



Izazovi i preporuke u korištenju pojedinih vrsta otpada u građevinskoj industriji

dr. sc. Ivana Carević, dipl. ing. građ.

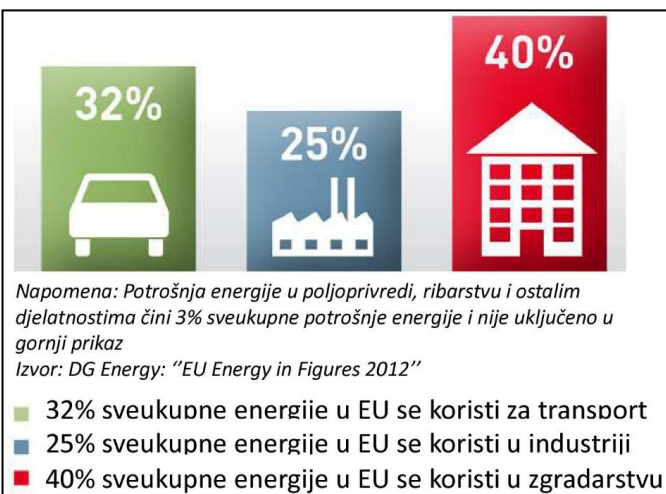
Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet





ZNAŠ LI?

- građevinska industrija zahtjeva ogromne količine energije, troši velike količine prirodnih resursa uključujući i vode, te samim radom uvelike zagađuje **i utječe na okoliš.**



- gotovo polovica ukupne emisije CO₂ u Europskoj uniji otpada na zgrade (40 %)
- drastično mijenja okoliš!

Izvori: www.eurco.hr/index.php/hr/reference
www.bingoindustries.com.au/blog/post/construction-waste-management-how-the-countrys-build-and-demolition-industry-stacks-up/; www.ds-crusher.org/; www.chinmayimpex.com/
Pacheco Torgal F. i dr
www.inter-kop.com

ODRŽIVA GRADNJA

- Energetska učinkovitost
- Korištenje obnovljivih izvora energije
- Korištenje recikliranih materijala,
korištenje lokalno dostupnih
materijala
- Poboljšana svojstva trajnosti
- Ponovna upotreba vode
- Bolje upravljanje otpadom
- Gradnja u skladu s prirodom i okolinom
- Pametna gradnja

Zakon o gradnji NN 153/2013:
propisuje temeljne zahtjeve za
građevinu:

7. Održiva uporaba prirodnih izvora

1. ponovnu uporabu ili mogućnost reciklaže građevine, njezinih materijala i dijelova nakon uklanjanja
2. trajnost građevine
3. uporabu okolišu prihvatljivih sirovina i sekundarnih materijala u građevinama.



with **ECOSE**[®]
TECHNOLOGY



Mineralna vuna sa ECOSE[®] Technology

Asfalt

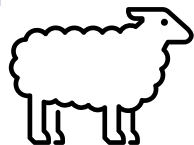


Dodaci cementu i betonu

- Zgure (željezo, bakar, nikal, ...)
- Leteći pepeli (termoelektrane)
- Pepeli (energane - bio masa, pepeo od komunalnog otpada, mulja)

Izolacija od ovčje vune

Izvor: wool-line.ba



Građevinski otpad i otpad od rušenja



Uključenje znanstvene zajednice kroz znanstveni projekt TAREC²

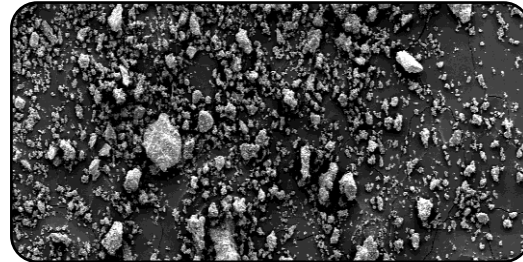


1
ANKETIRANJE



anketiranje je provedeno za kvalitativnu interpretaciju rezultata dobivenih karakterizacijom WBA

2
KARAKTERIZACIJA PDB-a



karakterizacija pepela na temelju kemijskih i fizikalnih svojstava u cilju njegove primjene u cementnim kompozitima

