

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

Katedra za pripremu mineralnih sirovina



Z B O R N I K R A D O V A

**X KOLOKVIJUM
O PRIPREMI MINERALNIH SIROVINA**

Beograd, 8. decembar 2023.

**X Kolokvijum o pripremi mineralnih sirovina
ZBORNIK RADOVA**

RECENZENTI:

Prof. dr Predrag Lazić

Prof. dr Milena Kostović

UREDNIK:

Prof. dr Milena Kostović

PREDSEDNIK UREĐIVAČKOG ODBORA RUDARSKO-GEOLOŠKOG FAKULTETA:

Doc. dr Dragana Nišić

ČLANOVI UREĐIVAČKOG ODBORA:

Dr Marija Živković, van. prof.; dr Dragana Nišić, docent; dr Milanka Negovanović, van. prof.; dr Ivana Vasiljević, van. prof.; dr Danica Srećković Batočanin, red. prof.; dr Biljana Ablomasov, red. prof.; dr Ranka Stanković, van. prof.; dr Nevenka Đerić, red. prof.; dr Suzana Lutovac, van. prof.; Marina Bukavac

IZDAVAČ:

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

Katedra za pripremu mineralnih sirovina

Radovi su štampani u izvornom obliku uz neophodnu tehničku obradu. Autori odgovaraju za svoje stavove i saopštene podatke. Nijedan deo ove publikacije ne može biti reprodukovan, presniman ili prenošen bez pismene saglasnosti izdavača

KOMPJUTERSKI SLOG:

Dr Đurica Nikšić

ŠTAMPA: SaTCIP, Vrnjačka Banja

Tiraž: 150 komada

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

622.7(082)

КОЛОКВИЈУМ о припреми минералних сировина (10 ; 2023 ; Београд)

Zbornik radova / X kolokvijum o pripremi mineralnih sirovina, Beograd, 8. decembar 2023. ; [urednik Milena Kostović]. - Beograd : Rudarsko-geološki fakultet, Katedra za pripremu mineralnih sirovina, 2023 (Vrnjačka Banja : SaTCIP). - [15], 195 str. : ilustr. ; 25 cm

Tiraž 150. - Str. [9-10]: Predgovor / Organizacioni odbor. - Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7352-395-8

а) Руде -- Припрема -- Зборници

COBISS.SR-ID 131574793

Beograd, 2023. godine

ISBN 978-86-7352-395-8

©Sva prava zadržava izdavač

ORGANIZATOR:

**Katedra za pripremu mineralnih sirovina
Rudarsko-geološkog fakulteta, Beograd**

POČASNI ODBOR:

Prof. emeritus dr Nadežda ČALIĆ, red. prof. u penziji
Prof. dr Slaven DEUŠIĆ, red. prof. u penziji
Prof. dr Svetlana POPOV, red. prof. u penziji
Prof. dr Rudolf TOMANEC, red. prof. u penziji
Prof. dr Dušica VUČINIĆ, red. prof. u penziji
Prof. dr Vladimir ČEBAŠEK, rukovodilac Rudarskog odseka, RGF
Prof. dr Biljana ABOLMASOV, dekan Rudarsko-geološkog fakulteta

NAUČNI ODBOR:

Prof. dr Predrag LAZIĆ, RGF - Beograd
Prof. dr Milena KOSTOVIĆ, RGF - Beograd
Dr Đurica NIKŠIĆ, RGF - Beograd
Prof. dr Jovica SOKOLOVIĆ, Tehnički fakultet - Bor
Dr Dragan RADULOVIĆ, ITNMS - Beograd
Dr Dragan MILANOVIĆ, IRM - Bor
Mr Zorica VUKADINOVIĆ, Ministarstvo rudarstva i energetike R. Srbije
Mr Jasmina NEŠKOVIĆ, Rudarski institut - Zemun

ORGANIZACIONI ODBOR:

Prof. dr Milena KOSTOVIĆ, predsednik
Master ing. Marina BLAGOJEV, sekretar
Prof. dr Predrag LAZIĆ, član
Dr Đurica NIKŠIĆ, član
Dipl. ing. Branislav MIKOVIĆ, član

**Organizovanje X Kolokvijuma o pripremi mineralnih
sirovina i štampanje zbornika radova finansijski su pomogli:**

**Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i
inovacija Republike Srbije**

**Rudarski odsek Rudarsko-geološkog
fakulteta, Beograd**

Elixir Prahovo

SADRŽAJ:

SADRŽAJ:.....	5
PROFESOR DR DRAGIŠA DRAŠKIĆ.....	9
ISPITIVANJE SEPARABILNOSTI UGLJEVA PRIMENOM KOEFIČIJENTA SEPARABILNOSTI, IW I NGMI INDEKSA.....	1
LABORATORIJSKO I POLUINDUSTRIJSKO ISPITIVANJE USPEŠNOSTI FLOTACIJSKE KONCENTRACIJE MINERALA CERUZITA RUDNOG LEŽIŠATA OČEKALJ, RUDNIKA GEOMET D.O.O. OLOVO BIH.....	12
KARAKTERIZACIJA PEPELA, ŠLJAKE I GIPSA U CILJU RAZVOJA TEHNOLOGIJE NJIHOVOG ZAJEDNIČKOG ODLAGANJA.....	30
POLIMORFNE PROMENE MATERIJE NASTALE MLEVENJEM MINERALA.....	39
PROCENA RIZIKA OD UDESA NA FLOTACIJSKOM JALOVIŠTU RUDNIKA „LECE” PRE I POSLE SANACIJE.....	54
UTVRĐIVANJE PARAMETARA MOKROG MLEVENJA FOSFATA U KOMPANIJI „ELIXIR“ PRAHOVO.....	66
SAVREMENA OPREMA ZA ODVODNJAVANJE PROIZVODA FLOTACIJSKE KONCENTRACIJE.....	75
ANALIZA RIZIKA FLOTACIJSKIH JALOVIŠTA.....	84
MODERNIZACIJA FLOTACIJA U OKOLINI BORA.....	92
STUDIJA IZVODLJIVOSTI NADZEMNE GASIFIKACIJE LIGNITA KAO MOGUĆE KONCEPTUALNO REŠENJE ZA STRATEŠKI PRISTUP PRAVEDNOJ ENERGETSKOJ TRAZICIJI.....	103
UNAPREĐENJE PROCESA PRIPREME I PRERADE LIMONITNE RUDE U POSTROJENJU GMS – OMARSKA.....	111
PROIZVODNJA UGLJA IZ SEKUNDARNOG TEHNOGENOG LEŽIŠTA NA RUDNIKU UGLJA KOVIN.....	122
PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA I TRETMAN MULJA IZ POSTROJENJA ZA PMS- PREDUSLOVI, METODE I IZAZOVI.....	136
OPŠTI FAKTORI ODLAGANJA CEMENTNIH SMEŠA JALOVINE KAO ZAPUNA U RUDNICIMA.....	153
EU POJEKTI -MOGUĆNOST I ŠANSA ZA UKLJUČIVANJE I ANGAŽMAN NAUČNIH KADROVA IZ GEOLOGIJE I RUDARSTVA (POSEBNO PMS-STRUKE). SA OSVRTOM NA PROJEKAT RIS-	

DUSTREC-II NO 22009 IZ OBLASTI EIT' RAW MATERIALS (SEKUNDARNIH SIROVINA).....	168
RECIKLAŽA I PONOVDNA UPOTREBA FLOTACIJSKE JALOVINE RUDNIKA „RUDNIK“ U CILJU OSVAJANJA TEHNOLOŠKIH POSTUPAKA PRERADE SEKUNDARNIH SIROVINA U SRBIJI – PROJEKAT IZ PROGRAMA PRIZMA (2024-2026) - REASONING.....	180

**EU POJEKTI -MOGUĆNOST I ŠANSZA ZA UKLJUČIVANJE I
ANGAŽMAN NAUČNIH KADROVA IZ GEOLOGIJE I RUDARSTVA
(POSEBNO PMS-STRUKE). SA OSVRTOM NA PROJEKAT RIS-
DUSTREC-II NO 22009 IZ OBLASTI EIT RAW MATERIALS
(SEKUNDARNIH SIROVINA)**

*Dragan S. Radulović¹, Ivica Ristović², Gašper Tavčar³, Davide Mombelli⁴, Vladimir
Jovanović¹, Dejan Todorović¹, Branislav Ivošević¹*

¹ *Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše D' Eperea 86,
11000 Beograd, Srbija e-mail: itnms@itnms.ac.rs*

² *Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija, e-mail:
ivica.ristovic@rgf.bg.ac.rs*

³ *J. Stefan Institute, Jamova 39, 1000 Ljubljana, Slovenia, e-mail: gasper.tavcar@ijs.si*

⁴ *Politecnico di Milano, Dipartimento di Meccanica, Via La Masa 1, 20156 Milano, Italy,
e-mail: davide.mombelli@polimi.it*

Sažetak: Velike količine prašine iz EAF peći se stvaraju u Evropi (1,3Mt), kao i u svetu (8,764Mt). Zbog visokog sadržaja Fe i Zn, čiji sadržaj često dostiže ukupno između 50 i 60 tež.%, EAF prašina je oduvek bila interesantna za reciklažu. Do sada, najčešće primenjivana metoda prerade EAF prašine je pirometalurški proces ekstrakcije Zn u Waelz pecima (85% tržišnog učešća). U radu je predstavljen EIT Raw Materials projekat: RIS-DustRec-II, koji ima za cilj razvoj inovativnih tehnologija za odvajanje, ponovnu obradu i korisnu upotrebu svih komponenti EAF i CF prašine iz peći, kako bi se smanjila količina toksičnog otpada i postigla nulta vrednost. –što je cilj za otpad u EU. Urađene su i predstavljene hemijske, XRD i SEM analize na dva odabrana uzorka prašine EAF i CF peći iz Italije.

Ključne reči: EAF i CF pecan prašina, reciklaža, održiva zelena ekonomija.

UVOD

Evropska Unija, kao tehnološki najrazvijeniji deo sveta, posle poslednjeg velikog proširenja Unije 2004. godine (ulazak Kipra, Češke, Estonije, Mađarske, Letonije, Litvanije, Malte, Poljske, Slovenije i Slovačke) počela je, posebno na najvišem nivou, da strateški razmišlja i vodi računa o svom daljem održivom razvoju. U tom smislu preduzete su mnoge praktične aktivnosti, pokrenute su inicijative, donošene su strateške odluke i dokumenti, rađene su studije, osnivanje su organizacije koje su trebale da pomognu u rešavanju i prevazilaženju ovih problema.

Radi lakšeg regulisanja ovih izazova i potreba, Evropska unija je 2008. godine osnovala Evropski institut za inovacije i tehnologiju (EIT), kao telo EU

sa ulogom da ojača kapacitete Evrope za inovacije. EIT je sastavni deo Horizont Europe, Okvirnog programa EU za istraživanje i inovacije. Od 2011. godine, Evropska komisija svake 3 godine procenjuje i donosi listu kritičnih sirovina (CRM) za privredu EU u okviru svoje Inicijative za sirovine, kao i moguća rešenja za neophodne kritične sirovine. EIT podržava razvoj dinamičnih, dugoročnih tematskih partnerstava (zajednice znanja i inovacija, EIT KIC-ovi) među kompanijama, istraživačkim i visokoškolskim institucijama, kako bi se uhvatili u koštac sa hitnim globalnim izazovima. Od 2010. godine, EIT je pokrenuo devet Inovacionih zajednica. Regionalna inovaciona šema EIT-a (EIT RIS) uvedena je 2014. godine kako bi se poboljšao učinak inovacija u zemljama sa umerenim ili skromnim rezultatom inovacija, kako je definisano u Evropskoj tablici rezultata za inovacije. RIS-om upravlja EIT, a implementira ga EIT-ove zajednice znanja i inovacija (Knowledge and Innovation Communities -KICs).

