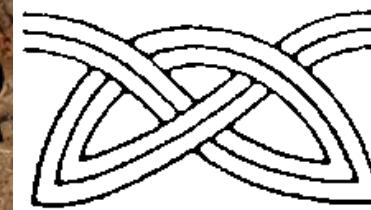


Močvarna željezna ruda – sirovina za proizvodnju željeza na prostoru sliva rijeke Drave u Podravini (SZ Hrvatska) tijekom kasne antike i ranog srednjeg vijeka

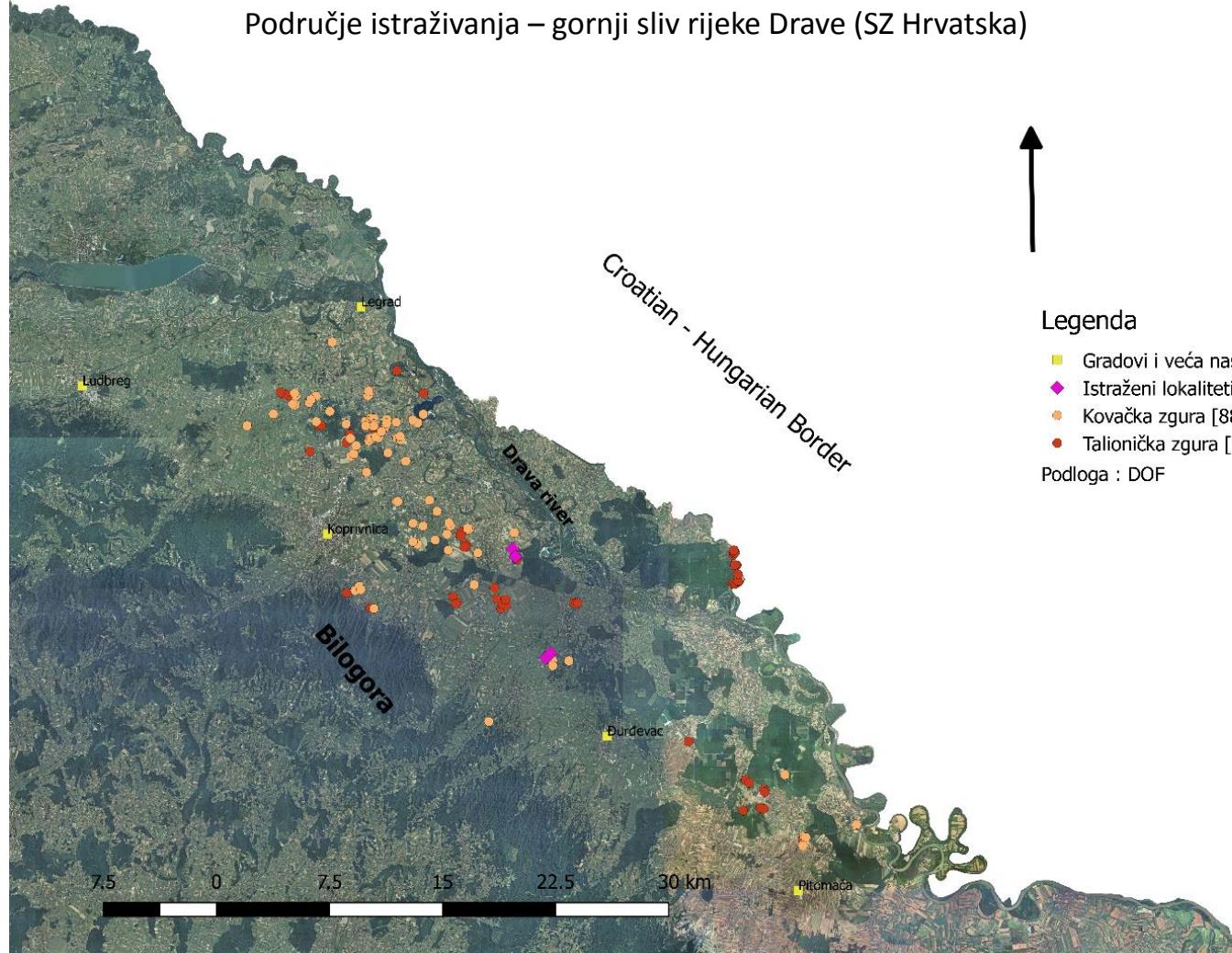
Tena Karavidović, Tomislav Brenko,
dr. sc. Tajana Sekelj Ivančan

Skup Srpskog arheološkog društva,
30. 05. – 01. 06. 2019., Negotin

TransFER



Područje istraživanja – gornji sliv rijeke Drave (SZ Hrvatska)



Terenski pregled

- 70 položaja – talionička zgura
- 88 položaja - kovačka zgura

Arheološka iskopavanja:

- Virje – Volarski breg
- Virje - Sušine
- Hlebine – Velike Hlebine
- Hlebine – Dedanovice (?)

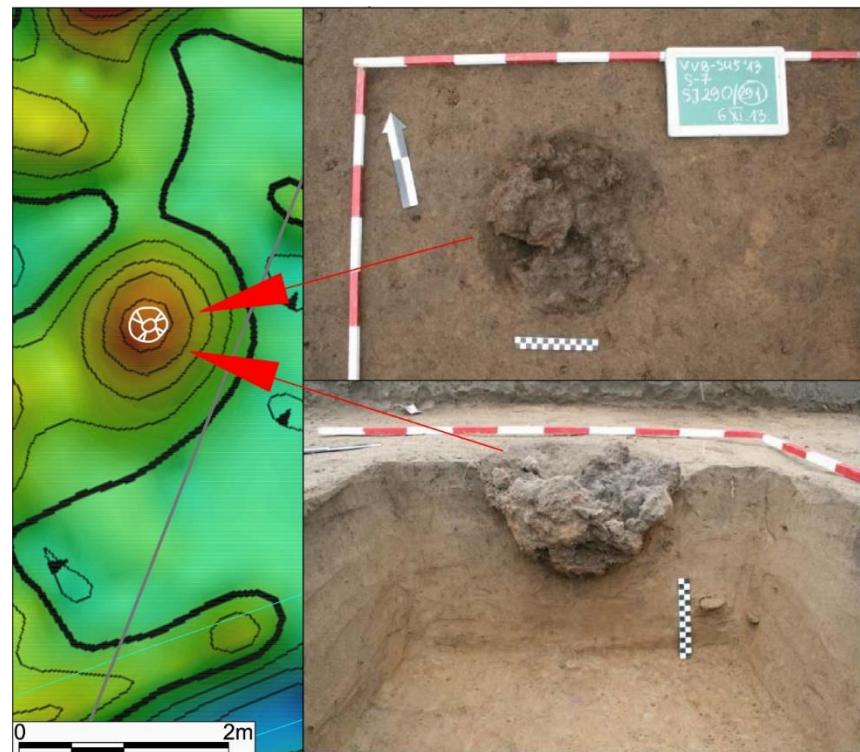
Legenda

- Gradovi i veća naselja
- ◆ Istraženi lokaliteti - iskopavanja
- Kovачka zgura [88]
- Talionička zgura [67]