3
KARAKTERIZACIJA KOMPOZITA S PDB-om



razumijevanje utjecaja pepela drvene biomase (PDB) na svojstva cementnih kompozita: mehanička svojstva, svojstva trajnosti i utjecaj na okoliš

izazovi i preporuke za korištenje PDB-a u industriji betona

1 – ANKETIRANJE energana

Sakupljanje PBD-a



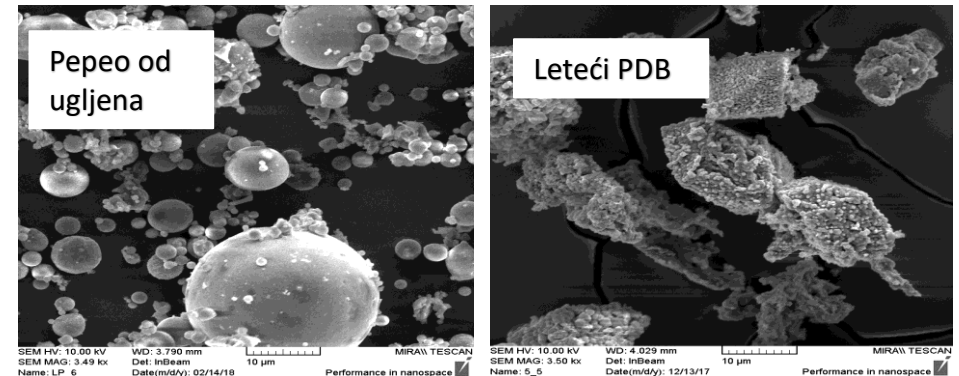
Objavljeno u: *Milovanović, B., Štirmer, N., Carević, I., Baričević, A.: Wood Biomass Ash as a Raw Material in the Concrete Industry, GRAĐEVINAR, 71 (2019) 6, pp. 504-514*

2 – KARAKTERIZACIJA PDB-a

Ispitivanje kemijskih i fizikalnih svojstava prikupljenog PDB-a

| Parametar | unit | metoda |
|--|-------------------|-----------------------|
| pH value (eluate) | - | HRN EN 12176:2005 |
| Loss of ignition 950 °C | mas. % | ASTM D 7348-13 |
| Oxide content | mas. % | HRN EN ISO 16967:2015 |
| Metal content (Zn, Cd, Cr, Ni, Pb, Mn, Co, Ba, Bi, Sr, Cu) | mg/kg | HRN EN ISO 16968:2015 |
| Mercury content (Hg) | mg/kg | ASTM D 6722-11 |
| Density | g/cm ³ | ASTM C-188 |
| Particle size distribution | µm | Laserska difrakcija |
| Morphology | - | SEM |
| Minerology, free CaO, free MgO | mas. % | XRD |
| Stability of fly WBA | mas. % | TGA |

