



HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA

15. Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva

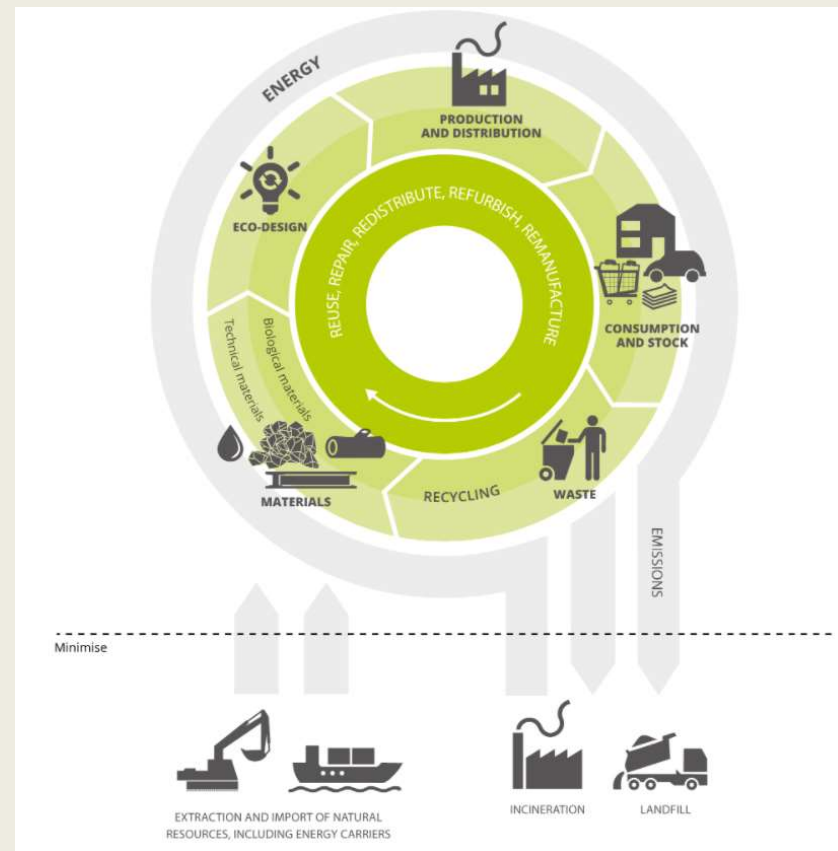
Opatija, 2021.

Mogućnosti betonske industrije kao odgovor na klimatske promjene

prof. dr. sc. Nina Štirmer

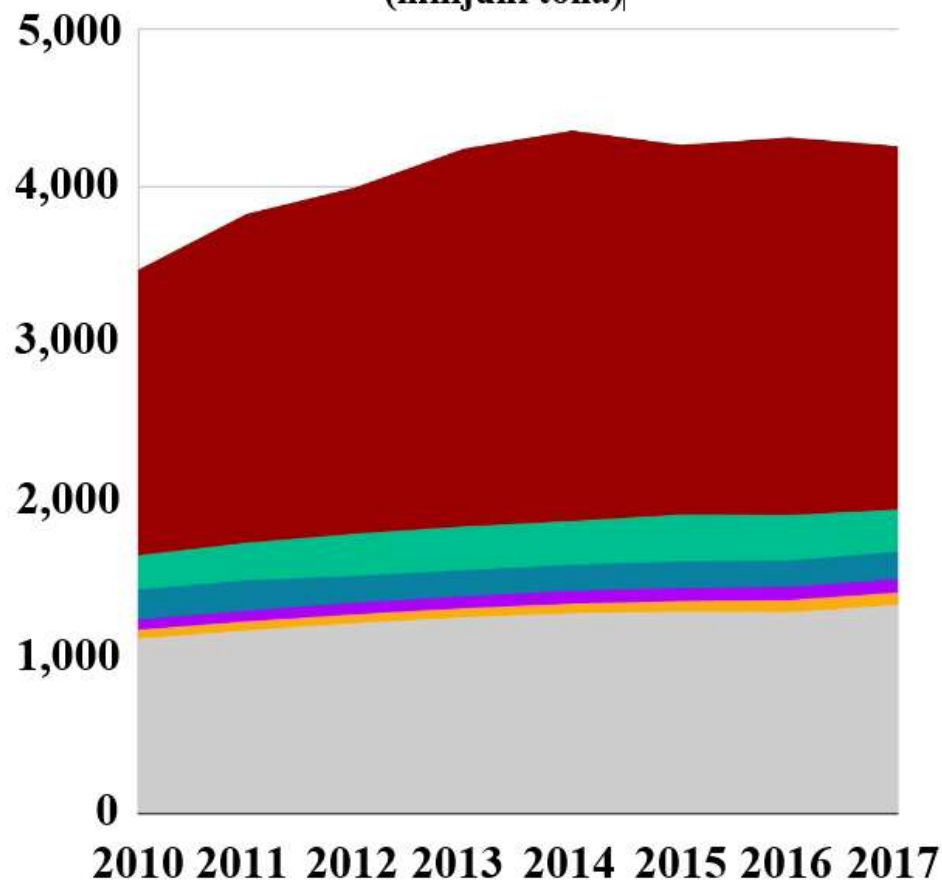
prof. dr. sc. Nina Štirmer, dipl. ing. građ., dr. sc. Ivana Carević, dipl. ing. građ.,
Sonja Cerковиć, mag. ing. aedif., prof. dr. sc. Ivana Banjad Pečur, dipl. ing. građ.,
Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet., Zagreb