Danas se samo delić od najrelevantnijih potrebnih sirovina proizvodi u Evropi. EU pokušava da to promeni kroz pristup cirkularne ekonomije, kroz inovacije u reciklaži, supstituciji, preradi, rudarstvu i istraživanju. Zbog toga je EIT RawMaterials Innovation Community Zajednica za inovacije sirovina osnovana 2015. kako bi unapredila tranziciju Evrope ka održivoj ekonomiji. Sveobuhvatni mandat EIT RawMaterials-a je da podrži obezbeđivanje kritičnih sirovina za evropsku industriju podsticanjem inovacija duž lanca vrednosti sirovina. EIT RawMaterials se gradi na najvećoj svetskoj mreži partnera u sirovinama i naprednim materijalima, sa ciljem da obezbedi održivo snabdevanje sirovinama pokretanjem inovacija, obrazovanja i preduzetništva u evropskim industrijskim sistemima. EIT RawMaterials pruža podršku evropskoj tranziciji ka kružnoj, zelenoj i digitalnoj ekonomiji, dok istovremeno jača svoju globalnu konkurentnost i osigurava zaposlenje. Na osnovu toga, EIT RawMaterials je dobio mandat od Evropske komisije da vodi i upravlja Evropskom alijansom za sirovine (ERMA).

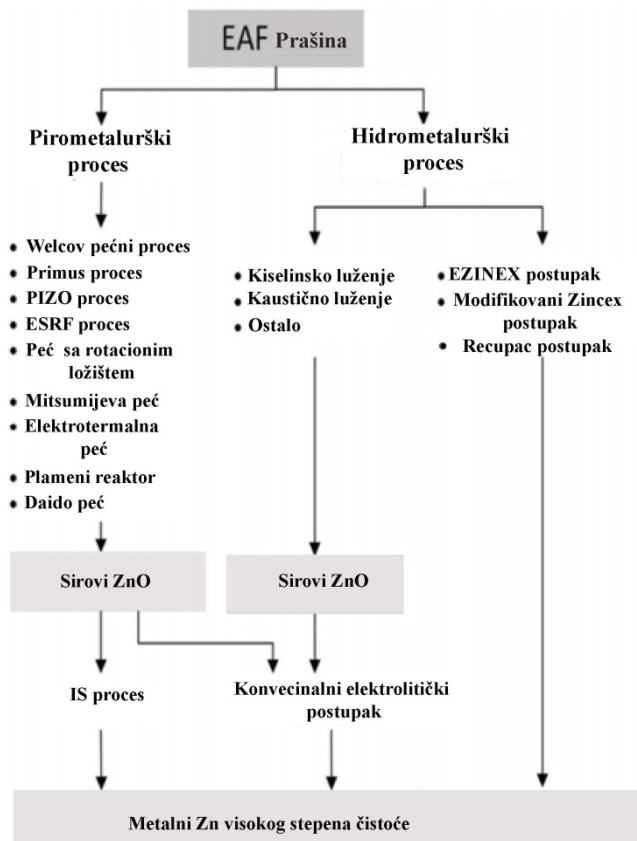
Za uspešnu tranziciju EU ka održivom razvoju i kružnoj zelenoj ekonomiji, EIT Raw Materials objavljuje pozive za projekte koji svojom realizacijom i implementacijom treba da približe EU ovom cilju. Od 2015. godine do danas realizovano je, odobreno i finansirano preko 300 projekata ove vrste. Jedan od projekata ove vrste koji je odobren (u okviru poziva KAVA 9 KAVA - (KIC Added Value Activities)) od strane EIT Raw Materials je Projekat: RIS-DustRec-II. Ponovna prerada EAF i CF prašine bez otpada uz povećanje kompetencije; Broj projekta: 22009, Rukovodilac projekta: Institut Jožef Stefan-Ljubljana (Slovenija), učesnici Projekta: ITNMS-Beograd (Srbija), Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu (Srbija), Institut za obojene metala – Sieć Badawcza Łukasiewicz (Poljska), Politecnico di Milano (Italija), TH ReMining (Švajcarska), Međunarodna postdiplomska škola Jozef Stefan (Slovenija), Zavod za građevinarstvo Slovenije.

PROJEKAT: RIS-DUSTREC-II. PONOVA PRERADA PEĆNE PRAŠINE IZ EAF (ELECTRIC ARC FURNACES) I CF (CUPOLA FURNACES) BEZ OTPADA UZ POVEĆANJE KOMPETENCIJE

Projekat RIS-DustRec-II. bavi se ispitivanjem, razvojem i utvrđivanjem čitavog niza inovativnih tehnologija koje će dovesti do sticanja znanja koje će omogućiti sveobuhvatnu preradu pećne prašine elektrolučnih (EAF) i kupolnih peći (CF).