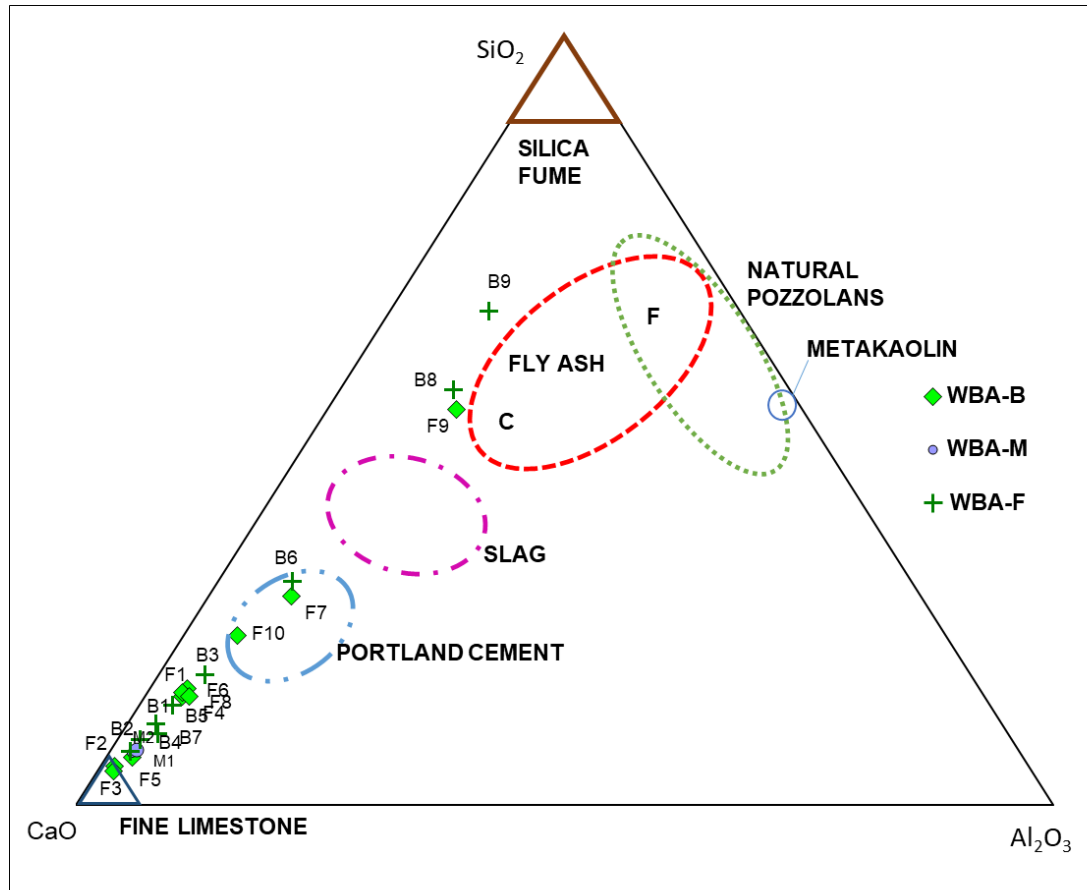
Karakterizacija 21 vrste PDB-a:
10 letećeg PDB-a,
9 PDB-a s dna peći
2 miješana PDB-a (leteći+dna)



Objavljeno: Carević, I.; Serdar, M.; Štirmer, N.; Ukrainczyk, N.:
„Preliminary screening of wood biomass ashes for partial resources
replacements in cementitious materials”, *Journal of Cleaner Production*,
Volume 229, 2019, pp 1045-1064

2 – KARAKTERIZACIJA PDB-a

Ispitivanje kemijskih i fizikalnih svojstava prikupljenog letećeg PDB-a



Leteći PDB

| | |
|------------------------|-----------------------------------|
| | |
| P_2O_5 | LOI (950 °C) |
| Cl^- | Pozzolanic oxides |
| | SO_3 |
| | $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ |
| | Free CaO |
| | Heavy metals |
| <u>Free MgO</u> | |

PDB s dna peći

| | |
|---|-------------------|
| | |
| P_2O_5 | Free CaO |
| Free MgO | Pozzolanic oxides |
| SO_3 | |
| <u>$\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$</u> | |
| <u>LOI (950 °C)</u> | |

| Kriterij prema HRN EN 450-1:2013 (mas. %) | |
|---|--------|
| P_2O_5 | < 5,0 |
| SO_3 | < 3,0 |
| $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ | < 5,0 |
| Free CaO | < 1,5 |
| Free MgO | < 4,0 |
| Cl^- | < 0,10 |
| LOI | < 9,0 |
| Pozzolanic oxides | > 70 |

Objavljeno: Carević, I.; Serdar, M.; Štirmer, N.; Ukrainczyk, N.: „Preliminary screening of wood biomass ashes for partial resources replacements in cementitious materials”, *Journal of Cleaner Production*, Volume 229, 2019, pp 1045-1064

3 - KARAKTERIZACIJA KOMPOZITA S LETEĆIM PDB-om

MORTOVI (HRN EN 196 – 1):

CEM I 42,5

CEN standardizirani pijesak
voda

cement: agregat: voda= 1:3:0,5

19 mješavina

PASTE (HRN EN 196 – 3): :

CEM I 42,5

19 mješavina

- PDB kao zamjena dijela cementa (5 %, 10 % and 15 % po masi cementa)

Članci:

Carević, I.; Baričević, A.; Štirmer, N.; Šantek Bajto, J.: „Correlation between physical and chemical properties of wood biomass ash and cement composites performances”, Construction & Building Materials, Volume 256, 2020, pp 119450

Serdar, Marijana; Carević, Ivana; Nardin, Mateo; Štirmer, Nina: Corrosion behaviour of steel in mortar with wood biomass ash // Materials and corrosion, 2 (2020), pp 1-10

