan z aluminijem	
	10.20	Prof. Dr. Luc Courard, Julian Hubert, University of Liege, Belgium New developments in the recycling of Construction and Demolition Wastes for the concrete industry / Novi razvoji na področju recikliranja gradbenih odpadkov in odpadkov iz rušenja objektov za betonsko industrijo	
	10.50	Prof. Dr. Andrzej Garbacz, Ewa Sobczyńska, Dr Wojciech Terlikowski, Warsaw University of Technology, Poland Repair earth-based mortars - requirements and a selection algorithm / Sanacijske malte na zemeljski osnovi - zahteve in izbirni algoritem	
	11.20	Prof. Dr. Violeta Bokan Bosiljkov, Asist. Dr. Andreja Padovnik, UL FGG Posebnosti apnenno-cementnih kompozitov in metod njihovega preskušanja / Specific characteristics of lime-cement composites and their test methods	
	11.50	Odmor / Break time	
	12.20	Dr. Aljoša Šajna, ZAG Trije praktični primeri uporabe MABZVZ in kaj smo se iz njih naučili / Three practical examples of the use of UHPFRC and what we have learned from them	
	12.50	Prof. Dr. Dimitrije Zakić, Prof. Dr. Dragica Jevtić, Prof. Ass. Dr. Aleksandar Radević, Milica Vidović, Stefan Mitrović, Građevinski fakultet Beograd Research, testing and application potential of steel fiber reinforced ultra high-performance concrete / Raziskave, preskušanje in možnosti uporabe zelo visoko zmogljivega mikroarmiranega betona z jeklenimi vlakni	
	13.20	Prof. Dr. Nina Štirnec, Sonja Cerković, Dr. Ivana Carević, Prof. Dr. Ivana Banjad Pečur, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu Održivi mortovi s pepelom iz energana na drvno biomaso / Sustainable mortars with ash from wood biomass power plants	
	13.50	Prof. Dr. Naser Kabashi, Msc. Enes Krasniqi, PhD cand., Prof. Ass. Dr. Milot Muhaxher, FCE University of Pristina, Kosovo Properties of stone dust and partially replaced of cement in cementitious mortar for repairing / Lastnosti kamnitega prahu in delno nadomeščenega cementa v cementni malti za sanacijo	
	14.20	Rok Ercegović, Aleš Brodnik, Sandi Drolc, Dr. Jakob Šušteršič, IRMA Tankoslojni elementi in preplastitve / Thin-layer elements and overlays	
	14.50	Zaključek kolokvija / Conclusion of the colloquium; Delovno kosilo / Working lunch	

Slika 1. Program predavanj v okviru 30. slovenskega kolokvija o betonih.



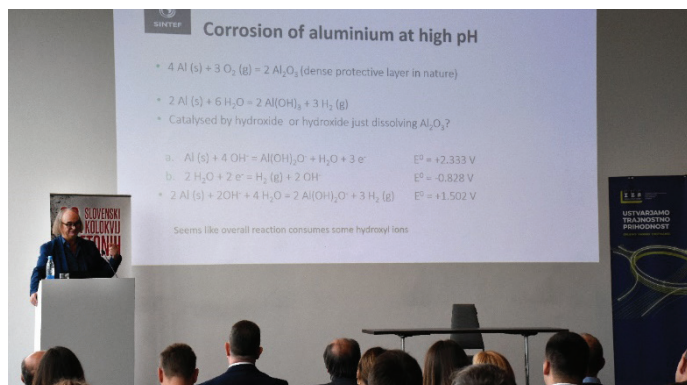
Slika 2. Pozdravni govor Andreja Pogačnika, predsednika Matične sekcije gradbenih inženirjev pri IZS.

Prvo predavanje z naslovom »Drobnnozrnati betoni – malte s posebnimi lastnostmi« so pripravili sodelavci IRMA Franci Ceklin, David Polanec, Tomaž Škoberne in dr. Jakob Šušteršič, ki je predstavil ta referat. Obravnavala sta se dva primera večkomponentnih drobnnozrnatih betonov, ki sta po svoji sestavi malte, imata pa lastnosti betonov. Njune ključne lastnosti pa se razlikujejo od lastnosti normalnih betonov. Najprej so se na kratko obravnavali betoni zelo visokih zmogljivosti, ki so plod sodobne tehnologije betonov. Imajo zelo veliko trdnost, z dodano veliko količino vlaken pa postanejo duktilni. Zaradi tega in zaradi zelo goste strukture matrice dosežejo visoko obstojnost (slika 3). Povsem drugačne lastnosti od teh imajo visoko-aerirani drobnnozrnati betoni. Njihova struktura je bolj ali manj porozna, zato je prostorninska masa glavni parameter, ki vpliva na lastnosti strjenih visoko-aeriranih drobnnozrnatih betonov. Zaradi sposobnosti doseganja različnih stopenj obdelovalnosti in različnih lastnosti v strjenem stanju je njihova uporabnost zelo široka. Uporabljajo se lahko tudi kot malte za ometavanje in zidanje.