Svake godine u Evropi se stvara oko 1,3 Mt pećne prašine iz električnih lučnih (EAF) i oko 50 kt iz kupolnih peći (CF), (u svetu se stvara oko 8,764 Mt pećne prašine). Oba materijala su opasan otpad (sadrže u sebi Zn, Cd, Cr, Ni, Pb...) koji svojim postojanjem opterećuju metaluršku industriju, ali sa druge strane mogu biti i alternativni izvor vrednih metala. Oko 30 čeličana u regionu ESEE RIS (Regionalna inovaciona šema Istočne i Jugoistočne Evrope) koristi EAF za proizvodnju čelika na bazi čeličnog otpada. U ESEE regionu ne radi nijedno postrojenje za reciklažu, tako da generatori prašine (čeličane) imaju dodatne troškove transporta prašine do najbližeg postrojenja za valorizaciju Zn. Odlaganje metalurške prašine je u mnogim RIS zemljama zabranjeno zbog prisustva toksičnih materija. Danas, najsavremeniji proces za ekstrakciju Zn iz EAF prašine je Waelz proces (sa tržišnim udelom od preko 85%). Njegovi nedostaci su što: 1. Waelz proces iza sebe ostavlja skoro istu količinu otpada nakon ekstrakcije Zn kao što je bila prvobitna količina pećne prašine koja ulazi u proces prerade (Waelz šljaka) 2. Waelz proces se koncentriše samo na valorizaciju Zn, a ponekad i Pb.

Na slici 1. je prikazano nekoliko pirometalurških i hidrometalurških procesa kojima je prašina EAF peći prerađena i valorizovana sa manje ili više uspeha. Svi ovi procesi prikazani na slici 1. su generalno neefikasni, skupi i štetni po životnu sredinu, u poređenju sa metodima i postupcima koji će se sprovesti u okviru Projekta RIS-DustRec-II. Fizičko-hemijske karakteristike EAF i CF prašine mogu se značajno razlikovati u pogledu sadržaja različitih metala u zavisnosti od vrste i količina otpadnog gvožđa koji se ubacuje u peć.

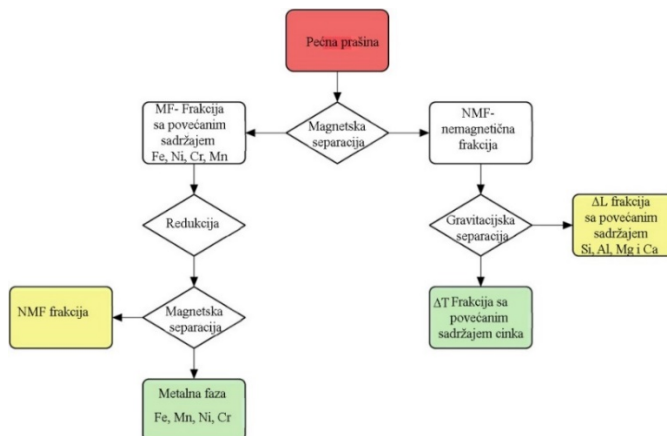


Slika 1. Šematski prikaz dosadašnjih tehnoloških postupaka prerade EAF pećne prašine [4-11]

Prosečan hemijski sastav EAF prašine slovenačkog proizvođača čelika SIJ Acroni d.o.o. prikazan je u tabeli 1. Ova čeličana proizvodi oko 10.000 tona pećne prašine godišnje.

Tabela 1. Prosečan hemijski sastav EAF pećne prašine čeličane SIJ Acroni d.o.o.-Slovenija

Element	Fe	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Zn	Al	Mn	Mg	S	Si
Sadržaj, %	26,5	1,67	0,31	0,07	0,26	167	24,1	0,51	2,04	2,75	0,51	0,52



Slika 2. Dobijanje različitih frakcija iz EAF pećne prašine, primenom postupaka magnetne i gravitacijske separacije prema procedurama Projekta RIS-DustRec-II. [4]



Slika 3. Prečišćavanje proizvoda postupaka separacije i dobijanje polaznih proizvoda za različite industrijske grane prema procedurama Projekta RIS-DustRec-II. [4]

EKSPERIMENTALNI RAD

Kao potencijalni uzorci na kojima bi se mogla obaviti ispitivanja mogućnosti separacije i dobijanja komercijalnih proizvoda prema metodama i procedurama Projekta RIS-DustRec-II uzeto je 8 uzoraka pećne prašine (EAF i CF) iz RIS regiona. Na ovih osam uzoraka obavljene su detaljne fizičko-hemijske i mineraloške analize, radi odabira dva uzorka na kojima će biti obavljena ispitivanja mogućnosti primene postupaka separacije u cilju dobijanja komercijalnih proizvoda za različite industrijske grane. Uzorci za fizičko-hemijsku i mineralošku karakterizaciju uzeti su iz:

- Uzorak CF prašine iz Železare Smederevo Hbis Group Serbia (Srbija)
- Uzorak CF prašine iz Livnice Guča (Srbija)
- Uzorak CF prašine iz Livnice Torbole S.r.l., (Italija)
- Uzorak EAF prašine –Čeličana Calvisano S.p.A., (Italija)
- Uzorak EAF prašine –SIJ Metal Ravne d.o.o., Slovenija
- Uzorak AOD (argon kiseonična dekarbonizacija) prašine –Čeličane SIJ Acroni, Slovenija
- Uzorak EAF prašine –Čelične SIJ Acroni, Slovenija
- Uzorak EAF dust – ZGH Boleslaw, Poljska

Fizičko-hemijska i mineraloška karakterizacija uzoraka pećne prašine

Na svim uzorcima pećne prašine obavljena je detaljna fizičko-hemijska i mineraloška karakterizacija. Celokupna fizičko-hemijska i mineraloška karakterizacija obavljena je na Poltehničkom Univerzitetu u Milanu, Italija. Hemijska analiza svih osam uzoraka pećne prašine obavljena je XRF uređajem i ICP-OES. Rezultati XRF i ICP-OES analiza za sve uzorke pećne prašine dati su u tabelama 2 i 3.

