

INOVATIVNI EKO GRAĐEVINSKI PROIZVODI RAZVIJENI U SARADNJI DEPARTMANA ZA GRAĐEVINARSTVO I GEODEZIJU I TEHNOBETONA-95

Slobodan Šupić¹, Mirjana Malešev², Vlastimir Radonjanin³

^{1,2,3}Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

¹ssupic@uns.ac.rs, ²miram@uns.ac.rs, ³radonv@uns.ac.rs

Kratak sadržaj: Otpadni materijali sa cementnim svojstvima, kao što je pepeo žetvenih ostataka, se intenzivno istražuju poslednjih godina radi primene u cementnim kompozitima zbog njihove niske cene, široke dostupnosti i doprinosa održivom građevinarstvu i zaštiti životne sredine. Manji deo žetvenih ostataka se koristi kao zamena za fosilna goriva i predstavlja obnovljiv izvor energije, a velike količine ostataka biomase ostaju neiskorišćene. Pepeo, koji se generiše sagorevanjem žetvenih ostataka - biopepeo najčešće se odlaze na deponijama i zagađuje životnu sredinu. Pokazano je da se pojedine vrste biopepela mogu uspešno koristiti za projektovanje i spravljanje cementnih kompozita do visokih procenata zamene cementa. U ovom radu prikazan je proces proizvodnje i evaluacija rezultata ispitivanja prefabrikovanih betonskih blokova za zidanje na bazi pepela pšenične slame. Novi inovativni eko-proizvodi su razvijeni u saradnji Departmana za građevinarstvo i geodeziju i privrednog društva Tehnobeton-95, u cilju poboljšanja njihove delatnosti u smislu održivosti i ekološkog otiska.

Ključne reči: biopepeo, blok za zidanje, održivost, eko proizvod

INNOVATIVE ECO BUILDING PRODUCTS DEVELOPED IN COOPERATION OF THE DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING AND GEODESY AND TECHNOCONCRETE-95

Abstract: Waste cementitious materials, such as ash from harvest residues, have been extensively studied in recent years for their usage in cement composites due to their low price, wide availability and contribution to sustainable construction and environmental protection. A smaller part of harvest residues is used as a replacement for fossil fuels and represents a renewable energy source, and large amounts of biomass residues remain unused. Ash, which is generated by combustion of harvest residues, usually is deposited in landfills, polluting the environment. It has been shown that some biomass ashes can be successfully used for the design and production of cement based composites up to high replacement levels of cement. This paper presents the process of production and evaluation of test results of masonry concrete blocks based on wheat straw ash. New innovative eco-products have been developed in the collaboration of the Department of Civil Engineering and Geodesy and the company Technoconcrete-95, with the aim of improving their sustainability and environmental footprint.

Key Words: biomass ash, masonry block, sustainability, eco product

1. UVOD

Sa potrošnjom od jedne tone po stanovniku planete godišnje, beton je drugi materijal na planeti po upotrebi odmah posle vode. Kroz primenu dužu od 2.000 godina, beton se dokazao da je jedan od najizdržljivijih građevinskih materijala. Iako beton danas suvereno vlada, budući da idealan građevinski material ne postoji, uvijek ima prostora za njegovo poboljšanje, naročito sa aspekta bezbednosti, trajnosti i održivosti ovog materijala. Beton je danas jedan od prihvatljivijih materijala, kada se gleda utrošena energija u proizvodnji u odnosu na vek trajanja objekata od betona.

S obzirom da cementna industrija doprinosi ukupnoj godišnjoj emisiji CO₂ u iznosu od oko 8%, teži se ka smanjenju upotrebe neobnovljivih, prirodnih resursa, odnosno uvođenju korišćenja alternativnih vrsta goriva i sirovina prilikom proizvodnje cementa. Jedna od mogućih strategija jeste redukcija cementnog klinkera, kroz korišćenje lokalno dostupnih otpadnih materijala i nusproizvoda, kao mineralnih dodataka, kojima se može zameniti deo cementa u cementnim kompozitima.