Podloga : DOF

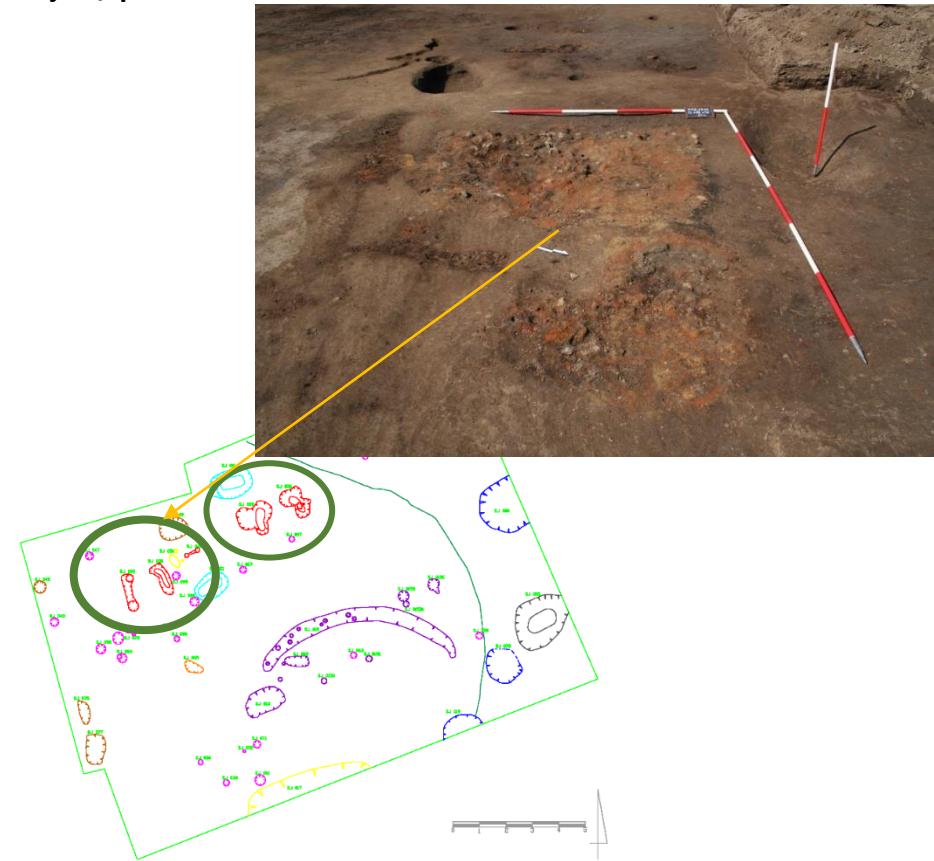
Virje – Sušine

- ostaci četiriju peći tзв. jamskog tipa
 - 8. st.
- Otpad – zgura karakteristična za peći na istek i sirova/pržena ruda
 - 5. st.



Virje – Volarski breg

- ostaci 4/5 peći tipa plitko ukopane peći na istek
- kraj 8. / početak 9. st.

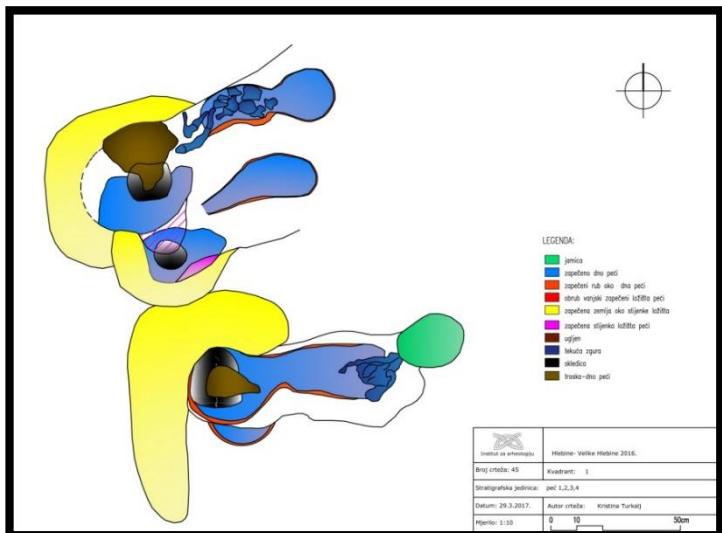


Hlebine – Velike Hlebine

- poč – ½ 7. st.

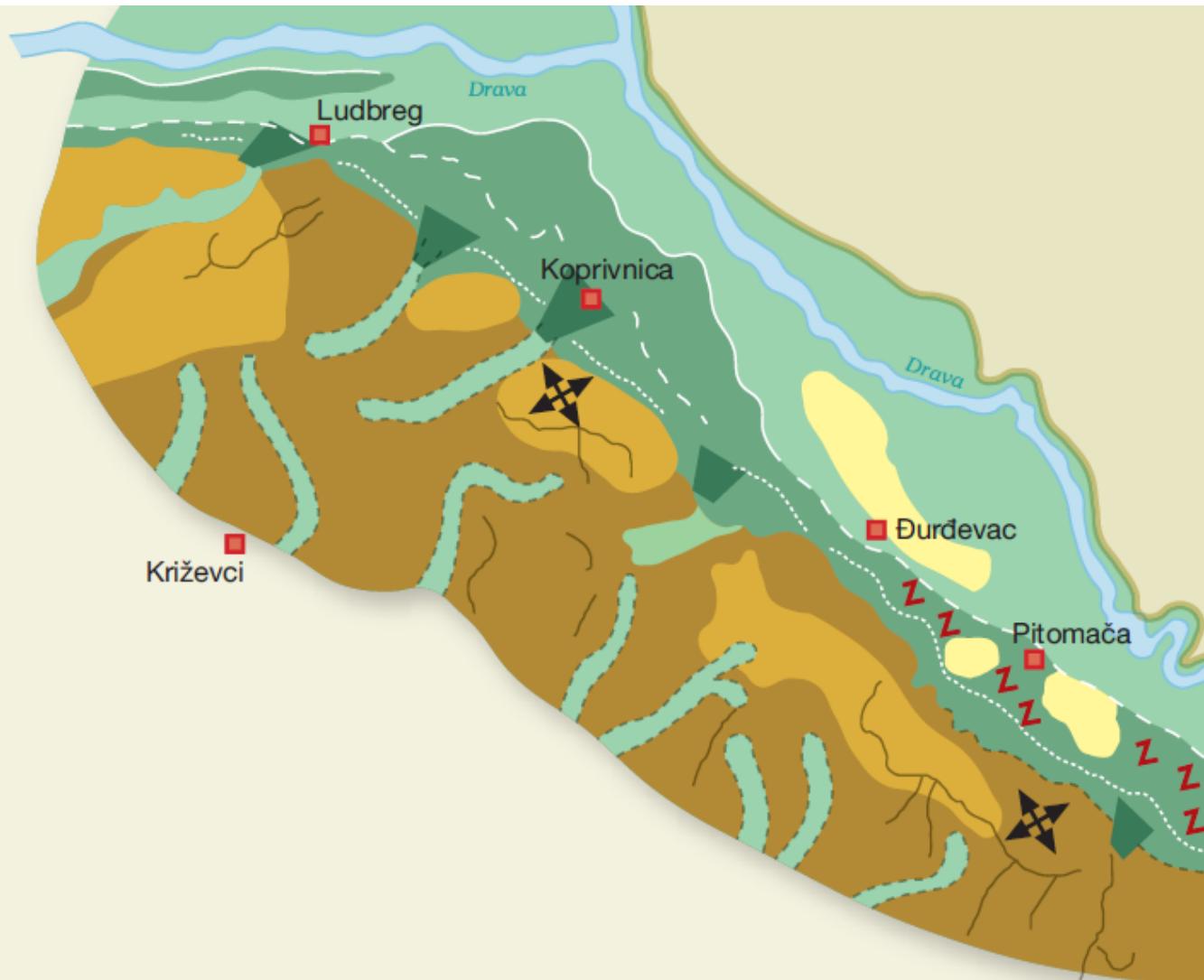


Talioničke peći SJ 037 i SJ 037/1 – ložišta sa zdjelastim dnom – IV faza čišćenja