Tabela 2. Hemijska analiza obavljena XRF uređajem na svih 8 uzoraka pećne prašine [12]

Uzorak	Komponente, %																						
	Al ₂ O ₃	Alkal.	Br	CaO	Cl	Cr ₂ O ₃	CuO	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	MoO ₃	NiO	P ₂ O ₅	PbO	SiO ₂	SnO ₂	TiO ₂	ZnO	G.Ž.	OH ⁻	Ctot	S	
CF-Ita	2,74	11,14	1,35	4,46	0,43	0,00	/	19,09	0,85	3,98	/	0,02	0,05		35,52	1,94	/	0,78	17,67	6,41	10,80	0,46	
EAF-Ita	5,86	0,52	/	31,64	0,15	/	/	39,64	2,05	2,50	/	0,07	0,41		8,43	/	/	8,18	0,55	0,22	0,21	0,12	
EAF-Slo Rav.	/	1,38	/	2,64	/	11,06	0,35	54,69	2,52	2,17	0,38	0,58		0,20	3,27	/	/	19,33	1,43	/	2,05	0,18	
AOD-Slo Acr.	/	1,66	/	20,58	0,11	13,29	0,60	31,50	11,93	11,02	0,53	3,01		0,28	3,50	/	/	1,99	/	/	0,89	0,44	
EAF-Slo Acr.	0,28	3,04	/	6,36	0,43	7,17	0,49	45,44	7,89	5,18	0,20	1,85		0,52	3,75	/	/	14,83	2,35	0,33	2,22	0,41	
EAF-Polj	0,22	7,74	/	5,35	2,17	3,83	0,42	32,64	3,55	2,61	/	0,80		1,29	3,23	/	/	30,28	5,86	3,28	2,13	0,45	
CF-Srb- Guča	13,93	2,06	/	2,77	/	/	/	4,78	1,32	0,04	/	/		/	43,22	/	0,53	/	31,35	15,30	15,15	0,90	
CF-Srb- Smed.	3,30	0,95	/	3,31	/	/	/	26,35	0,89	0,16	/	/		0,69	8,48	/	0,11	5,65	50,12	4,33	44,11	1,68	

*G.Ž. je određivan na 850 °C

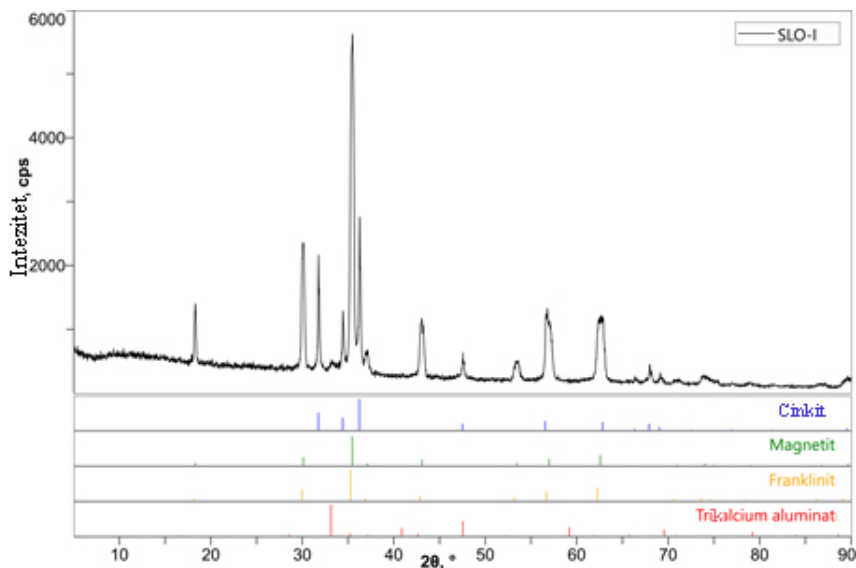
Tabela 3. Hemijska analiza obavljena ICP-OES uređajem na svih 8 uzoraka pećne prašine [12]

Uzorak	Komponente, %											
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	S	Si	Zn
CF-Ita	1,4	3,1	<0,05	<0,05	11,5	0,5	3,0	<0,05	0,1	0,5	16,8	0,6
EAF-Ita	3,2	22,5	0,4	0,3	24,8	1,0	1,8	<0,05	0,2	0,2	1,1	6,2
EAF-Slo Rav.	0,3	2,1	1,8	0,2	33,0	1,3	1,4	0,3	0,2	0,2	2,0	15,0
AOD-Slo-Acr.	0,3	15,3	2,4	0,4	16,0	6,5	7,0	1,6	0,3	0,6	2,2	1,4
EAF-Slo-Acr.	0,4	4,8	1,4	0,4	29,0	4,3	3,6	1,2	0,6	0,4	2,5	11,2
EAF-Polj	0,5	4,0	0,6	0,3	20,5	2,0	1,8	0,4	2,3	0,6	1,8	25,5
CF-Srb-Guča	7,5	1,9	<0,05	<0,05	3,0	0,8	<0,05	<0,05	<0,05	0,6	19,6	<0,05
CF-Srb-Smed.	3,4	2,3	<0,5	<0,05	21,2	<0,5	0,2	<0,05	0,9	2,0	2,0	5,5

Prema dobijenim rezultatima fizičko-hemijskih i mineraloških analiza kao najpodesniji za postupke separacije su se pokazali uzorci pećne prašine iz SIJ Metal Ravne d.o.o., Slovenija i ZGH Boleslaw, Poljska.