Veliki potencijal biomase u Srbiji leži u žetvenom ostatku i drvnjoj biomasi, ukupno oko 2,7 miliona tona ekvivalenta nafte (1,7 miliona tona u ostacima poljoprivredne proizvodnje i oko 1 milion tona u drvnjoj biomasi). Procenjuje se da ukupan potencijal biomase iz poljoprivrede u Srbiji iznosi oko 12,5 miliona tona godišnje. Ponovna upotreba ovog otpada kao građevinskog materijala predstavlja održivo rešenje ne samo sa aspekta zagađenja, već i sa aspekta odlaganja otpada na deponije, očuvanja prirodnih resursa za buduće generacije i visokih cena građevinskog materijala.

U okviru projekta IPA Interreg: Poljoprivredni otpad - izazovi i poslovne mogućnosti (Eco Build), tim

stručnjaka Departmana za građevinarstvo i geodeziju u Novom Sadu je u periodu 2017-2020 istraživao raspoloživost različitih vrsta pepela biomase u AP Vojvodini, uradio njihovu klasifikaciju i katalogizaciju i utvrdio moguću upotrebu u građevinskim proizvodima. Rezultati sprovedenih istraživanja pokazuju da se pepeli pšenične slame i mešavine pšenične i sojine slame mogu uspešno koristiti za projektovanje i spravljanje cementnih kompozita (maltera i betona) do visokih procenata zamene cementa (50%) [1], [2], [3], [4].

Jedan od narednih koraka u istraživanju je primena ovih lokalno dostupnih otpadnih materijala u proizvodnji građevinskih proizvoda, koji se komercijalno koriste u građevinskoj praksi, kao što su blokovi za zidanje. Ovaj rad predstavlja deo aktivnosti autora u realizaciji ovog cilja, a obuhvata proizvodnju prefabrikovanih betonskih blokova za zidanje u saradnji Departmana za građevinarstvo i geodeziju i kompanije Tehnobeton-95 iz Šapca.

2. PROIZVODNJA INOVATIVNIH PREFABRIKOVANIH BLOKOVA ZA ZIDANJE NA BAZI PEPELA PŠENIČNE SLAME

Tehnobeton-95 je privredno društvo sa sedištem u Šapcu koje ima ugodanu proizvodnju prefabrikovanih betonskih blokova za zidanje na bazi cementa. U cilju poboljšanja delatnosti privrednog društva, u skladu sa principima održivog razvoja u građevinarstvu (smanjenje emisije CO₂ u proizvodnji cementa i smanjenje deponovanih količina otpadnih materijala), u saradnji sa stručnim licima Departmana za građevinarstvo i geodeziju, proizvedeni su blokovi za zidanje, u kojima je 20% cementa supstituisano sa pepelom pšenične slame.

2.1 Komponentni materijali za proizvodnju prefabrikovanih blokova za zidanje

Za spravljanje prefabrikovanih betonskih blokova upotrebljeni su sledeći materijali:

- Portland kompozitni cement CEM II/A-M (S-L) 42,5R (Lafarge-BFC Serbia),
- Pepeo pšenične slame (P), "Mitrosrem" Sremska Mitrovica,
- Frakcionisani rečni agregat, separacija Sremska Mitrovica, frakcije: 0/4mm i 4/8mm,
- Voda iz gradskog vodovoda.

Pepeo pšenične slame je dobijen sagorevanjem bala pšenične slame, koje se kao energent koriste u kompaniji Mitrosrem u Sremskoj Mitrovici. Na osnovu hemijskog sastava, prikazanog u Tabeli 1, može se zaključiti da se pepeo pšenične slame odlukuje relativno visokim sadržajem reaktivnog SiO₂, što upućuje na potencijalnu primenu istog kao mineralnog dodatka i moguću zamenu dela cementa u cementnim kompozitima.

Tabela 1 – Hemijski sastav cementa i pepela pšenične slame

Materijal (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	LOI
Cement	21.25	5.55	25.3	61.6	2.37	0.25	0.72	3,75	-	1.77
P	69,13	1,12	0,73	5,78	2,50	0,11	13,03	0,20	1,72	5,18

Izgledi biopepela pre i posle pripreme za upotrebu (prosejavanje, mlevenje) su dati na Slikama 1 i 2.