IZGARANJE NA REŠETCI

(Grate combustor)



F9

IZGARANJE NA REŠETCI

(Grate combustor)



F7

IZGARANJE U FLUIDIZIRANOM

SLOJU

(Bubbling fluidized bed)



F6

IZGARANJE NA REŠETCI I U LETU

(Pulverized fuel combustors)



F6

IZGARANJE NA REŠETCI I U LETU

(Pulverized fuel combustors)



F4

IZGARANJE NA REŠETCI

(Grate combustor)



F2

3 - KARAKTERIZACIJA KOMPOZITA S LETEĆIM PDB-om

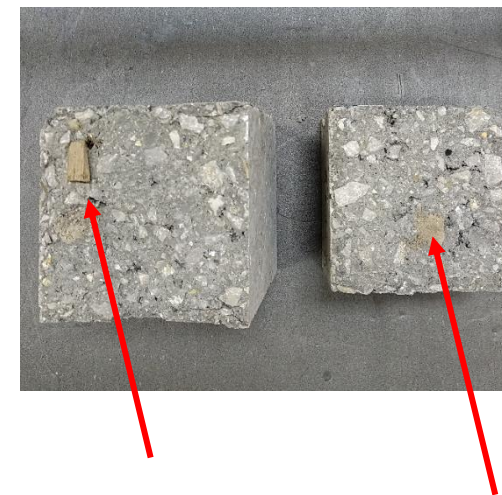
Izrada i ispitivanje uzoraka cementnih kompozita s različitim udjelima letećeg PDB-a (paste i mortovi)

| Svojstva u svježem stanju | Utjecaj |
|--|---|
| PASTE | |
| Standardna konzistencija | Povećana potreba za vodom |
| Vrijeme vezivanja | Odgođeno vrijeme vezivanja |
| Volumna postojanost | U skladu s kriterijem danim normom EN 450-1 |
| Temperature | Povećanje temperature |
| MORTOVI | |
| Gustoća | Nema uočenog trenda |
| Temperatura | Nema uočenog trenda |
| Udio pora | Povećava se |
| Konzistencija stolićem za rasprostiranje | Smanjuje se |

| Svojstva u očvrslom stanju | Utjecaj |
|----------------------------|---|
| Tlačna čvrstoća | smanjena s povećanjem udjela PDB-a; sporiji porast čvrstoće s vremenom u usporedbi s referentnom mješavinom |
| Čvrstoća na savijanje | smanjena s povećanjem udjela PDB-a |
| Kapilarno upijanje | Prosječno smanjenje vrijednosti |
| Plinopropusnost | Nema uočenog trenda |
| Difuzija klorida | Smanjene vrijednosti koeficijenta difuzije klorida |
| Skupljanje uslijed sušenja | Smanjene vrijednosti skupljanja uslijed sušenja |

PREPORUKE ZA KORIŠTENJE PDB-a u GRAĐEVNIM PROIZVODIMA

| Svojstva koje je potrebno provjeriti | | |
|--|-------------------------------|--|
| Svojstvo | Norma | Utjecaj |
| Vlažnost | HRN EN 1097-5 | Samoočvršćivanje |
| Vizualni pregled | Visual examination | Svojstva trajnosti: neotpornost na cikluse smrzavanja i odmrzavanja (npr. komadići drveta i sl.) |
| Granulometrijski sastav | HRN EN 12620 or HRN EN 933-10 | Određuje način uporabe (agregat ili mineralni dodatak) |
| Gubitak žarenjem (LOI) | HRN EN 196-2 | Vezivanje, potreba za vodom, neotpornost na cikluse smrzavanja i odmrzavanja |
| Sadržaj sulfata, SO ₃ | HRN EN 196-2 | Svojstva trajnosti: korozija; nepostojanost volumena |
| Ukupni sadržaj alkalija, Na ₂ O _{eq} | HRN EN 196-2 | Alkalnoagregatna reakcija |
| Sadržaj magnezijevog oksida, MgO | HRN EN 196-2 | Nepostojanost volumena (bubrenje, pukotine) |
| Sadržaj slobodnog CaO | HRN EN 196-2 | |
| Sadržaj klorida | HRN EN 1744-1 or HRN EN 196-2 | Korozija |



PRIMJENA PDB-a U GRAĐEVNIM PROIZVODIMA: KAKO DALJE?