Slika 3. Doseganje visoke gostote betonov zelo visokih zmogljivosti; iz referata z naslovom *Drobnozrnati betoni – malte s posebnimi lastnostmi*.

Prof. dr. Harald Justnes, ki prihaja iz največje neodvisne raziskovalne organizacije v Skandinaviji SINTEF iz Trondheima na Norveškem, je podal referat z naslovom *Beton, ojačan z aluminijem* (slika 4). Beton s 55-% zamenjavo cementa s kalcinirano glino je bil izdelan z namenom stabilizacije aluminijaste armature, zmanjšanja celotnega ogljičnega odtisa in omogočanja izjemno dolge življenjske dobe brez vzdrževanja. Dolga življenjska doba je zagotovljena, saj je aluminij stabilen v karboniziranem sistemu in v prisotnosti kloridov. Poleg tega hidratacijski produkti pucolanske reakcije kalcinirane gline kemično vežejo kloride kot Friedlova sol. Ker se ves kalcijev hidroksid sčasoma porabi, je odpornost proti sulfatom odlična, alkalno-agregatne reakcije pa zaradi nizkega pH in topega aluminijevega oksida niso trajne. Edini degradacijski mehanizem je luščenje zaradi zmrzovanja/trajanja, ki pa se lahko zmanjša s pravilno aeracijo.



Slika 4. Predstavitev referata prof. dr. Haraldja Justnesa z naslovom *Beton, ojačan z aluminijem*.

Referat z naslovom »Novi razvoji na področju recikliranja gradbenih odpadkov in odpadkov iz rušenja objektov za betonsko industrijo« so pripravili Sophie Grigoletto, Yeakleang Muy, Frédéric Michel, Arthur Fanara, Julien Hubert in prof. dr. Luc Courard, ki ga je tudi predstavil (slika 5). Vsi prihajajo z univerze iz Liegea, Belgija, Urban and Environmental Engineering,

GeMME Building Materials. Ravnanje z gradbenimi odpadki in odpadki pri rušenju objektov je zdaj del krožnega gospodarstva. Vedno več izdelkov, ki so prej veljali za odpadke, recikliramo za proizvodnjo novih malt in betonov: kakovost drobljenja, sortiranja in priprave v odobrenih centrih za recikliranje, kar pomeni, da se kakovost izdelkov in skladnost lastnosti recikliranih materialov nenehno izboljšujeta. Univerza v Liegeu (Belgija) sodeluje v številnih projektih, katerih cilj je izboljšati pogoje recikliranja in povečati deleže vgrajenih materialov v nove betone: za primere so predstavljeni zemeljsko vlažni betoni, betoni z opečnim drobirjem in reciklirani peski za 3D-tiskanje. Ukrepi za spodbujanje uporabe betona iz recikliranega agregata so v celoti v skladu s strateškimi cilji Evropske unije (EU), znanstvena skupnost pa vztrajno trdi, da je beton iz recikliranega agregata tehnično primeren konstrukcijski material.



Slika 5. Predavanje prof. dr. Luca Courarda z naslovom *Novi razvoji na področju recikliranja gradbenih odpadkov in odpadkov iz rušenja objektov za betonsko industrijo*.

Ewa Sobczyńska in prof. dr. Andrzej Garbacz iz varšavske univerze sta pripravila referat z naslovom *Rekonstrukcijske malte na osnovi zemlje – zahteve in algoritem za izbiro*. Referat je predstavila Ewa Sobczyńska (slika 6), ki pripravlja doktorsko disertacijo, katere tema je delno predstavljena v tem referatu. Postopek ohranjanja zgodovinskih kamnitih konstrukcij je zapleteno vprašanje, ki zahteva veliko raziskav in analiz. Eden od izjemno pomembnih vidikov je tveganje uporabe nadomestnega materiala na že obstoječem. To tveganje večinoma zajema vprašanja na področju fizikalno-kemijske analize, pa tudi



Slika 6. Predavanje Ewe Sobczyńska z naslovom *Rekonstrukcijske malte na osnovi zemlje – zahteve in algoritem za izbiro*.