- **CEMENT** - izvor cca 8 % emisija ugljičnog dioksida (CO₂)
- **do 2050.** - četverostruko do deseterostruko povećanje učinkovitosti resursa
- **koncept cirkularne ekonomije**
 → sustavi u kojima se za proizvodnju koriste prirodni resursi i u kojima proizvodi nakon svog uporabnog vijeka postaju otpad, zamjenjuju se sustavima koji ponovno koriste i recikliraju resurse te štede energiju



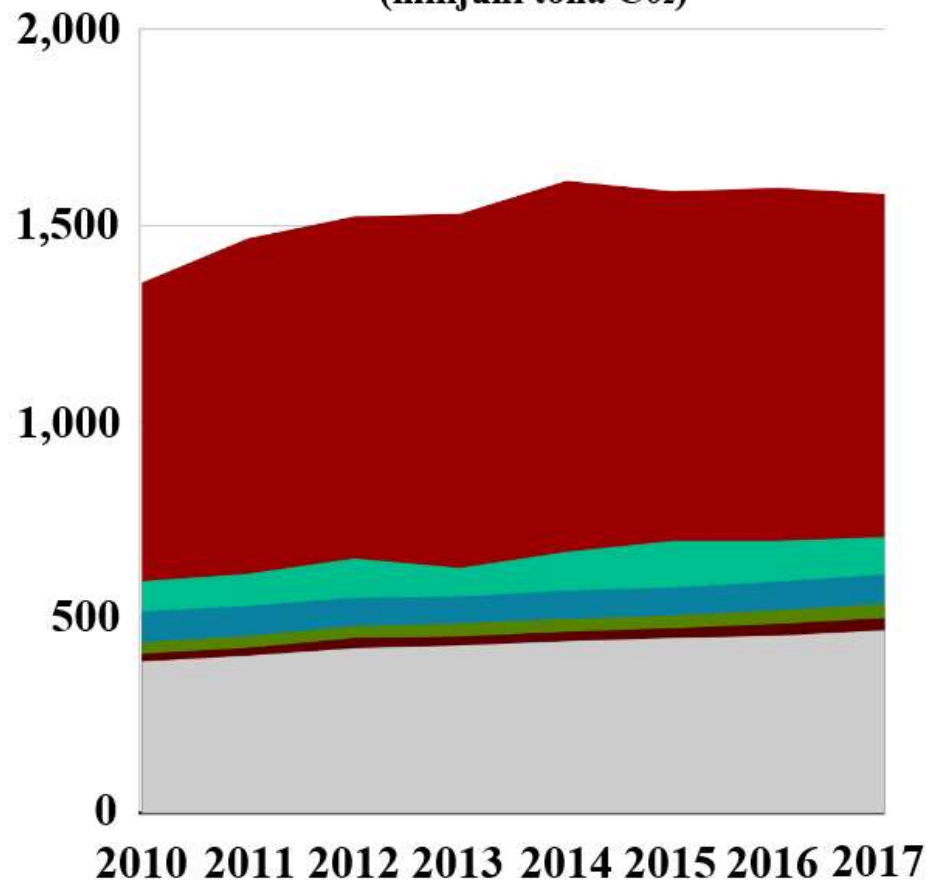
Količina proizvedenog cementa

(milijuni tona)