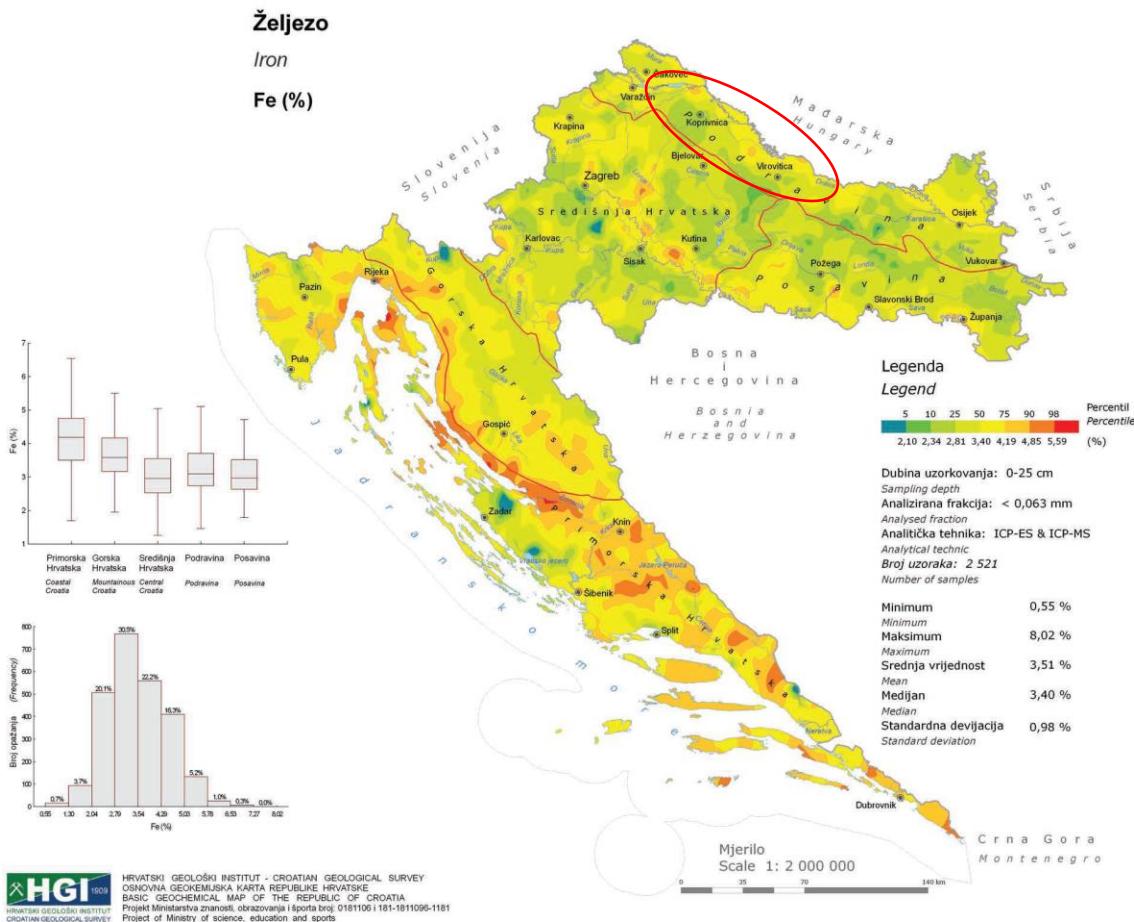


Talionička peć SJ 038 s vidljivim ložištem (a), kanalićem (b) s talioničkom zgurom *in situ* i jamicom (c) – III faza čišćenja (Sekelj Ivančan 2016)

Talionička peć SJ 038 sa zapečenim stijenkama dna nakon uklanjanja zgure iz ložišta i kanalića - IV faza čišćenja (Sekelj Ivančan 2016)



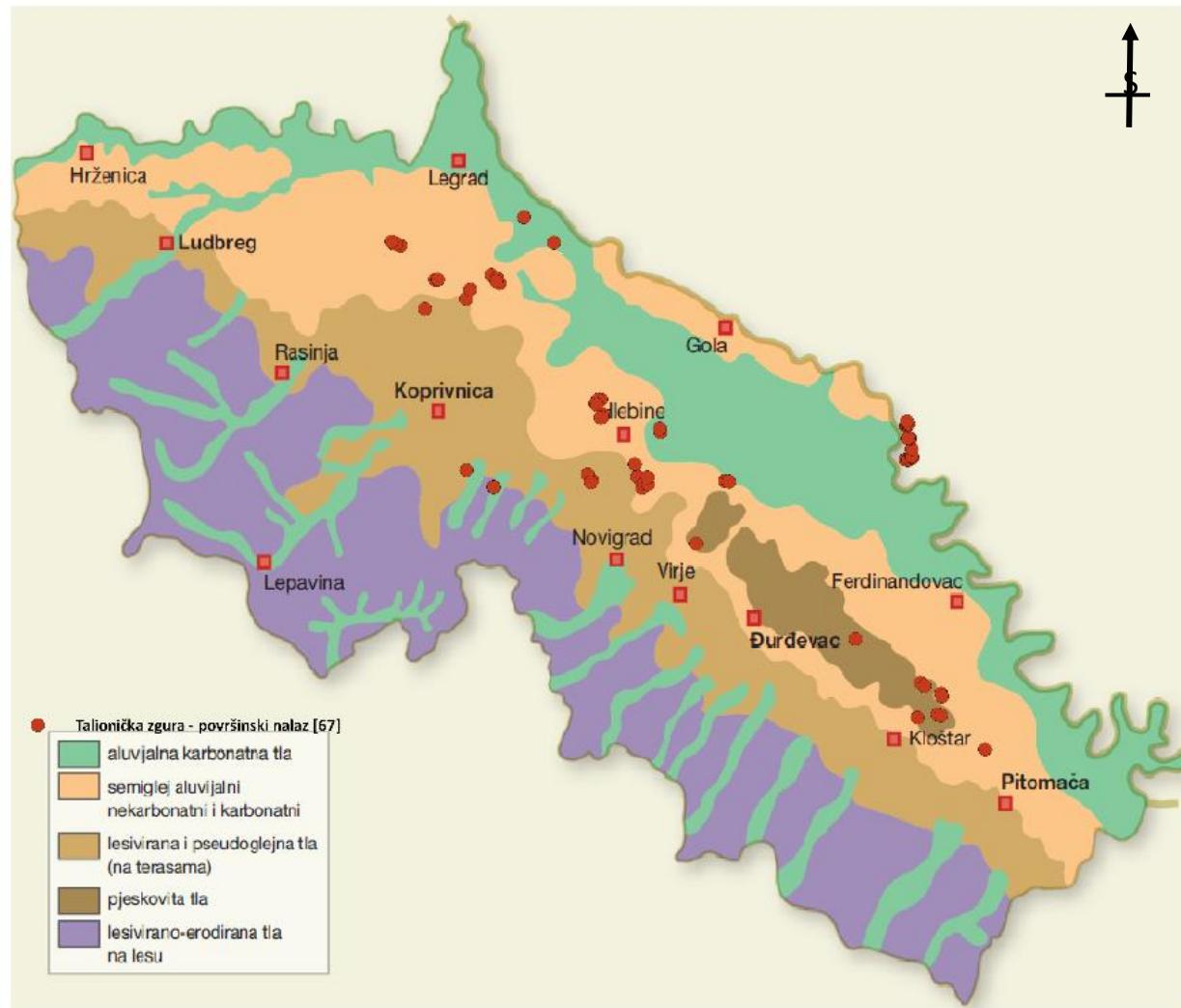
Geomorfološka (reljefna karta gornje Podравине (prema Feletar i Feletar 2008)