EU No. 305/2011: o utvrđivanju usklađenih uvjeta za stavljanje na tržište građevnih proizvoda



EN standard



Standardizirana procedura

Čiljenica:
nepostojanje standarda i propisa za primjenu PDB-a u građevinskim proizvodima

EU No. 305/2011: o utvrđivanju usklađenih uvjeta za stavljanje na tržište građevnih proizvoda

↓ Najjednostavnije i obećavajuće!

PDB se može koristiti u građevinskim proizvodima u sustavu 4 ocjenjivanja i provjere stalnosti svojstava



Proizvođač

Primjeri građevinskih proizvoda



Lijevani rubnik

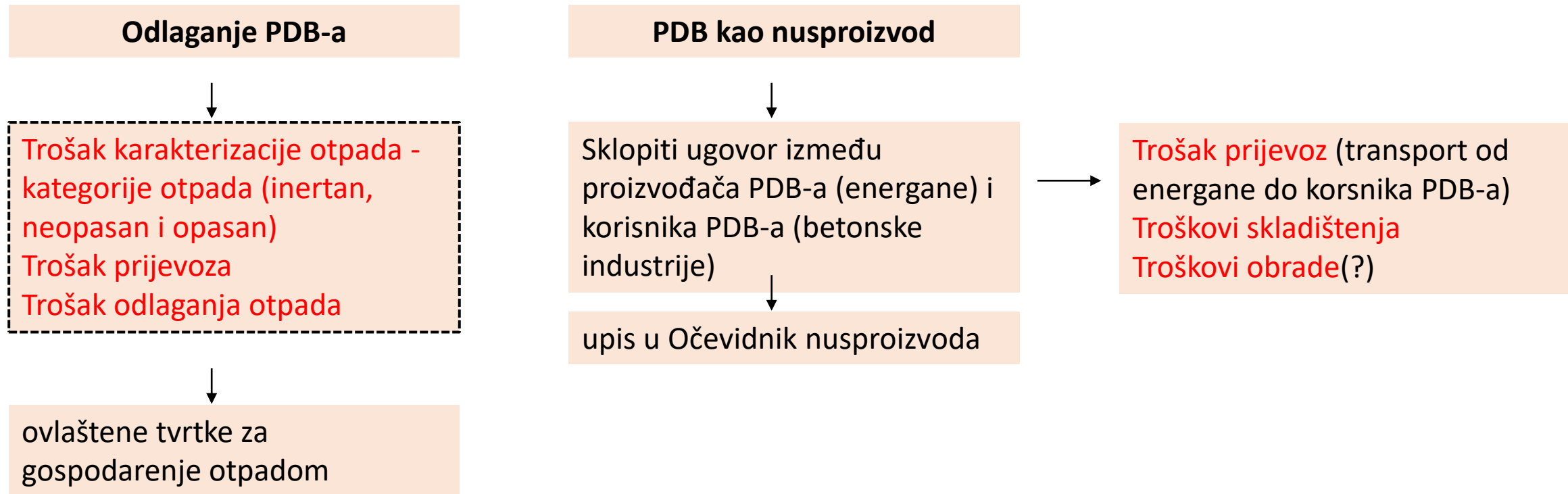


Vibrirani rubnik

| Proizvod/svojstvo | Predgotovljene betonske kanalice | Opločnici | Rubnjaci |
|-------------------------------------|---|--|--|
| Norma | HRN EN 1340:2004; HRN EN 1340:2004/AC:2007 | HRN EN 1338:2004; HRN EN 1338:2004/AC:2007 | HRN EN 1340:2004; HRN EN 1340:2004/AC:2007 |
| Tlačana čvrstoća | + | + | + |
| Čvrstoća na savijanja | + | | + |
| Vlačna čvrstoća cijepanjem | - | + | |
| Apsorpcija vode | + | + | + |
| Otpornost na klizanje | + | + | + |
| Otpornost na smrzavanje/odmrzavanje | + | + | + |
| Otpornost na habanje | + | + | + |

PRIMJENA PDB-a U GRAĐEVNIM PROIZVODIMA: KAKO DALJE?