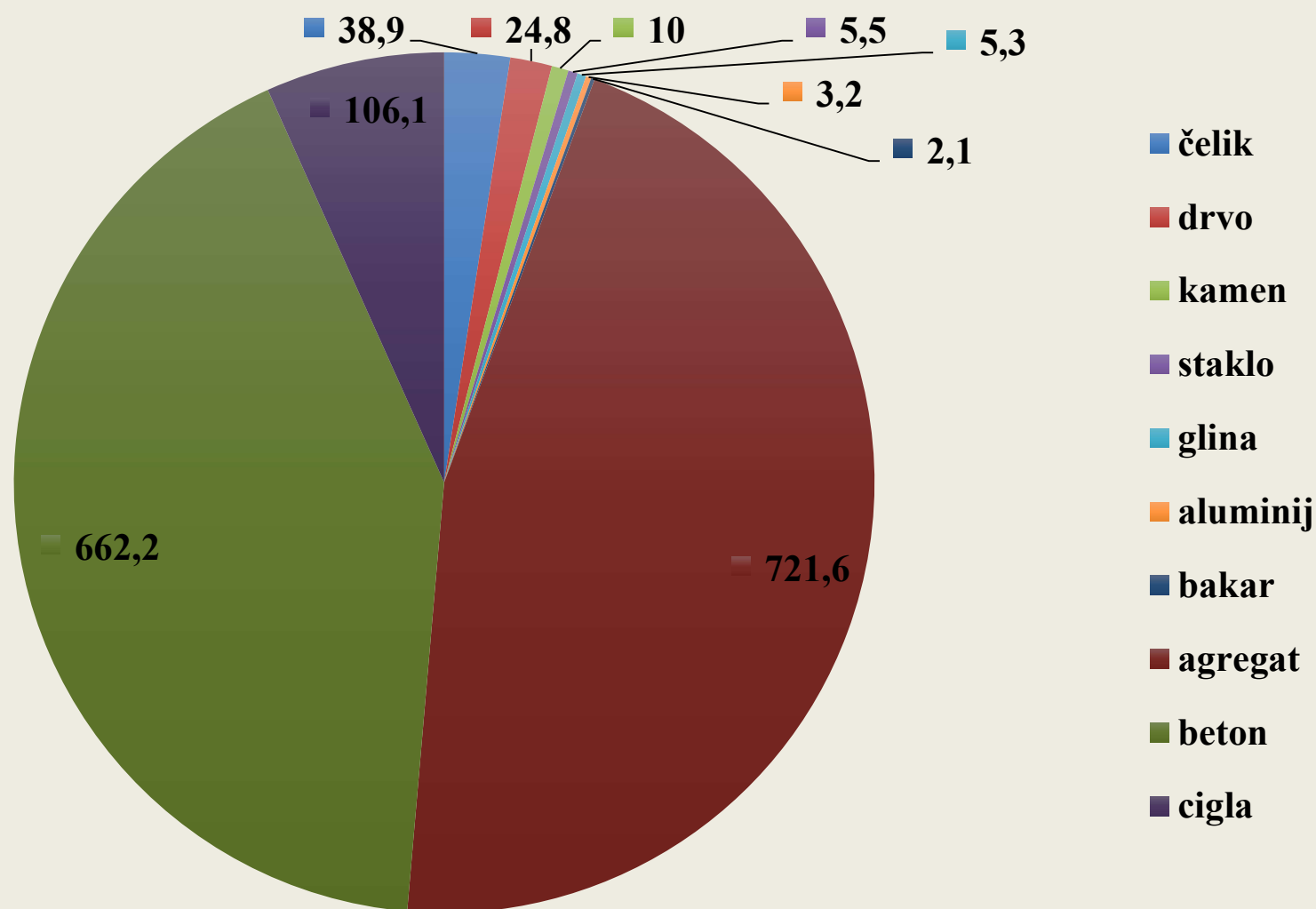


Emisije CO₂ tijekom proizvodnje cementa

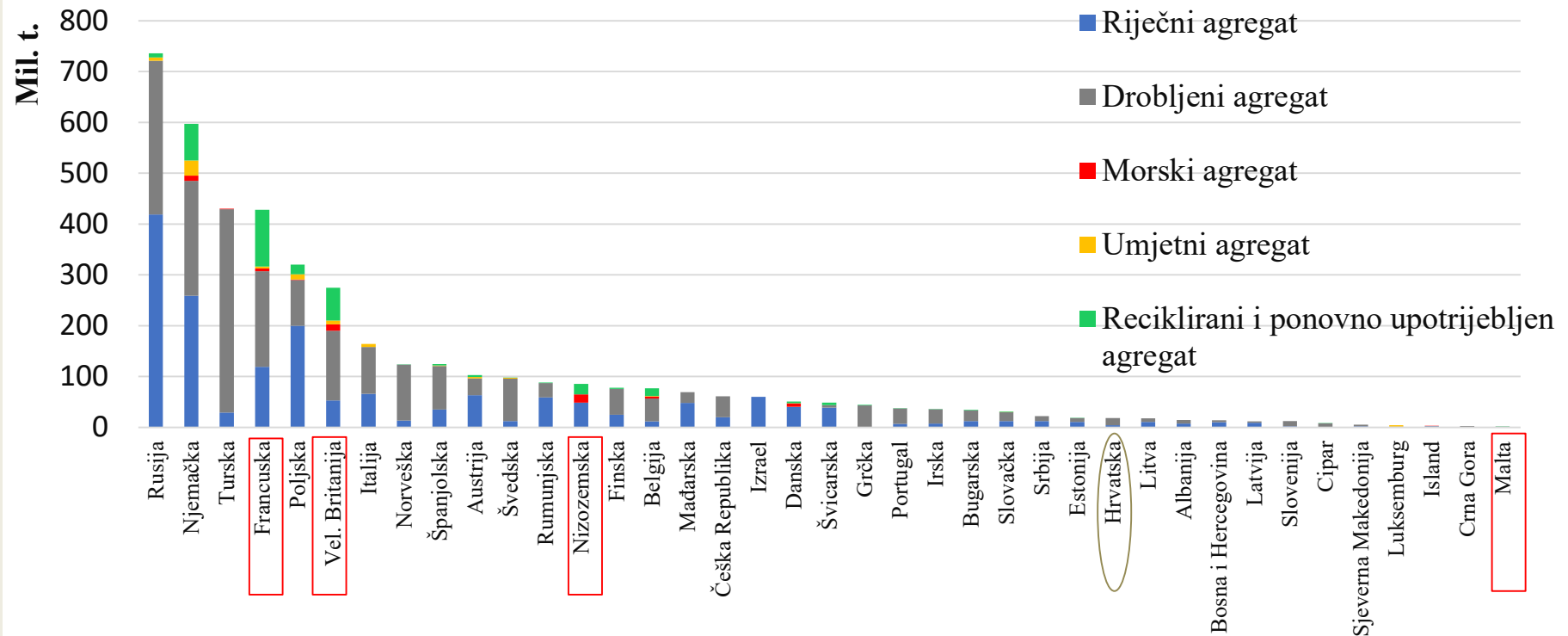
(milijuni tona CO₂)