Koncentracije željeza u tlu na dubini uzorkovanja 0 – 25 cm
(Halamić J., Miko S., 2009: 49)

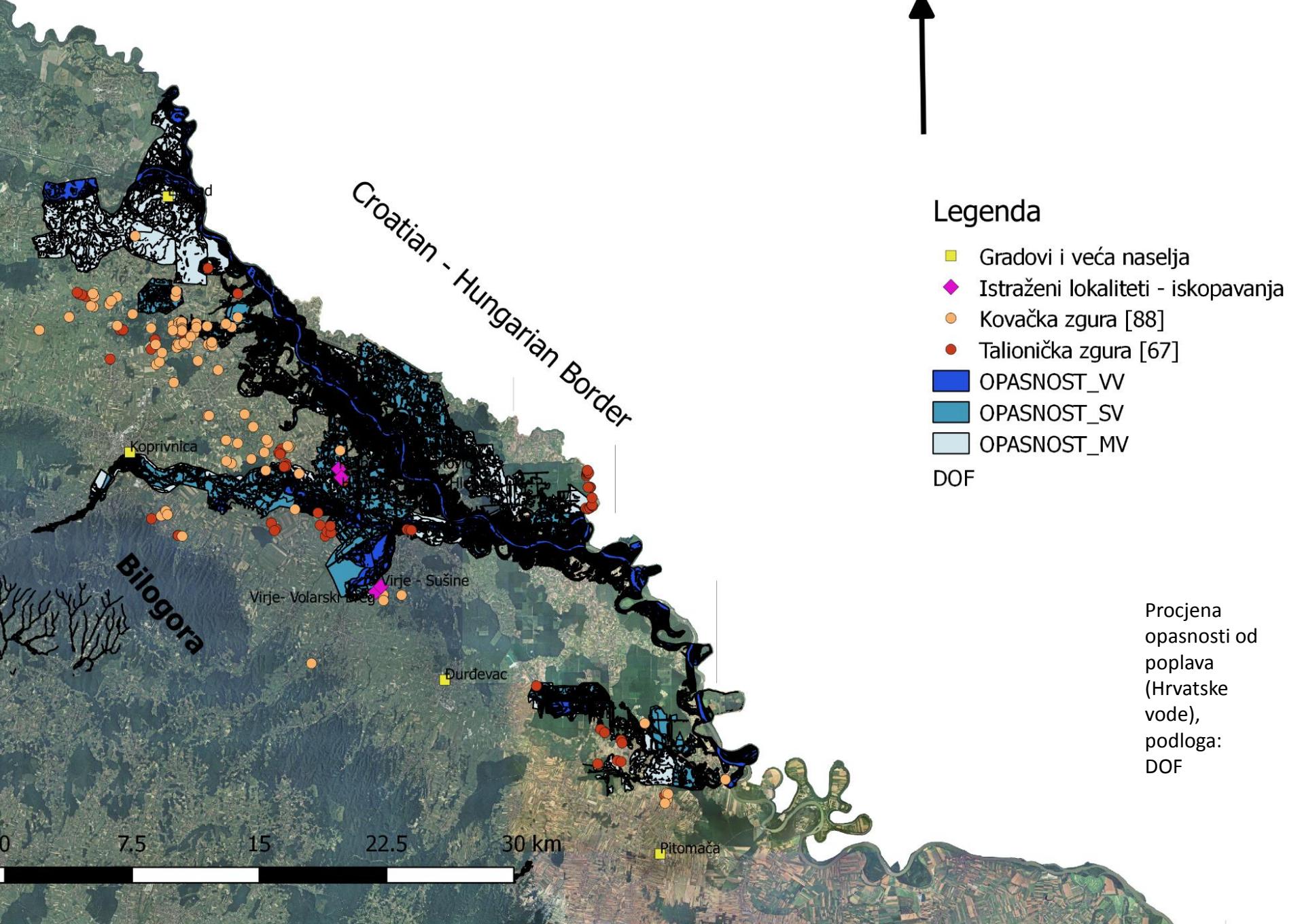


Koncentracije željeznih oksida u tlu vidljive nakon plitkog oranja (20 – 30 cm), položaj Molve – Topolovo