3.15.1.1.1. Rezultati preskušanj: preskušane suhe preizkušnje, ki so v skladu s predhodno ugotovitvijo: Prvih 7 dni so vzorci pri RH > 95 %, sledi nega pri RH = 65±5 %, kjer je hitrost karbonatizacije pravilna vlaga.

Rezultati malih preiskav potrjujejo, da apnenno-cementni kompoziti razvijejo nižje trdnosti v pogojih z nujno RH. Preverjali smo trdnosti konstrukcijskih injekcijskih mešanik, ki so vsebovale 30 % cementa in 70 % apna ali 40 % cementa in 60 % apna, vzorci so bili 90 dni izpostavljeni standardni negi [SIST EN 1015-11] ali nestandardnim pogojem negi, ki so vladali v enem od laboratorijev UI. FGG (temperatura med 16 °C in 17 °C, RH med 45 % in 60 %).

Oznaka izmeritve	Standardne ränge	Nestandardne ränge	Standardna ränge	Nestandardna ränge
	Tlačna trdnost (MPa)	Tlačna trdnost (MPa)	Upogibna trdnost (MPa)	Upogibna trdnost (MPa)
X600 P0.4 CP1.4	5,19	5,28	1,65	0,99
X600 P0.4 CP2.1	5,21	6,35	1,65	1,42
X600 P0.4 CP1.1	6,87	2,09	2,12	0,95

Prvi referat po odmoru je predstavil dr. Aljoša Šajna iz Zavoda za gradbeništvo Slovenije, katerega naslov je bil Trije praktični primeri uporabe MABZV in kaj smo se iz njih naučili (slika 8). MABZV (mikroarmirani beton zelo visokih zmogljivosti) je idealen material za preplastitve betonskih površin bodisi pri obnovah bodisi novogradnjah in je idealna zamenjava za običajno hidroizolacijo, saj skrajšuje čas sanacijskega posega, je trajen, ekonomsko upravičen in okolju prijazen. Ker sestavo MABZV lahko prilagajamo potrebam uporabnika, ga lahko uporabimo tudi kot material za umetniška dela. V

30th SLOVENIAN COLLOQUIUM ON CONCRETE

What is
SFRUHPC?

Binder

Hyperplastizer + water

Steel Fibers

Quartzite sand

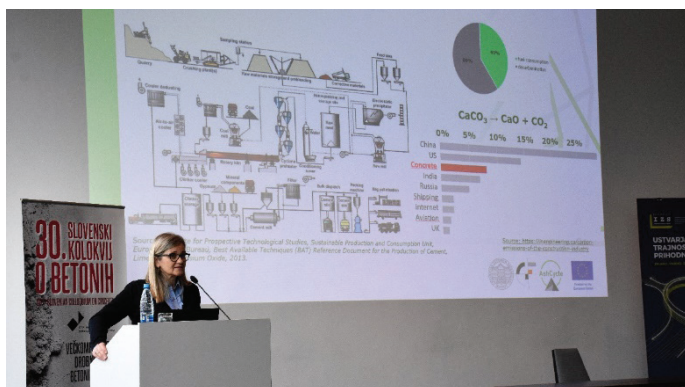
Optimal particle packing

The incorporation of steel fibers combined with high-performance concrete

LITVINSKI
TRILISTRIČNO
PROJEKTOVANJE

Slika 9. Prof. dr. Dimitrije Zakić predstavlja referat z naslovom *Raziskave, preskušanje in možnosti uporabe zelo visokozmogljivega mikroarmiranega betona z jeklenimi vlakni.*

Prof. dr. Nina Štirmer, Sonja Barišić, dr. Ivana Carević in prof. dr. Ivana Banjad Pečur iz Sveučilišta u Zagrebu, Građevinski fakultet, so pripravile referat z naslovom Trajnostne malte s pepelom iz elektrarn na lesno biomaso. Referat je predstavila prof. dr. Ivana Banjad Pečur (slika 10). Gradbene materiale je treba obravnavati z vidika njihovega ogljičnega odtisa v celotni življenjski dobi. Visoke emisije toplogrednih plinov pri proizvodnji cementa, pomanjkanje naravnih surovin, znatno povečanje količine odpadnega pepela iz različnih tehnologij in težave z odlaganjem so povzročili resne motnje v ekosistemu. Zato je treba spodbujati uporabo proizvodnih postopkov, ki porabijo manj materiala in energije ter zagotavljajo popolno recikliranje ob koncu življenjske dobe izdelka. Ena od možnih rešitev je uporaba pepela iz lokalno dostopne lesne biomase kot delnega nadomestka cementa v trajnostnih maltah. V ta namen so testirali ustrezne lastnosti svežih in strjenih malt z zamenjavo cementa z 20 % pepela iz lokalno dostopne lesne biomase.