Godišnja upotreba građevinskih materijala za izgradnju zgrada u EU27, prosjek 2006. – 2010. (mil. tona)



Proizvodnja agregata



 više od 20 % nacionalnih potreba zadovoljavaju recikliranjem/ ponovnom uporabom

Proizvodnja agregata 2018. po državama i po vrstama (u milijunima tona)

izvor: Annual Review 2019-2020, EUROPEAN AGGREGATES ASSOCIATION



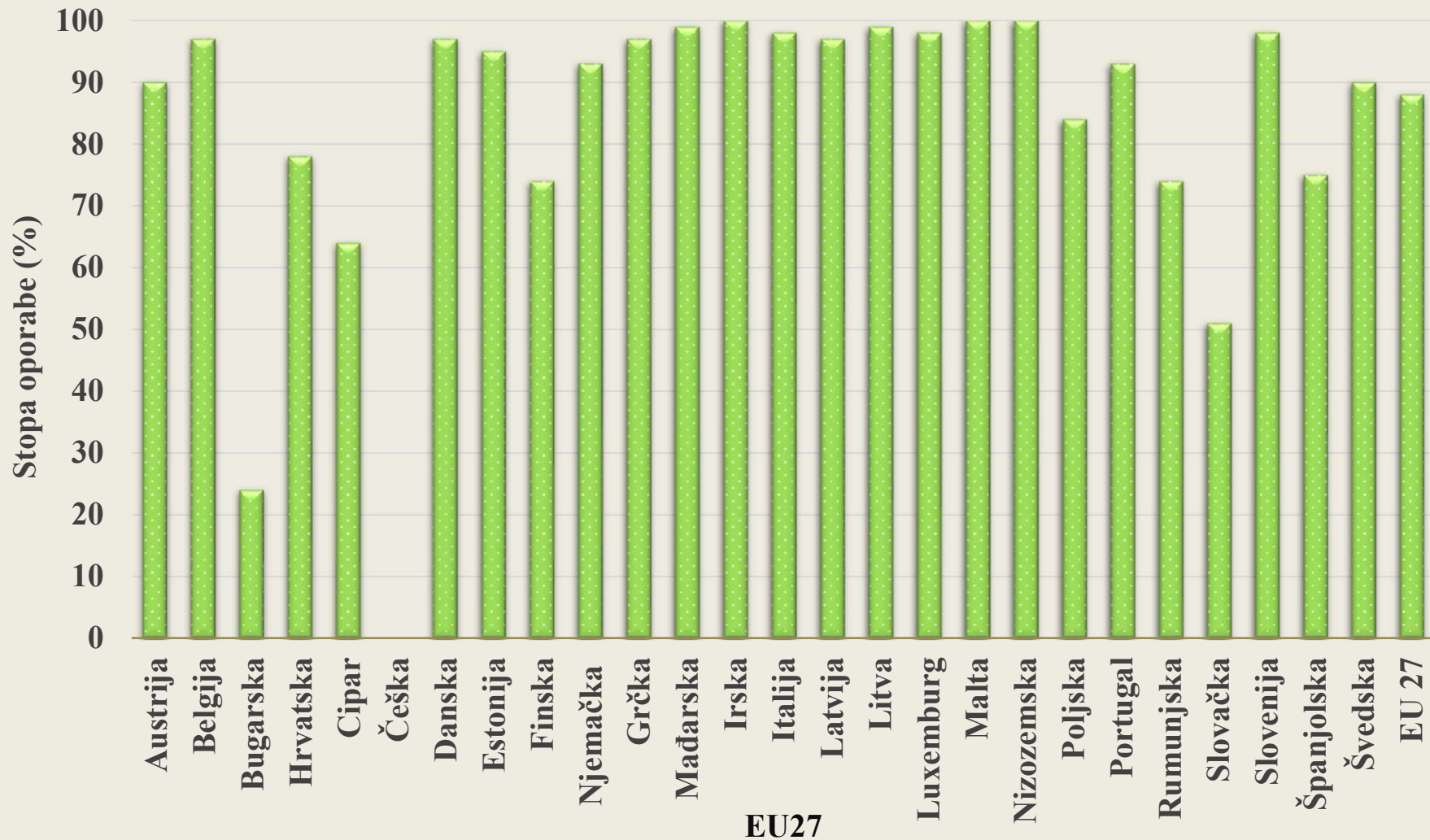
Građevni otpad u RH



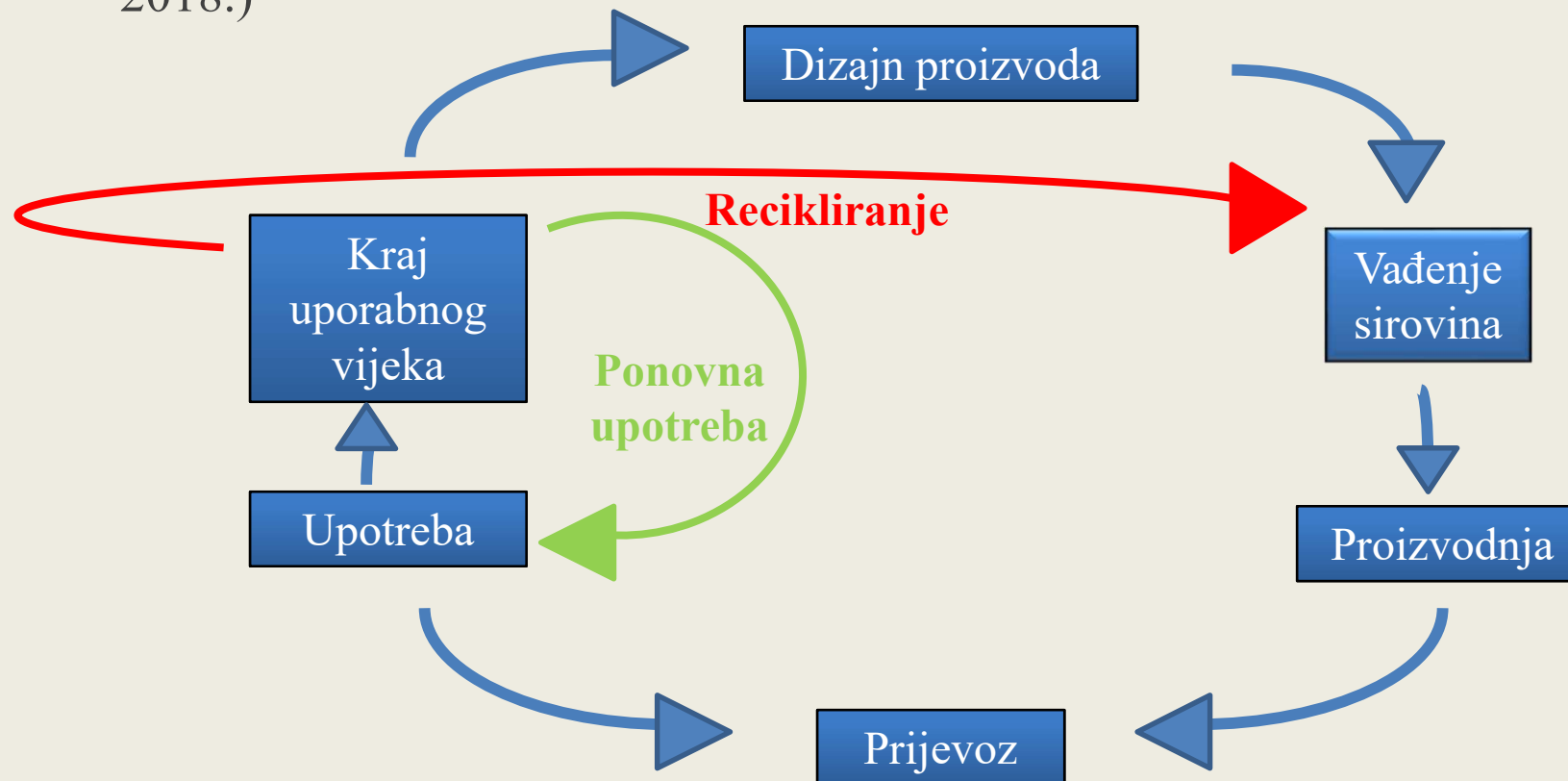
- **ukupna količina građevnog otpada procijenjena na ~1,2 mil. t**
- **neopasni mineralni otpad ~ 500.000 t**
- **veliki udio miješanog otpada**



Stopa uporabe građevnog otpada i otpada od rušenja, EU27



- **Kružna ekonomija za građevinski sektor:** "Pristup životnom ciklusu koji optimizira vijek trajanja zgrada, integrirajući fazu završetka uporabnog vijeka i korištenje novih modela u kojima se **materijal** samo privremeno skladišti u zgradama i djeluje kao **banka materijala**". (Leising i sur., 2018.)



Razvoj inovativnih građevnih kompozita primjenom biopepela

Korisnik: Beton Lučko RBG d.o.o.

Partner: Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

- primjena biopepela kao djelomična zamjena cementu i/ili sitnom agregatu u proizvodnji betonske galanterije



- predstavlja rješenje problema odlaganja biopepela i ekoloških problema emisija stakleničkih plinova

- Biopepeo → „Otpad iz termičkih procesa“ pod ključnim brojem 10 u Pravilniku o katalogu otpada (NN 90/15), odnosno 10 01 otpad iz termoelektrana i ostalih postrojenja u kojima se odvija sagorijevanje (osim 19)
- Procjenjuje se da će u EU primjena energije iz energana na drvenu biomasu u budućnosti utjecati na proizvodnju od približno 600.000 tona biopepela