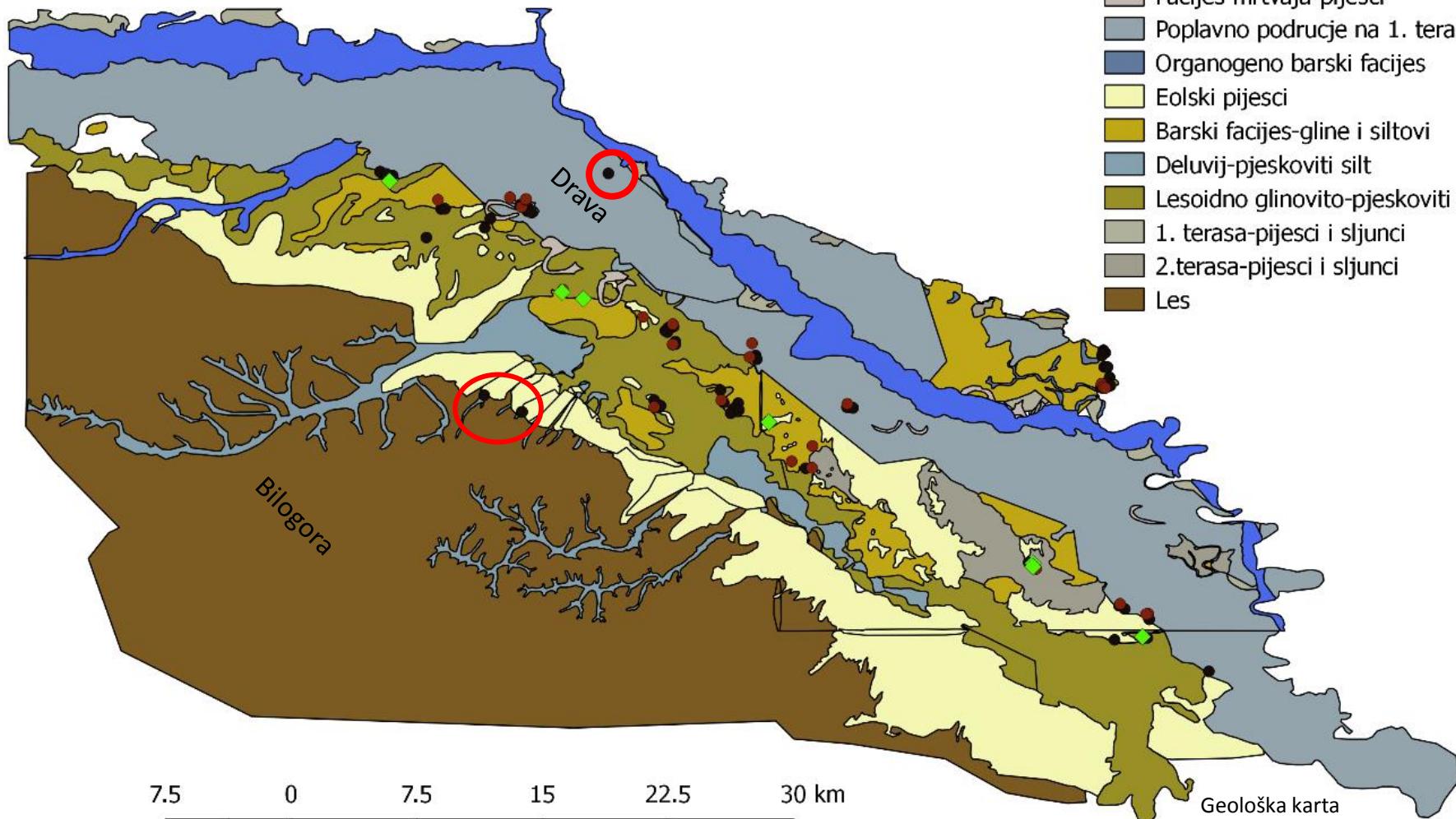
- na prostoru aluvijalnih tala rijeke Drave ili uz rubni/kontaktni dio ovih tala nalazi se većina položaja s kojih je prikupljena talionička zgura

Pedološka karta (prema Feletar i Feletar 2008) s ucrtanim položajima talioničke zgure otkrivene prilikom terenskog pregleda.



Legenda

- ◆ Lokacija rude
- Lokacija uzorkovanja tla
- Lokacija zgure
- Facijes korita Drave-sljunci i pijesci
- Facijes mrvaja-pijesci
- Poplavno područje na 1. terasi-siltovi
- Organogeno barski facijes
- Eolski pijesci
- Barski facijes-gline i siltovi
- Deluvij-pjeskoviti silt
- Lesoidno glinovito-pjeskoviti siltovi
- 1. terasa-pijesci i sljunci
- 2. terasa-pijesci i sljunci
- Les

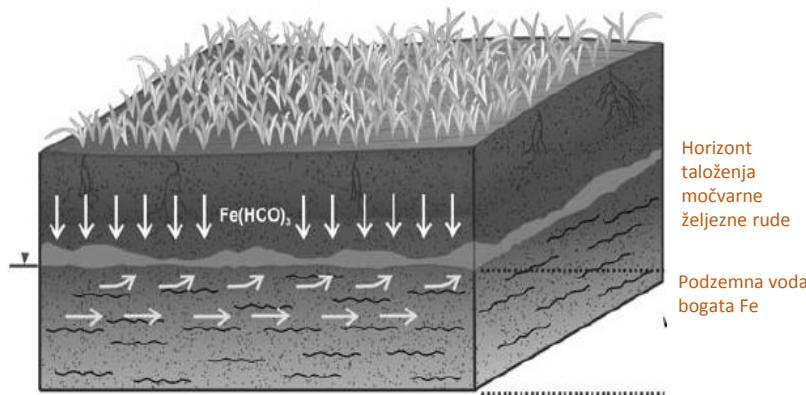


Geološka karta
Podravine s ucrtanim
lokalitetima

Eksplotacija – horizont formiranja rude i prepoznavanje ležišta u krajoliku

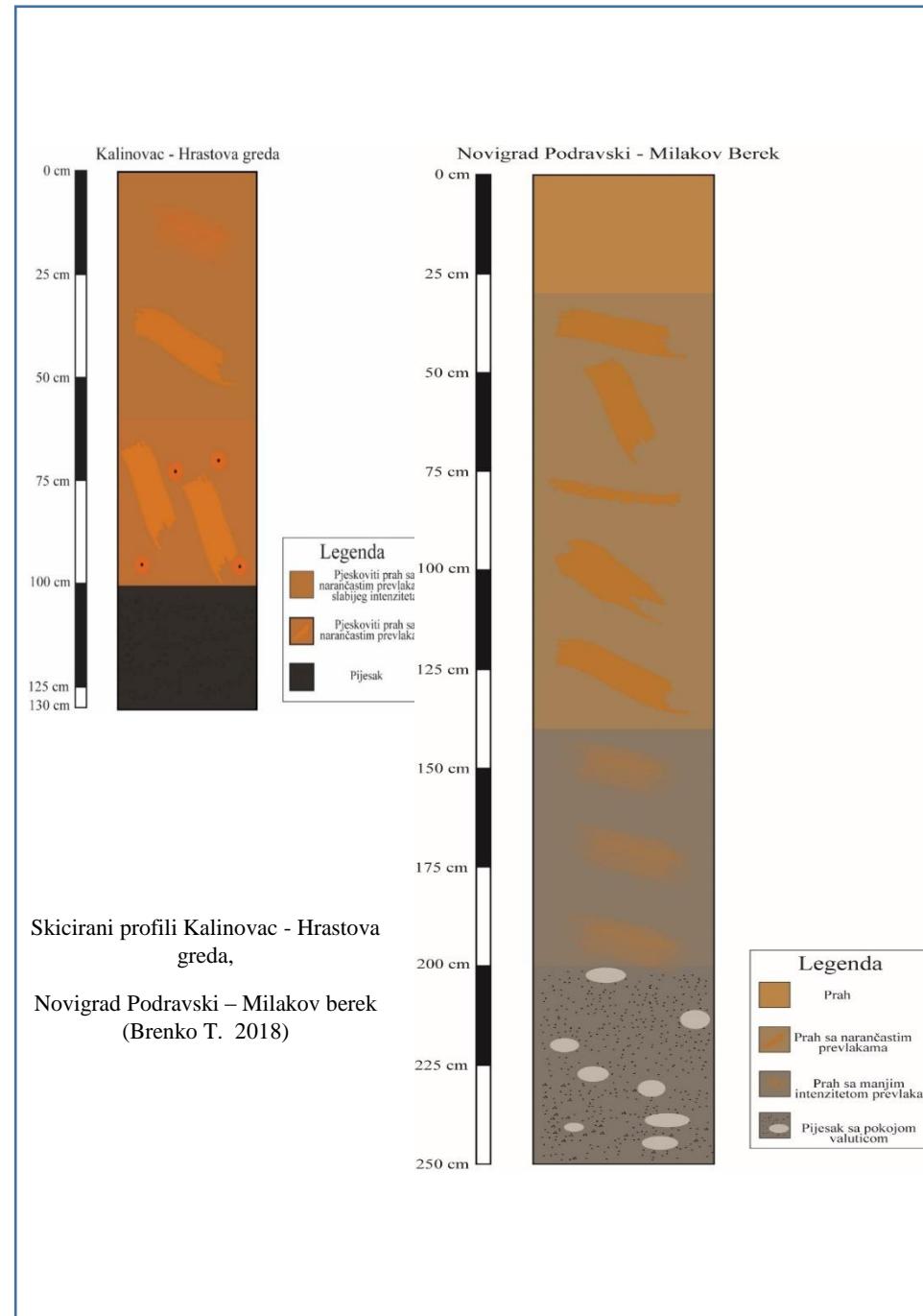
Prirodni preduvjeti: naslage sedimenta i organske tvari koja sadržava Fe nastaju u horizontu koji je u doticaju s podzemnom vodom čija razina tijekom hidrološke godine oscilira što utječe na promjenu oksidacijskih uvjeta te stvara pogodno okruženje za taloženje željeza