Rendgenska difrakciona(XRD) i Ritveldova analiza uzoraka pećne prašine

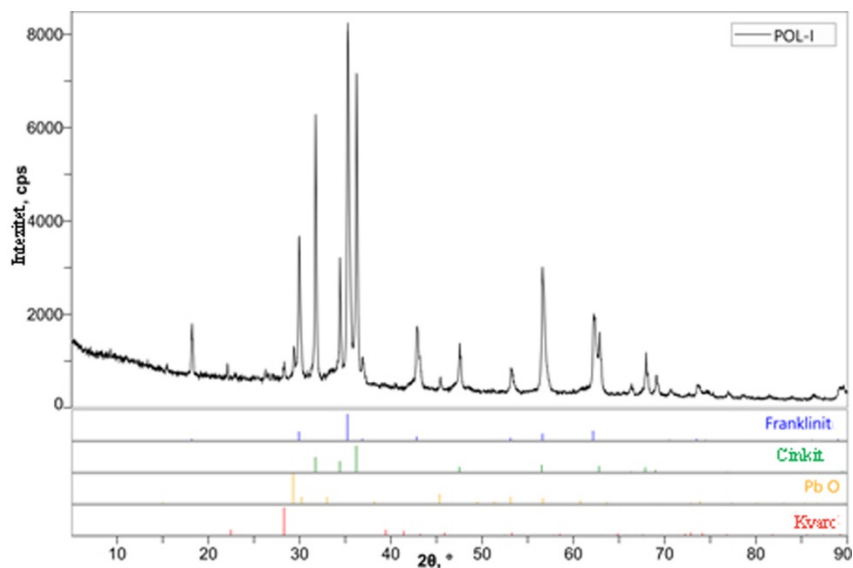
Pošto smo se opredili da se postupci separacije obavljaju na uzorcima pećne prašine iz SIJ Metal Ravne d.o.o., Slovenija i ZGH Boleslaw, Poljska, to su na slikama 4 i 5 prikazani XRD difraktogrami i u tabelama 4 i 5 Ritveldova analiza mineraloškog sastava uzoraka pećne prašine iz ove dve čeličane.



Slika 4. XRD difraktogram uzorka EAF pećne prašine SIJ Metal Ravne d.o.o., Slovenija [12]

Tabela 4. Ritveldova kvantitativna mineraloška analiza uzorka EAF pećne prašine SIJ Metal Ravne d.o.o., Slovenija [12]

Cinkit	Magnetit	Franklinit	Trikalcijum aluminat
19,0	56,6	20,6	3,8



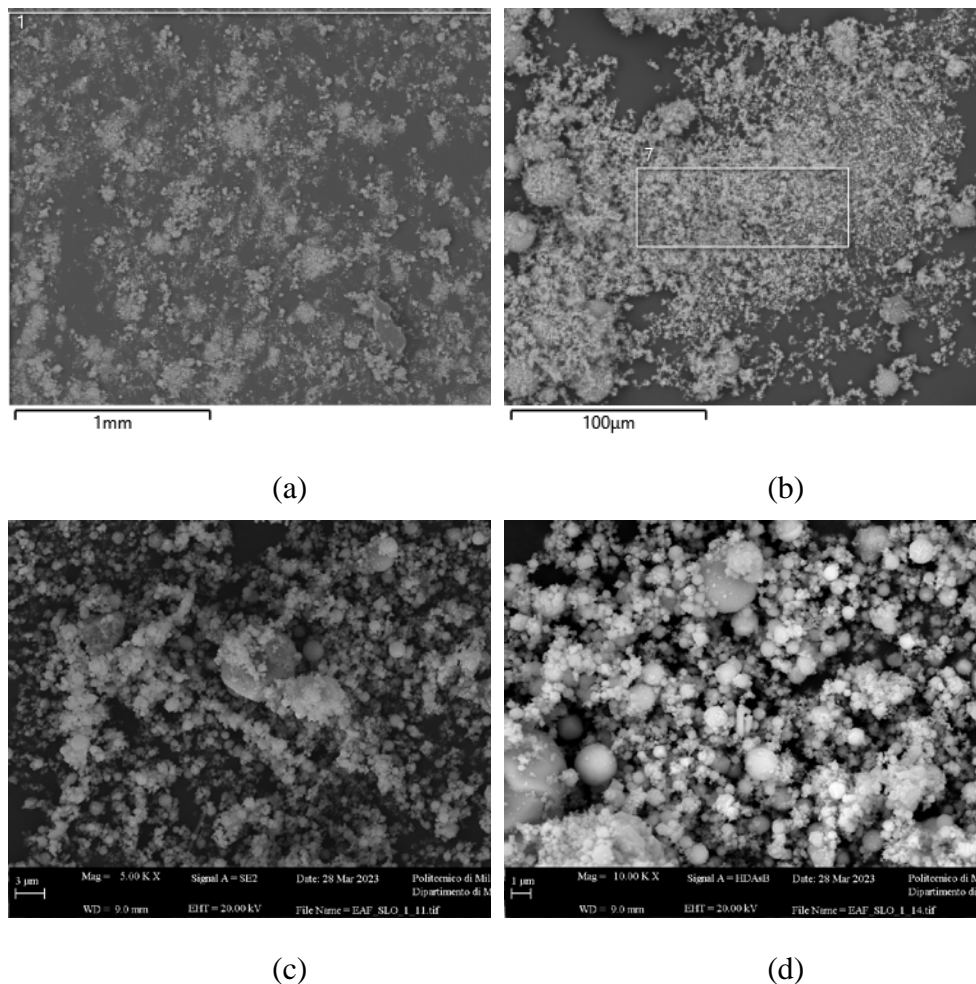
Slika 5. XRD difraktogram uzorka EAF pećne prašine ZGH Boleslaw, Poljska [12]

Tabela 5. Ritveldova kvantitativna mineraloška analiza uzorka EAF pećne prašine ZGH Boleslaw, Poljska [12]