Slika 1. Izgled pepela pšenične slame pre pripreme



Slika 2. Izgled pepela pšenične slame nakon prosejavanja i mlevenja

2.1 Spravljanje i ispitivanje prefabrikovanih blokova za zidanje

Spravljen su dve grupe betonskih prefabrikovanih blokova: referentni cementni blok za zidanje (R) i blok za zidanje u kojem je 20% cementa zamenjeno pepelom pšenične slame (E). Sastavi obe vrste betona, za serije od 12 prefabrikovanih blokova, date su u Tabeli 2.

Tabela 2 – Sastavi betona za prefabrikovane blokove za zidanje (kg)

	CEM II	P	Voda	Agregat 0/4mm	Agregat 4/8mm
R	25	/	6,5	107,5	92
E	21	5,3	6,8	113	97

Komponente betona su pomešane u mešalici za beton i ugrađene u blokove pomoću vibroprese. Uzorci su negovani prvih 7 dana prskanjem vodom, nakon čega su negovani na sobnoj temperaturi do starosti od 28 dana. Priprema uzoraka za ispitivanje je sprovedena u skladu sa principima datim u standardu EN 772-1 **Error! Reference source not found.** Proces proizvodnje blokova i izgled uzoraka pripremljenih za ispitivanje čvrstoće pri pritisku prikazani su na Slikama 3-6.



Slika 3. Ugrađivanje blokova za zidanje pomoću vibroprese



Slika 4. Izgled spravljenih prefabrikovanih blokova za zidanje

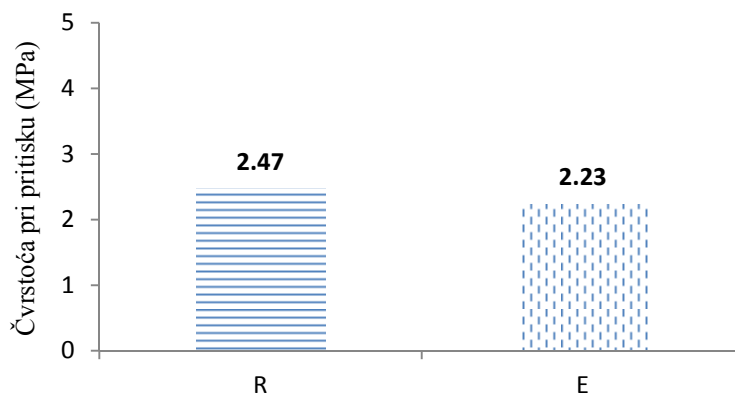


Slika 5. Izgled blokova za zidanje pripremljenih za ispitivanje čvrstoće pri pritisku



Slika 6. Proizvodnja inovativnih prefabrikovanih blokova za zidanje u saradnji Departmana za građevinarstvo i geodeziju i Tehnobetona 95

Blokovi su ispitani u Laboratoriji za ispitivanje građevinskih materijala na Departmanu za građevinarstvo i geodeziju, pri starosti od 28 dana. Rezultati ispitivanja čvrstoće pri pritisku su predstavljeni na Slici 7.



Slika 7. Rezultati ispitivanja čvrstoće pri pritisku prefabrikovanih blokova za zidanje

Rezultati pokazuju da blokovi spravljeni sa pepelom pšenične slame imaju delimično manju čvrstoću pri pritisku od referentnih cementnih blokova, što je pri starosti od 28 dana rezultat usporene hidratacije i slabije izraženih pucolanskih svojstava biopepela. Imajući u vidu da je razlika u dobijenim čvrstoćama manja od 10%, može se reći da su rezultati uporedivi i da se pepeo pšenične slame može koristiti kao zamena za deo cementa u nivou od 20% pri spravljanju prefabrikovanih betonskih blokova za zidanje.