Geološki uzorci s područja Podravine - dubine na kojima se očituje pojava koncentracija getita // 25 – 100/125cm //



Shematski prikaz mehanizma taloženja močvarne željezne rude u odnosu na razinu podzemne vode (prema Werovska 2009)

- Laka dostupnost, jednostavna ekstrakcija



- Elementi prepoznavanja depozita u okolišu - karakteristike vegetacije, periodično plavljenje.
- Problematika identifikacije mesta eksploracije i recentnih depozita

Okoliš nedaleko lokaliteta
Virje – Volarski breg

Pogled na lokalitet Virje –
Volarski breg (prije
istraživanja)



bakterije *Leptothrix* koja pospješuje taloženje željeza u močvarnom okruženju (Stanton et al. 2007: 710, fig. 8)



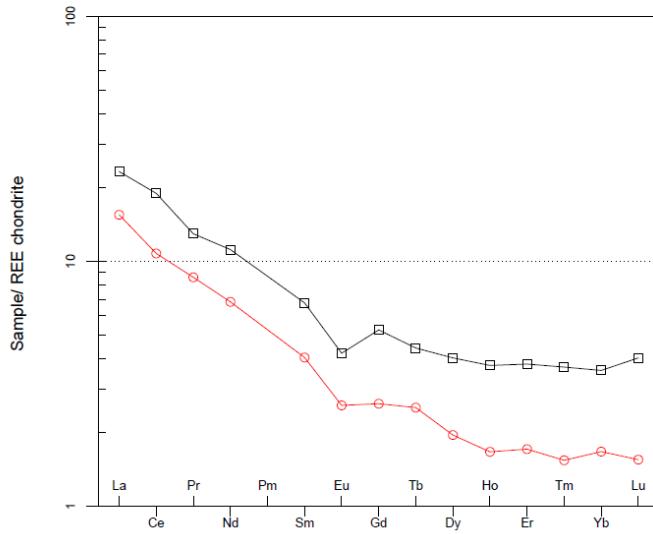
Uzorci s položaja Peteranec – Ciglene (Foto : T. Brenko)



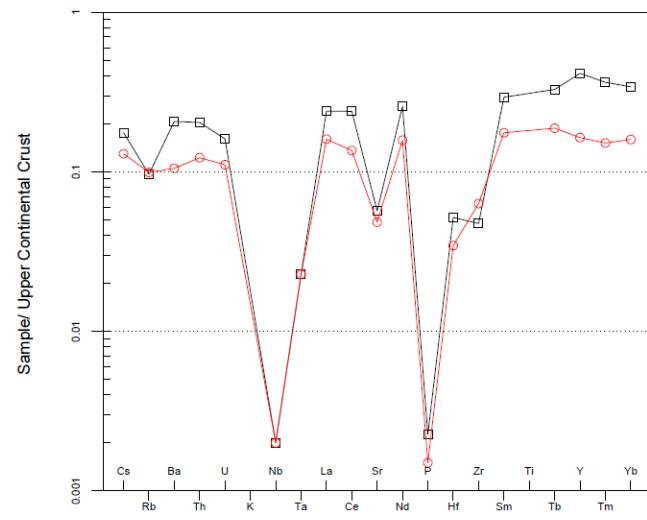
Uzorci rude s položaja Novigrad Podravski – Milakov berek (U= NP-MB 16, 17, 18). Foto:T. Brenko

Uzorak	Tip uzorka	Rec. Wt.	TOC	TiC+Gc	Al2O3	BaO	CaO	Cr2O3	Fe2O3	K2O	MgO	MnO	Na2O	P2O5	SiO2	SrO	TiO2	LOI	Total
NP-MB 16	gromada	0.05	0.51	0.81	2.5	0.76	5.67<0.01		32.03	0.42	0.7	21.04	0.44	0.62	8.69	0.15	0.06	21.39	94.46
NP-MB 17	gromada	0.03	0.43	0.03	3.25	0.74	1.18<0.01		45.35	0.45	0.48	14.85	0.36	0.7	10.98	0.09	0.07	15.95	94.44
NP-MB 18	grumen	0.02	0.41	0.03	0.57	0.12	0.62<0.01		68.41	0.12	0.16	5.68	0.08	1	3.59	0.02<0.01		15.14	95.52

Spider plot – REE chondrite (Boynton 1984)

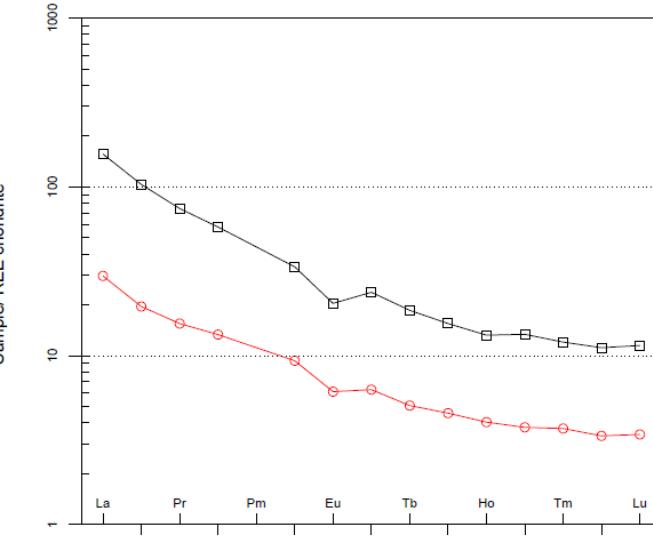


Spider plot – Upper Continental Crust (Taylor and McLennan 1995)

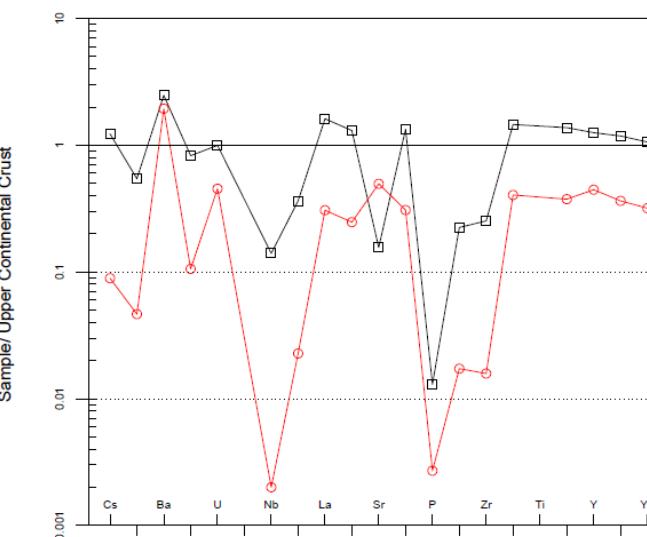


Uzorak Hlebine - Dedanovice, poč. – sred 7. st.
Uzorak Hlebine – Velike Hlebine, poč. – sred 7. st.