Franklinit	Cinkit	PbO	Kvarc
62,9	34,5	0,64	2

SEM analiza odabranih uzoraka pećne prašine iz Slovenije i Poljske

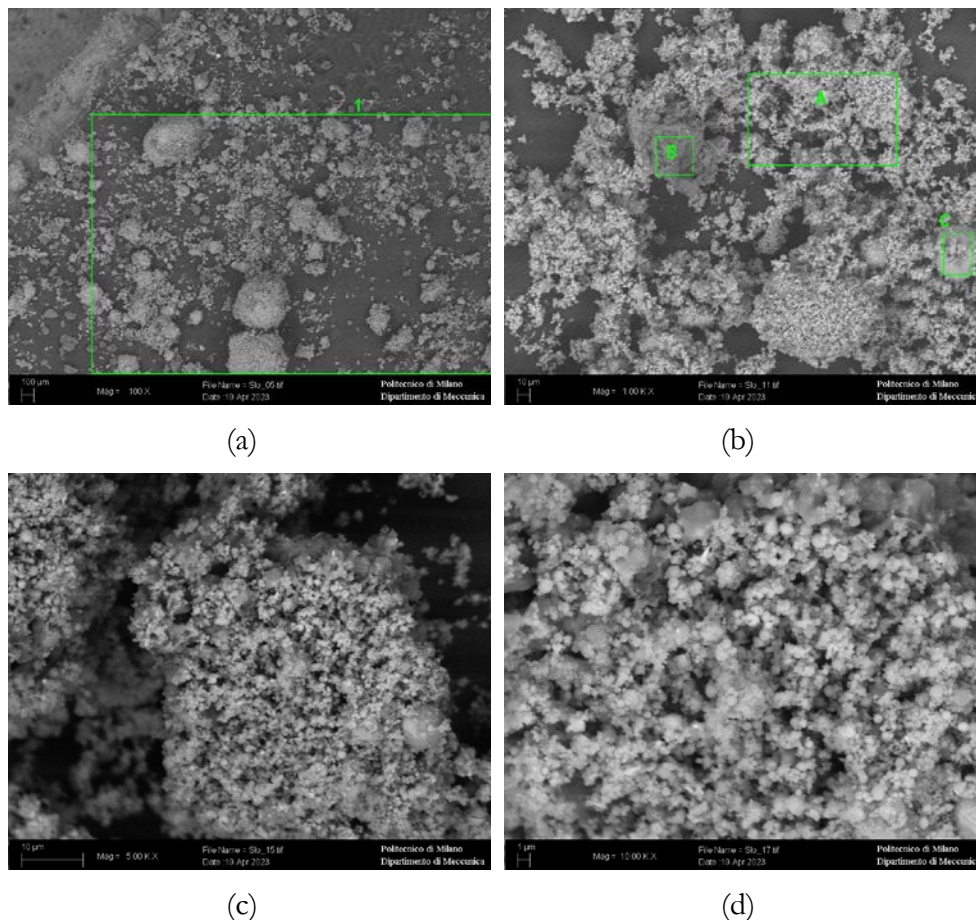
Pored već obavljenih analiza na uzorcima pećne prašine iz SIJ Metal Ravne d.o.o., Slovenija i ZGH Boleslaw, Poljska obavljena je analiza skenirajućom elektronskom mikroskopijom, kao i semi kvantitativna hemijska analiza SEM-EDS na pojedinim mestima i površinama na oba uzorka pećne prašine.



Slika 6. SEM-SE slike na kojima je ispitivana morfologija EAF prašine SIJ Metal Ravne [12]

Tabela 6. SEM-EDS hemijski sastav lokalnih površina i tačaka analiziranih na Slici 6 [12]

Spektar #	O	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn
1	29,75	4,63	1,37	0,99	1,74		0,26	1,36	6,21	1,76	32,54	1,04	18,35
7	25,45	3,16	2,14	0,78	2,01	0,18	0,30	1,78	7,52	1,86	34,11	0,87	19,86



Slika 7. SEM-SE slike na kojima je ispitivana morfologija EAF prašine uzorka iz Poljske [12]

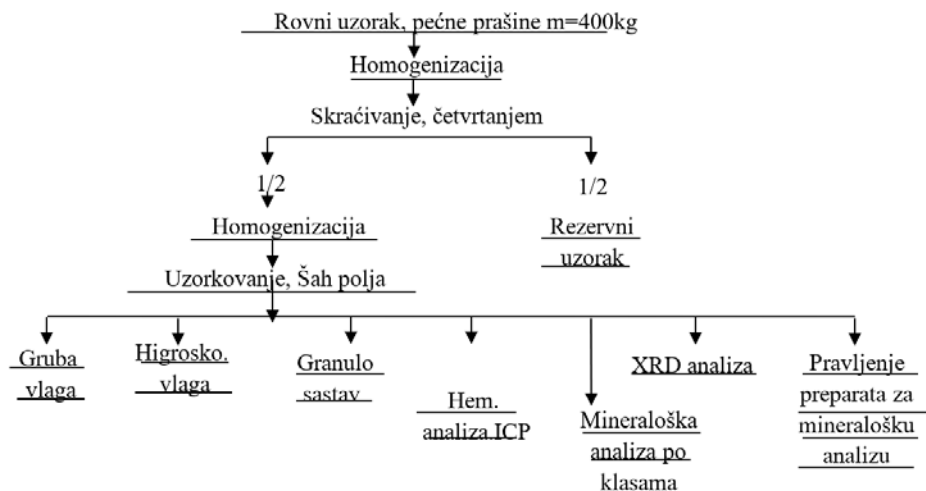
Tabela 7. SEM-EDS hemijski sastav lokalnih površina i tačaka analiziranih na Slici 7 [12]