Procjena godišnje potrošnje drvene biomase	3,1 % udjela pepela (na osnovu provedenih anketa)
819.820 t/godišnje	25.414 t/god
s obzirom na instaliranu snagu postrojenja od 56,709 Mwe u listopadu 2018.	
1.240.709 t/godišnje	38.461 t/god
s obzirom na ukupnu snagu postrojenja s kojima je Hrvatski operater tržišta energije (HROTE) sklopio ugovor o otkupu električne energije do veljače 2016. od 85,823 Mwe - procjena se zasniva na provedenim anketama	
1.530.000 t/godišnje	47.430 t/god
S obzirom na ukupni potencijal drvene biomase u Hrvatskoj	



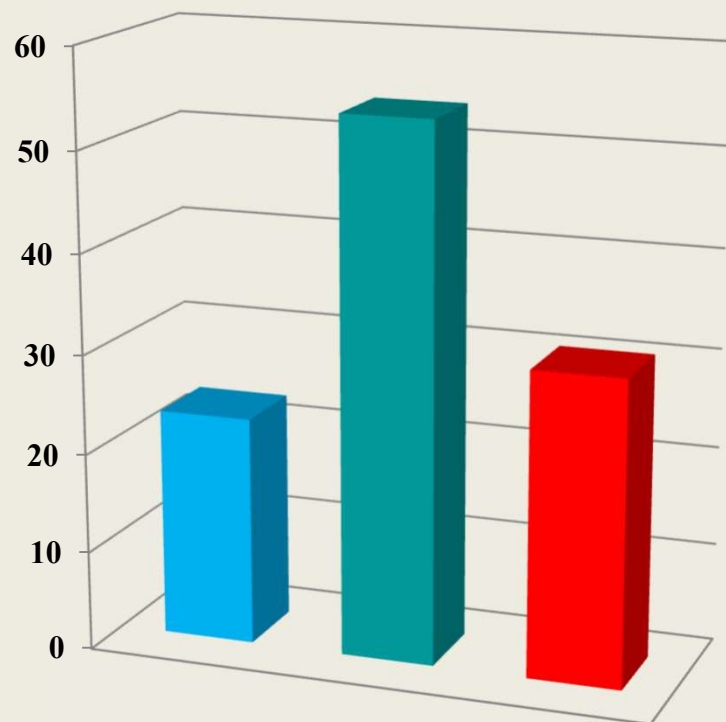
Biopepeli s dna peći i kombinirani



Leteći biopepeli



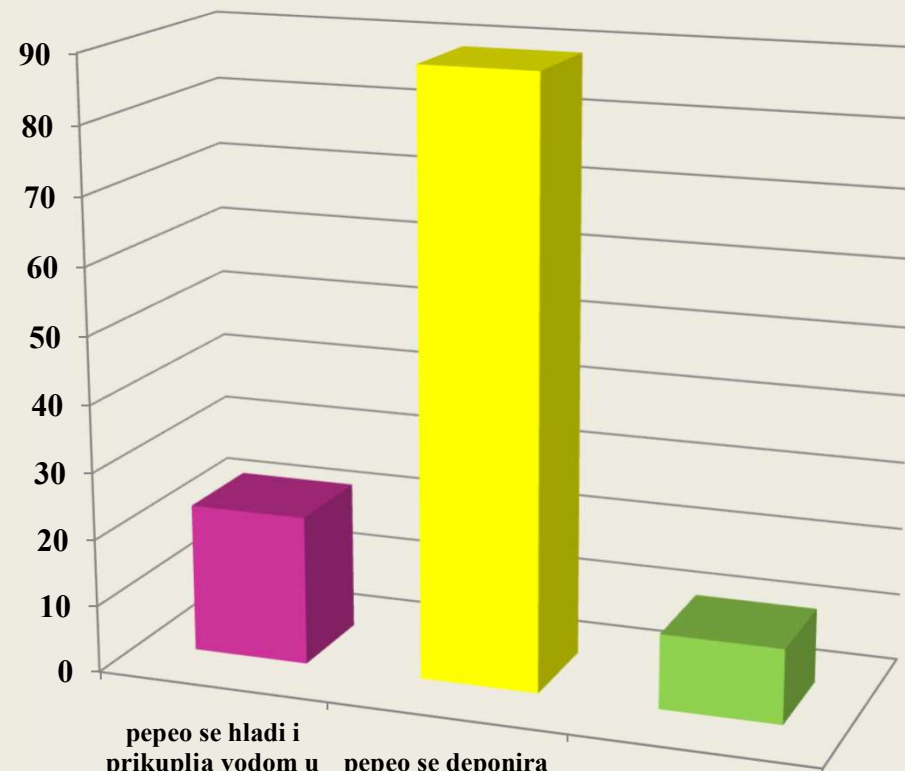
Gospodarenje biopepelom



■ deponira se na vlastitom deponiju

■ predaje se ovlaštenim tvrtkama za gospodarenje otpadom

Skladištenje biopepela



pepeo se hladi i prikuplja vodom u postrojenju (vlažni sustav transporta pepela s dna peći)

pepeo se deponira u zatvorenim kontejnerima i ne dolazi u kontakt s atmosferilijama, ali je u kontaktu s vlagom iz zraka