Slika 10. Referat z naslovom Trajnostne malte s pepelom iz elektrarn na lesno biomaso podaja prof. dr. Ivana Banjad Pečur.

Prof. dr. Naser Kabashi je podal referat z naslovom Lastnosti kamnitega prahu in delno nadomeščenega cementa v cementni malti za sanacijo, ki ga je pripravil skupaj z doktorskim kandidatom Enesom Krasniqijem in izr. prof. dr. Milom Muhaxherijem z Univerze Priština, Oddelek za gradbeništvo (slika 11). Kamniti prah, ki pogosto nastaja med postopkom žaganja za zmanjšanje onesnaževanja in okoljske škode, ima ogromen potencial za uporabo kot nadomestek cementa v mešanicah malte. Ta strateška uporaba ne pomaga le pri okoljskem upravljanju, temveč tudi učinkovito zmanjšuje proizvodne stroške. Namen te raziskave je celovito analizirati lastnosti malte z vključitvijo kamnitega prahu kot delnega nadomestka cementa. Za nadomestilo kamnitega prahu so bili upoštevani različni nadomestni odstotki: 5 %, 7,5 % in 10 % mase cementa. Analitični poudarek vključuje podroben pregled kemičnih in fizikalnih lastnosti kamnitega prahu, vključno z analizo presejanja. Študija je usmerjena v ocenjevanje različnih zasnov mešanic s poudarkom na mehanskih lastnostih malte v skladu z uveljavljenimi evropskimi standardi (EN). Na koncu bo določen optimalni odstotek kamnitega prahu za zamenjavo cementa in primerjan s standardnimi sestavami malt, ki jih trenutno uporabljajo industrijski proizvajalci, kar bo spodbudilo nadaljnjo razpravo in morebitni napredek na tem področju.

Zadnji referat na kolokviju z naslovom Tankoslojni elementi in preplastitve so pripravili Rok Ercegovič, Aleš Brodnik, Sandi



Slika 11. Prof. dr. Naser Kabashi podaja referat z naslovom Lastnosti kamnitega prahu in delno nadomeščenega cementa v cementni malti za sanacijo.

Drolc in dr. Jakob Šušteršič, ki je ta referat tudi predstavil. Vsi prihajajo iz IRMA Inštituta za raziskavo materialov in aplikacije. V tem referatu se obravnavata dva primera uporabe večkomponentnega drobnnozrnatega betona. Prvi primer je izdelava dvoslojnih tankih plošč iz drobnnozrnatega mikroarmiranega betona, ki so vgrajene v asfaltno prekritje parkirišča. Plošče so izdelane na mestu samem (slika 12). Spodnji sloj z debelino 4 cm je izdelan iz mikroarmiranega betona z jeklenimi vlakni (MAB-JV), zgornji sloj z debelino 1 cm pa iz mikroarmiranega betona s polipropilenskimi vlakni (MAB-PV). Podani in obravnavani so rezultati predhodnih laboratorijskih preiskav. Drugi primer je izdelava tankoslojne preplastitve iz drobnnozrnatega polimerno modificiranega betona (PMB). V članku so obravnavane sestave PMB za tankoslojne preplastitve s približno debelino od 15 do 25 mm. Takšne preplastitve se lahko uporablja za preplastitev novih betonskih plošč ali za sanacijo poškodovanih betonskih plošč. Za pripravo laboratorijskih mešanic PMB so bili uporabljeni stiren-butadienski kopolimerni (SBR) lateks, portlandski cement, mikrosilika in različne vrste drobnnozrnatih agregatov. Deleži komponent so bili kombinirani z namenom, da bi se našla optimalna sestava PMB glede na zahteve. Poskusno polje je v uporabi že 24 let.



Slika 12. Izdelava dvoslojnih tankih plošč iz drobnnozrnatega mikroarmiranega betona; iz referata z naslovom Tankoslojni elementi in preplastitve.

dr. Jakob Šušteršič, univ. dipl. inž. grad.