PDB uporaba: Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada (NN 117/2014)



PDB KAO OTPAD - LOKALNI PROBLEM:

DOBIT ZA LOKALNU ZAJEDNICU - rješavanje problema otpada na lokalnoj razini

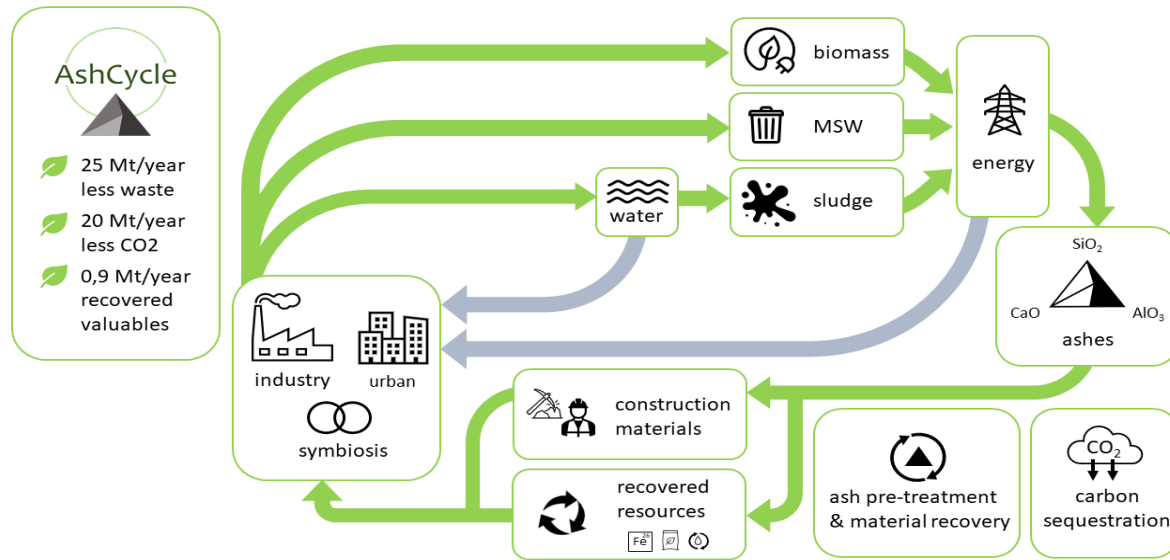
PRIMJENA PDB-a U GRAĐEVNIM PROIZVODIMA: KAKO DALJE?

LOGISTIČKI I DUGOROČNI IZAZOVI ZA KORISNIKE I PROIZVOĐAČE PDB-a

- Pravilno skladištenje kako se ne bi značajno promijenila svojstva PDB-a prije nego što se upotrijebi kao sekundarna sirovina.
- Prijevoz od vlasnika energana do korisnika PDB-a
- Osiguranje stalnosti kvalitete PDB-a
- Različite tehnologije skupljanja (miješanje s vodom) predstavljaju dodatni izazov za uporabu PDB-a
- Neki PDB-ovi zahtijevaju dodatnu predobradu, npr. mljevenje i/ili prosijavanje zbog neučinkovitog izgaranja drvene biomase ili zbog nečistoća drvene biomase
- Prihvatanje nove sirovine na tržištu

NASTAVAK AKTIVNOSTI...

...rješavanje pojedinih izazova



| | |
|--------------------------------|---|
| Title | Integration of underutilized ashes into material cycles by industry-urban symbiosis |
| Acronym | AshCycle |
| Grant Agreement No. | 101058162 |
| Funding Programme | Horizon Europe |
| Instrument | RIA (Research and Innovation Action) |
| Project Start Date | 01.06.2022 |
| Duration of the project | 48 months |

- 28 partnera iz Danske, Hrvatske, Slovenije, Finske, Belgije, Nizozemske, Švicarske i Južnoafričke Republike



Ciljevi ASHCYCLE projektne prijave su:

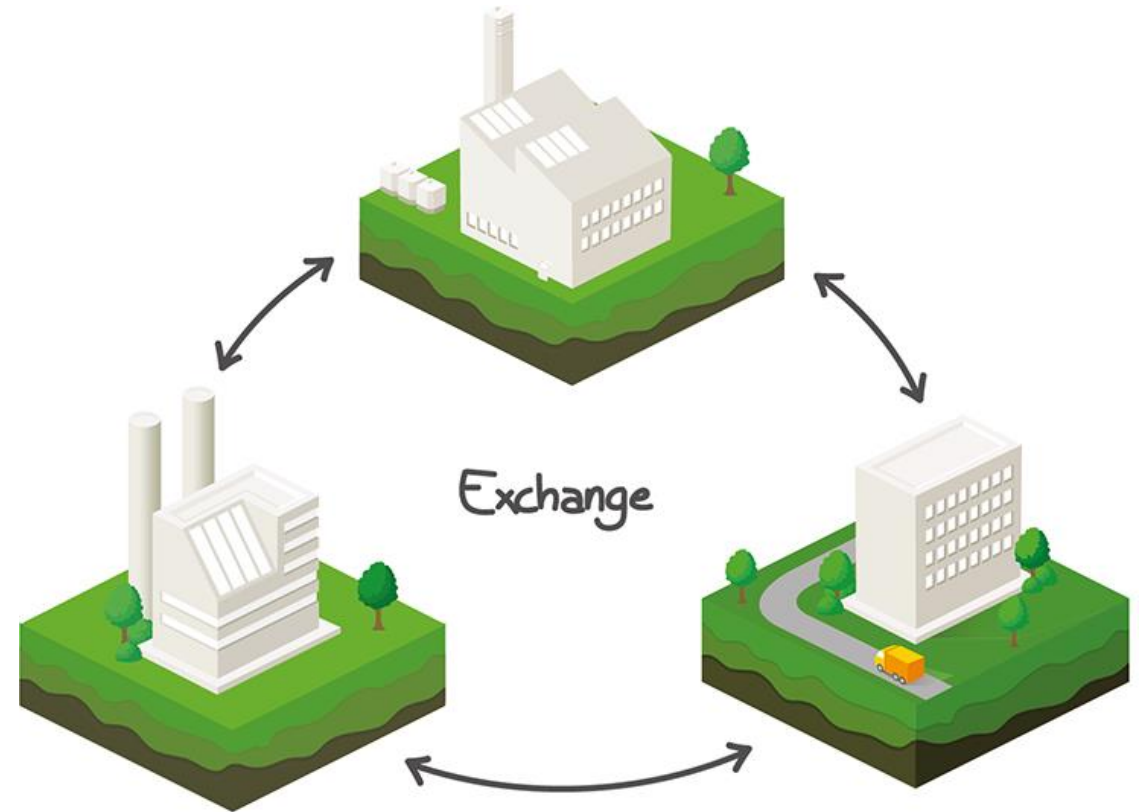
- Razvoj, primjena, demonstracija i replikacija razvijenih različitih ASHCYCLE rješenja (softver baziran na algoritmu za strojno učenje za predviđanje iskoristivosti sekundarnih sirovina, metode ekstrakcije rijetkih teških metala i fosfora, novi miješani cementi, predgotovljeni betonski elementi i gotove betonske mješavine sa sekundarnim sirovinama, alkalno aktivirani materijali, materijali za korištenje u geotehničkim konstrukcijama, materijali za apsorpciju CO₂ iz zraka i teških metala iz vode) kroz regionalnu industrijsko-urbanu simbiozu korištenja otpadnih materijala (pepela iz različitih industrija i mulja iz pročišćivača voda)
- Standardizacija različitih ASHCYCLE rješenja u skladu s održivosti uzimajući u obzir njihovu sigurnost i funkcionalnost kao jednu od mjera Akcijskog plana za kružno gospodarstvo
- Razmjena znanja između svih relevantnih dionika u lancu vrijednosti radi razvoja sinergije, partnerstva i novih poslovnih mogućnosti u razvoju industrijsko urbane simbioze.
- Podizanje svijesti javnosti i prihvaćanje važnosti korištenja sekundarnih resursa te razmjena iskustava i prijenos relevantnih informacija i dobrih praksi donositeljima politika i relevantnim dionicima.

PREDOBRADA NOVIH SIROVINA

- novi igrači na tržištu, nova niša i budućnost



industrija koja se bavi predobradom otpada
kao sekundarne sirovine – NUŽNOST!



Hvala na pažnji!

Kontakt: ivana.carevic@grad.unizg.hr