pepeo se deponira, ali se tretira vodom za upotrebu u poljoprivredi

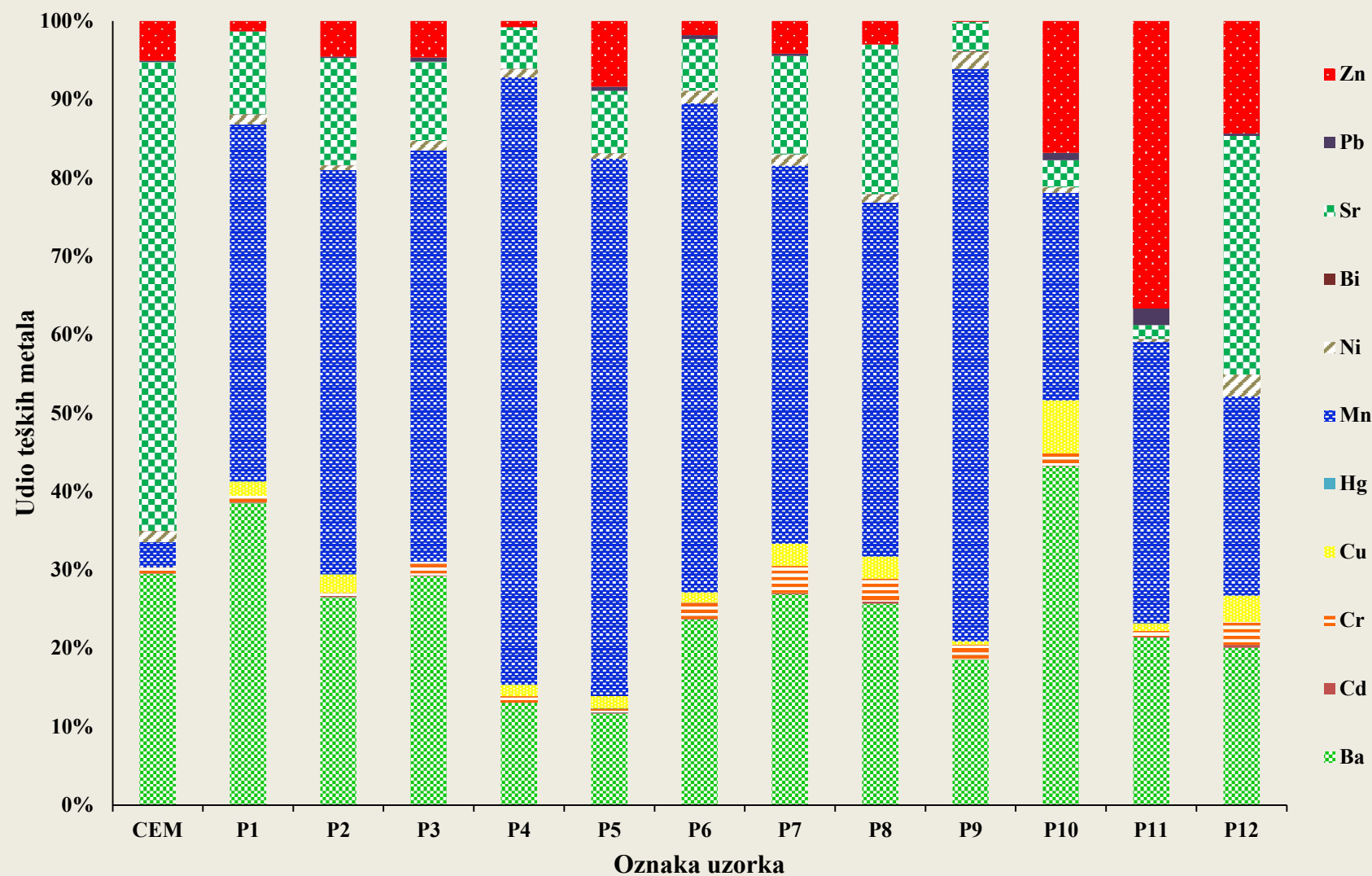


Karakterizacija biopepela za primjenu kao punila ili kao zamjene za dio cementa

METODE	SVOJSTVA	Norme
Kemijska analiza	Sadržaj oksida	ISO/TS 16996:2015
	pH	HRN EN ISO 10523:2012
	Gubitak žarenjem	ASTM D 7348 – 13
	Sadržaj teških metala	HRN EN ISO 16968:2015
Laserska difrakcija	Raspodjela veličine čestice	
Skenirajući elektronski mikroskop	Mikrostruktura biopepela	-
Rendgenska difrakcija - XRD	Mineraloški sastav	
Određivanje gustoće hidrauličnog cementa; Ispitivanja mehaničkih i fizikalnih svojstava agregata		ASTM C-188
	Gustoća	HRN EN 1097 - 6:2013



Sadržaj teških metala u biopepelima i cementu



Izjave o svojstvima

Izjava o svojstvima				
Usklađena norma: HRN EN 1340:2004; HRN EN 1340:2004/AC:2007				
Sustav/sustavi za ocjenu i provjeru stalnosti svojstava (AVCP):				Sustav 4
Svojstva:				
Čvrstoća na savijanje	Razred	2	Oznaka	T ($\geq 5,0$ MPa)
Otpornost na klizanje	zadovoljavajuća			
Otpornost na vremenske utjecaje				
Upijanje vode	Razred	2	Oznaka	B (≤ 6 %)
Otpornost na smrzavanje/odmrzavanje sa soli nakon 28 ciklusa	Razred	3	Oznaka	D ($\leq 1,0$ kg/m²)
Otpornost na habanje	Razred	4	Oznaka	I (≤ 20 mm)