Spider plot – REE chondrite (Boynton 1984)



Spider plot – Upper Continental Crust (Taylor and McLennan 1995)

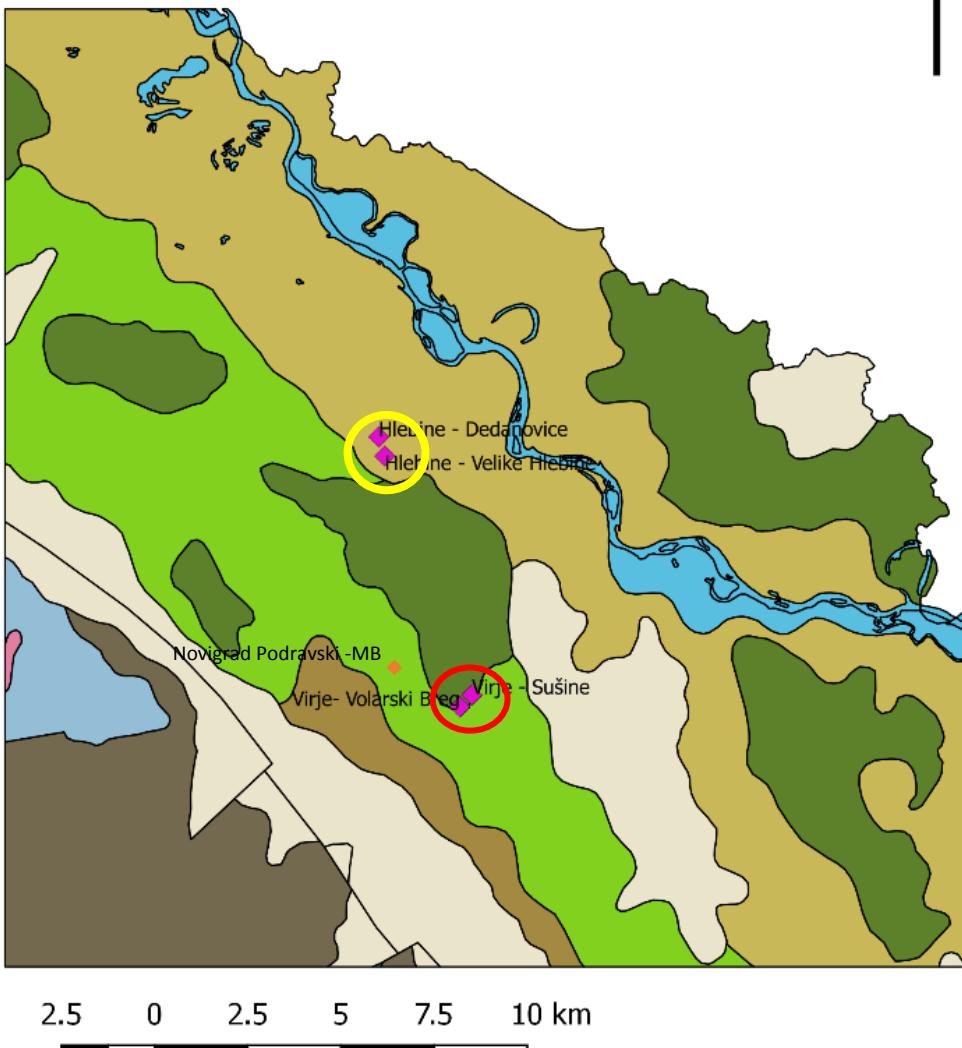


Arheološki uzorak rude,
Virje - Volarski breg,
8 – 9. st.

Recenta ruda, Novigrad Podravski –
Milakov berek
(U – 18)

Legenda

- ◆ Istraženi lokaliteti - iskopavanja
GEOLOŠKA_DIO
- ALUVIJALNE NASLAGE (holocen)
- BARSKE LES (pleistocen)
- BARSKE NASLAGE (holocen)
- DELUVIJALNO-PROLUVIJALNE NASLAGE (holocen)
- EOLSKI PIJESCI (holocen)
- FLUVIJALNE NASLAGE (pleistocen)
- KLASTITI I UGLJEN (pont)
- KOPNENI LES (pleistocen)
- VODE



Mikrolokacije izvořista rude?

- istovremeni lokaliteti Hlebine – Velike Hlebine i Dedanovice – isti mikrookolišni uvjeti
- Virje – Volarski breg – drugačiji mikrookolišni uvjeti

- različita mjesta eksploracije
- areal kretanja u potrazi za rudom
- organizacije gospodarske djelatnosti

Mineraloške i geokemijske karakteristike rude – tehnološka iskoristivost

Lab. broj.	Arh. Oznaka	Lokalitet	Vrsta nalaza	Kvarc	Goethit	Hematit	Magnetit	Wuestite	Fayalit	Rutile	Hedenbergite	Amorfna tvar
6648	SJ 107 (N 113)	Virje - Volarski Breg	Ruda - sirova	+++	+++	-	-	-	-	+	-	-
6649	SJ 111 (N 122)	Virje - Volarski Breg	Ruda - sirova	+++	+++	-	-	-	-	?	-	-
6650	SJ 111 (N130)	Virje - Volarski Breg	Ruda - sirova	+++	+++	-	-	-	-	+	-	-
7135	SJ 314 (N 295/51)	Virje - Sušine	Ruda - sirova	+	+++	-	-	-	-	-	-	-
6629	SJ 83 (N 242)	Hlebine - Velike Hlebine	Ruda - djelomično pržena	++	+++	-	+++	-	-	-	-	-
6852	SJ 27 (U 71)	Hlebine - Dedanovice	Ruda pržena	+/-	-	+++	-	-	-	-	-	-
6853	SJ 10 (U 26)	Hlebine - Dedanovice		+	-	+++	-	-	-	-	-	-
6854	SJ 16 (U 45)	Hlebine - Dedanovice	Ruda pržena	+	-	+++	-	-	-	-	-	-
6855	SJ 8 (U 11)	Hlebine - Dedanovice		+	-	+++	+	-	-	-	-	-
6638B	SJ 102/90 (N 223)	Hlebine - Velike Hlebine	Ruda pržena ?	+	++		+++	-	-	-	-	-

XRD analiza uzorka rude iz arheološkog konteksta , Rudarsko-geološko-naftni fakultet Zagreb