3. ZAKLJUČAK

Pepeo koji nastaje sagorevanjem poljoprivrednih žetvenih ostataka predstavlja potencijalni izvor za proizvodnju mineralnih dodataka, koji se pod određenim uslovima, mogu koristiti kao zamena za deo cementa u cementnim kompozitima. Supstitucijom cementa u malteru i betonu, sa pepelom nastalim sagorevanjem žetvenih ostataka, kao CO₂ neutralnim gorivom, smanjio bi se uticaj na globalno zagrevanje, dala nova upotrebna vrednost i mogućnost ekonomskog vrednovanja pepela kao novog proizvoda. Svi navedeni efekti bi predstavljali snažan podsticaj za stvaranje uslova za integralno upravljanje korišćenjem velike količine proizvedenog pepela od žetvenih ostataka porjeklom iz poljoprivrede u Vojvodini i Srbiji.

U ovom radu prikazan je proces proizvodnje i evaluacija rezultata ispitivanja prefabrikovanih betonskih blokova za zidanje na bazi biopepela. Novi inovativni eko-proizvodi su razvijeni u saradnji Departmana za građevinarstvo i geodeziju i privrednog društva Tehnobeton-95, u cilju poboljšanja njihove delatnosti u smislu održivosti i ekološkog otiska. Rezultati pokazuju da se pepeo pšenične slame može koristiti kao zamena za deo cementa u nivou od 20% pri spravljanju prefabrikovanih betonskih blokova za zidanje. Benefiti ove primene su višestruki:

- ekološki aspekti korišćenja biomase kao energenta u odnosu na konvencionalna goriva (fosilna): izvrsna biorazgradivost biomase u tlu - skoro 95% materije biomase se razgradi za 28 dana, biogoriva sadrže neznatne količine sumpora pa u produktima nema sumpor-dioksida (to je neizbežan produkt sagorevanja fosilnih goriva), prilikom sagorevanja biomase dobija se tzv. čisti pepeo - nema emisije ugljovodonika,
- ekonomski: cement je najskuplja komponenta u betonu i njegova supstitucija lokalnim otpadnim materijalom, koji u ovom trenutku nema vrednost, pozitivno se odražava na jediničnu cenu betona od kojeg se spravlja blokovi za zidanje,
- ekološki: smanjenje upotrebe cementa vodi ka redukciji CO₂ emisije koje potiče iz procesa pečenja cementnog klinkera,
- ekološki: velike količine biopepela se odlažu na neuređene deponije u krugu kompanija koje sagorevaju biomasu ili na gradske deponije i pri tome zauzimaju vredno građevinsko zemljište i zagađuju zemljište i životnu sredinu.

ZAHVALNOST

Istraživanja u ovom radu su realizovana u okviru projekta Departmana za građevinarstvo i geodeziju Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu: "Sveobuhvatni pristup unapređenju interdisciplinarnih istraživanja u obrazovanju i nauci u oblasti građevinarstva."

4. LITERATURA

- [1] Slobodan Šupić, Mirjana Malešev, Vlastimir Radonjanin, Miroslava Radeka, Mirjana Laban, *Application of Biomass Ashes as Supplementary Cementitious Materials in the Cement Mortar Production*, ICACEE 2018: 20th International Conference on Architectural, Civil and Environmental Engineering, Stockholm, Sweden, 12-13.07.2018., str. 522-528.
- [2] Mirjana Malešev, Slobodan Šupić, Miroslava Radeka, Vlastimir Radonjanin, Suzana Draganić, Mirjana Laban, *Influence of aggregate type on basic properties of mortars with wheat straw ash*, Indis - Eco build Vol. 14 (2018): str. 1241-1250.
- [3] Mirjana Malešev, Slobodan Šupić, Miroslava Radeka, Vlastimir Radonjanin, Tiana Milović, Olivera Bukvić, *Influence of aggregate type on basic properties of cement mortars blended with mixture of wheat and soya straw ash*, RILEM Proceedings, International Conference of Sustainable Materials Systems and Structures, 2019, str. 500-507.
- [4] Mirjana Malešev, Vlastimir Radonjanin, Miroslava Radeka, Slobodan Šupić, Suzana Draganić, *Physical and mechanical properties of cement mortars with biomass ashes as SCM*, Materials, Systems and Structures in Civil Engineering 1, 2016, Copenhagen, Denmark, str. 223-232.
- [5] SRPS EN 772-1:2016: Metode ispitivanja elemenata za zidanje - Deo 1: *Određivanje čvrstoće pri pritisku*.