Izjava o svojstvima				
Sustav/sustavi za ocjenu i provjeru stalnosti svojstava (AVCP):				Sustav 3
Usklađena norma: HRN EN 1433:2005/A1:2008				
Svojstva:				
Razred čvrstoće				A 15
Materijal				beton C30/37
Dimenzije	Proizvod			L = ...
				B = ...
				H = ...
Upijanje vode				$\leq 6,5$ %



Oznake mješavine	Oznaka biopepela	Udio biopepela kao djelomična zamijena cementu i/ili sitnom agregatu [%]	Podrijetlo	Vrsta	Zamjena cementu i/ili sitnom agregatu
M0	-	-	-	-	-
M1	P1	15	Glina	Pepeo s dna peći	Agregat
M2	P2		Glina	Leteći pepeo finije frakcije (elektrostatski fiter)	Cement
M3	P3		Požega	Pepeo s dna peći i leteći pepeo krupnije frakcije (ciklonski odvajač)	Agregat
M4	P4		Grubišno Polje	Pepeo s dna peći	Agregat
M5	P5		Grubišno Polje	Leteći pepeo finije frakcije (elektrostatski fiter)	Cement
M6	P6		Bjelovar	Pepeo s dna peći i leteći pepeo krupnije frakcije	Agregat
M7	P7		Vinkovci	Leteći pepeo krupnije frakcije (ciklonski odvajač)/(starije postrojenje)	Cement
M8	P8		Vinkovci	Pepeo s dna peći i leteći pepeo krupnije frakcije (ciklonski odvajač)	Agregat
M9	P9		Vukovar	Pepeo s dna peći	Agregat
M10	P10		Fužine	Pepeo s dna peći	Agregat
M11	P11		Benkovac	Leteći pepeo finije frakcije	Cement
M12	P12		Zagreb	Pepeo s dna peći i leteći pepeo finije frakcije (elektrostatski filter)	Agregat



Ispitivanja SVJEŽEG lijevanog betona	
Svojstva lijevanog betona u svježem stanju	Norma
Konzistencija slijeganjem - Slump test	HRN EN 12350 - 2: 2019
Gustoća	HRN EN 12350 - 6: 2019
Temperatura	HRN EN 12350 - 1: 2019
Udio pora	HRN EN 12350 - 7: 2019

Razred određen slijeganjem (mm) – razredi konzistencije	
S1	10 - 40
S2	50 - 90
S3	100 - 150
S4	160 - 210
S5	≥ 220



Preliminarni rezultati ispitivanja betona s biopepelom

Oznake mješavina	Oznake pepela	Zamjena cementu i/ili sitnom agregatu	Porijeklo pepela	Konzistencija	Gustoća	Udio pora	Tlačna čvrstoća	VDP	Upijanje vode	Otpornost na djelovanje mraza i soli (56 ciklusa)
Zahtjevi za beton (BL)				S3 (100 - 150 mm)	2,34(M0)	cca 5-5,5 %	C35/45	VDP3	6%	XF4
M0	-	-	-	+	2,34	+	+	+	+	+
M1	P1	Agregat	Glina	+	2,27	+	+	-	+	+
M2	P2	Cement	Glina	-	2,25	-	-	-	-	-
M3	P3	Agregat	Požega	+	2,27	-	+	-	+	+
M4	P4	Agregat	Grubišno Polje	+	2,11	-	-	-	-	+
M5	P5	Cement	Grubišno Polje	+	2,26	+	+	-	+	+
M6	P6	Agregat	Bjelovar	+	2,23	-	+	-	+	+
M7	P7	Cement	Vinkovci	+	2,2	-	-	-	+	+
M8	P8	Agregat	Vinkovci	+	2,26	-	+	-	+	+
M9	P9	Agregat	Vukovar	-	2,27	-	ODBAČENA			
M10	P10	Agregat	Fužine	+	2,17	-	+	-	+	+
M11	P11	Cement	Benkovac	+	2,23	+	+	-	-	-
M12	P12	Agregat	Zagreb	+	2,2	-	-	-	-	+



ZAKLJUČAK

- Veliki potencijal primjene biopepela u betonu
- Sljedeća faza – odabir prikladnih pepela kao zamjene za dio pijeska i/ili cementa i provođenje detaljnih ispitivanja
- Izrada proizvoda od lijevanog i zemljovlažnog betona
- Odabir optimalnog sastava betonskih mješavina s biopepelom za izradu proizvoda
- Izrada izjave o svojstvima betonskih proizvoda s biopepelima





BETON-LUČKO
RBG d.o.o.



Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet



HVALA NA PAŽNJI!



*Projekt sufinancira Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj
„Razvoj inovativnih građevnih kompozita primjenom biopepela“, referentni broj
KK.01.2.1.01.0049*