Spektar #	O	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Zn
1	18,64		3,62		4,86		1,34	2,92	1,54	2,89	24,72	39,47
A	12,05		2,51		1,19	1,08	1,14	4,11	2,07	2,89	27,16	45,80
B	39,20	2,02	1,89	14,67	32,59			1,73			7,89	
C	22,45		2,79		0,94	1,51	0,60	2,05	1,10		35,07	33,49

TEHNOLOŠKA ISPITIVANJA

U Institut-ITNMS (Beograd) je početkom novembra stigao uzorak pećne prašine iz Poljske mase $m=400\text{kg}$, a očekuje se da pored njega stigne i uzorak EAF pećne prašine iz Slovenije približno iste mase. Na oba ova uzorka će ponovo biti obavljena fizičko-hemijska i mineraloška karakterizacija u cilju sagledavanja

njihovih osobina. Nakon toga, će se odrediti načini i uslovi kao i uređaji na kojima će se ispitati različiti postupci razdvajanja u cilju separacije obojenih metala od crnih, kao i obojenih metala od nemetala. Šema pripreme oba uzorka pećne prašine za tehnološka ispitivanja data je na slici 8.



Slika 8. Pisana šema pripreme uzorka pećne prašine iz čeličana iz Slovenije i Poljske za fizičko-hemijska i mineraloška ispitivanja

ZAKLJUČAK:

Svake godine u Evropi se generiše oko 1,3 Mt prašine iz električnih lučnih peći (EAF) i oko 50 kt prašine iz kupolnih peći (CF). Oba materijala su opasan otpad (sadržaj Zn, Cd, Cr, Ni, Pb...) jer njihovo postojanje opterećuje metaluršku industriju, ali sa druge strane ove pećne prašine mogu biti i alternativni izvor vrednih metala. Svi do sada primenjeni procesi za preradu i valorizaciju prašine iz EAF peći pokazali su se neefikasnim, skupim i štetnim po životnu sredinu. Projekat RIS DustRec-II ima za cilj izgradnju kapaciteta za efikasno (1) izdvajanje svih ekonomičnih jedinjenja prašine (Zn, Pb, Cu, Fe i drugih); (2) minimalno stvaranje otpada; (3) ekonomsku izvodljivost sa poboljšanim ekološkim i društvenim uticajima. Predloženi inovativni pristup uključuje kombinovanje novih tehnika od inovativnih metoda magnetne i gravitacione separacije do novih tehnologija piro i hidrometalurške prerade izdvojenih frakcija. Urađene su i kompletne hemijske, XRD i SEM analize na osam uzorka prašine EAF i CF peći iz Italije, Slovenije, Poljske i Srbije. Posle obavljenih detaljnih analiza na svim uzorcima odabrana su dva uzorka pećne prašine na kojima će se vršiti kompletna tehnološka ispitivanja kako je predviđeno planom i programom RIS-DustRec-II projekta. Ovakav način ispitivanja i valorizacije sekundarnih sirovina veoma je značajan, jer otvara mogućnost angažovanja domaćih eksperata iz oblasti PMS na evropskim projektima.

Zahvalnost: U ovom radu je prikazan deo rezultat istraživanja koje finansira EIT Raw Materials u okviru projekta RIS-DustRec-II: Zero waste reprocessing of EAF and CF dust with competence build-up, grant N° 22009

LITERATURA:

1. <https://eitrawmaterials.eu/>
2. <https://eitrawmaterials.eu/call-for-projects/eit-rm-ris-capacity-building-guidance-kava-11/>
3. <https://www.eitmanufacturing.eu/wp-content/uploads/2022/09/EIT-Manufacturing-IP-Policy-final.pdf>
4. Project Raw Materials. RIS-DustRec-II. Zero waste reprocessing of EAF and CF dust with competence build-up Number 22009 Lead Partner :Jozef Stefan Institut Ljubljana Slovenija
5. Ostrowska, P.; Mierzwa, K. Recovery of zinc from selected metallurgical waste. *Hutnik-WH* 2007, 64, 369–373. [[Google Scholar](#)]
6. Woźniacki, Z.; Telejko, T.K. Sintering as the method of utilization of steelmaking dusts with a high content of zinc oxides. *Hutnik-WH* 2014, 81, 166–171. [[Google Scholar](#)]
7. Stevart, C. Sustainability in Action: Recovery of Zinc from EAF Dust in the Steel Industry, 2015 Intergalva Conference, Liverpool, England, June 2015. Available online: <http://www.icz.org.br/upfiles/arquivos/apresentacoes/intergalva-2015/5-2-Stewart.pdf>
8. Palimaka, P.; Pietrzyk, S.; Stepień, M. Recycling of Zinc from the Steelmaking Dust in the Sintering Process. In *Energy Technology 2017, The Minerals, Metals & Materials Series*; Zhang, L., Drelich, J.W., Neelameggham, N.R., Eds.; Springer International Publishing AG: Cham, Switzerland, 2017; pp. 181–189. ISBN 978-3-319-52191-6. [[Google Scholar](#)]
9. Maccagni, M.G. INDUTECH/EZINEX Integrate Process on Secondary Zinc-Bearing Materials. *J. Sustain. Metall.* 2016, 2, 133–140. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
10. Nakamura, T.; Shibata, E.; Takasu, U.T.; Itou, H. Basic consideration on EAF dust treatment using hydrometallurgical processes. *Resour. Process.* 2008, 55, 144–148. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
11. Piotr Palimaka , Stanisław Pietrzyk, Michał Stepień, Katarzyna Cieccko and Ilona Nejman: Zinc Recovery from Steelmaking Dust by Hydrometallurgical Methods., doi:10.3390/met8070547, *Metals* 2018, 8, 547