Arh.oznaka	Vrsta nalaza	Type	Lokalitet	Rec. Wt	TOC	TIC+Gc	Al2O3	BaO	CaO	Cr2O3	Fe2O3	K2O	MgO	MnO	Na2O	P2O5	SiO2	SrO	TiO2	LOI	Total
SJ 107 N 113	Ruda - sirova	Fe-ore	Virje - Volarski Breg	0.02	0.46	0.04	8.72	0.15	0.97	0.01	37.28	0.86	0.59	5.25	0.34	0.24	24.16	<0.01	0.3	15.45	94.32
SJ 111 N 122	Ruda - sirova	Fe-ore	Virje - Volarski Breg	0.02	0.43	0.04	8.58	0.07	0.72	0.01	38.94	0.9	0.59	1.59	0.46	0.66	30.67	<0.01	0.37	13.29	96.86
SJ 111 N 130	Ruda - sirova	Fe-ore	Virje - Volarski Breg	0.02	0.42	0.03	7.52	0.06	0.6	0.02	46.86	0.8	0.48	1.69	0.34	0.45	25.92	<0.01	0.29	13.43	98.46
SJ 314 N 295/51	Ruda - sirova	Fe-ore	Virje - Sušine	0.02	0.6	0.04	1.9	0.09	0.34 <0.01		70.89	0.3	0.14	0.98	0.13	0.49	10.12	<0.01	0.03	11.91	97.31
SJ 83 N 242	Ruda - djelomično pržena	Fe-ore	Hlebine - Velike Hlebine	0.01			3.08	0.01	0.47	0.02	73.2	0.58	0.26	0.06	0.29	0.65	16.74	<0.01	0.13	2.39	97.88
SJ 102 N 223	Ruda - pržena	Fe-ore	Hlebine - Velike Hlebine	0.02	1.3	0.06	1.19 <0.01		0.3 <0.01		76.16	0.23	0.08	0.02	0.11	0.44	6.54	<0.01	0.03	11.6	96.71
SJ 8 U 11	Ruda - pržena	Fe-ore	Hlebine - Dedanovice	0.03	0.3	0.03	1.15	0.02	0.49 <0.01		82.93	0.18	0.15	0.63 <0.01		0.44	5.63	<0.01	0.03	3.13	94.77
SJ 16 U 45	Ruda - pržena	Fe-ore	Hlebine - Dedanovice	0.03	0.12	0.16	1.28	0.05	0.43 <0.01		83.17	0.22	0.13	0.77	0.09	0.69	6.75	<0.01	0.02	4.55	98.14
SJ 27 U 71	Ruda - pržena	Fe-ore	Hlebine - Dedanovice	0.03	0.13	0.13	0.59	0.01	0.63 <0.01		84.94	0.09	0.11	0.33 <0.01		0.38	4.17	<0.01	<0.01	3.19	94.45
SJ 10 U 26	Ruda - pržena	Fe-ore	Hlebine - Dedanovice	0.03	0.12	0.15	1.2	0.01	0.33 <0.01		84.97	0.18	0.1	0.37 <0.01		0.36	5.64	<0.01	0.02	2.83	96.02

Rezultati geokemijske analize (MS Analytical, Langley)

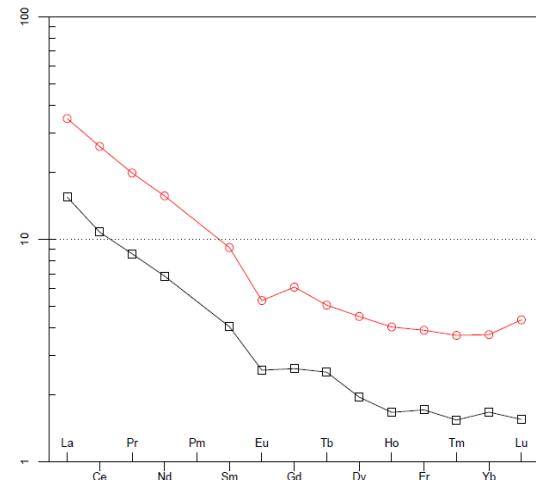
- Udio željezovitih oksida dovoljno visok za uspješan proces taljenja kod svih uzoraka
- Velika varijabilnost udjela Fe_2O_3 između 84.97% i 38.94 % - različiti lokaliteti – različita mikrolokacija izvorišta i vremenska pripadnost
- Lokaliteti iste vremenske pripadnosti – ista mikrolokacija izvorišta rude – podjednaki omjeri

Virje – Volarski breg - udjeli Fe_2O_3 niži no na ostalim lokalitetima

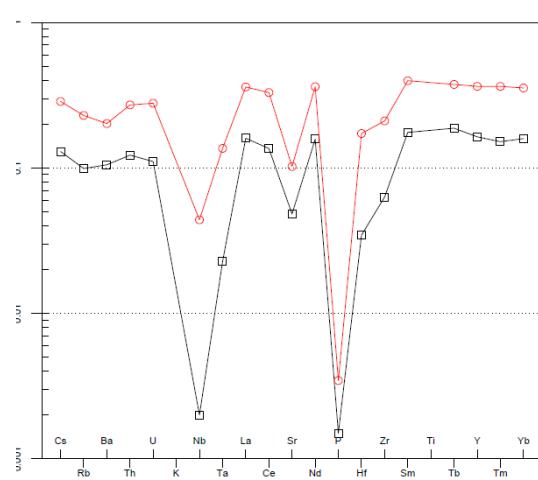
- kompleksni mehanizam nastajanja močvarnih željeznih ruda i principu uzorkovanja
- faza razvijenosti rude
- i/ili razini obogaćivanja tj. pirometalurške pripreme
- Odbačena ruda?

- svi uzorci pokazuju međusobno slične vrijednosti koje su generalno niže od vrijednosti ostalih uzoraka
- Referenti izračun prema uzorcima s Hlebina

Spider plot – REE chondrite (Boynton 1984)

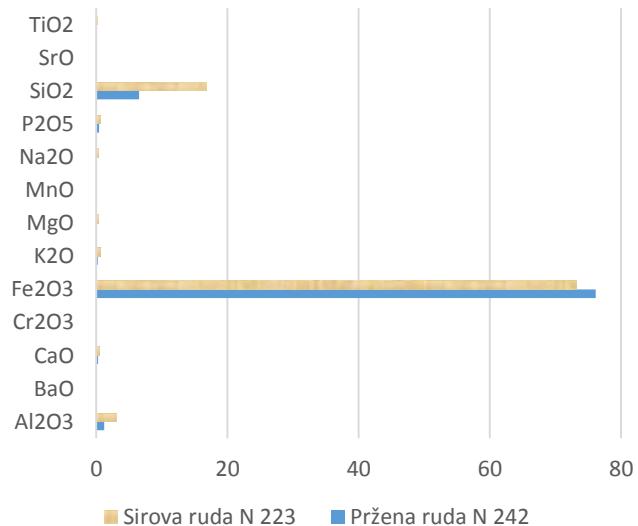


Spider plot – Upper Continental Crust (Taylor and McLennan 1995)



Rezultati korelacija REE uzoraka sirove i pržene rude s lokalitetom H – VH – zastupljenost elemenata i trend kretanja u oba slučaja sličan – ista izvođačna ruda

Usporedba razlika u elementnoj kompoziciji pržene i sirove rude - H - VH



- razlika udjela željezovitih oksida 3%

= (prepostavljen isti proces pripreme)

= uzorci s Virja $\geq 50\% \text{Fe}_2\text{O}_3$

Mineraloške i geokemijske karakteristike rude – postupci pripreme rude

Proces pripreme može podrazumijevati više postupaka:

- ručno prebiranje metalonosne rude od jalovih minerala
- Mehaničko čišćenje i/ili ispiranje?



Usitnjeni limonit (Olomoučany, Češka), eksperimentalno taljenje željeza, Adamov 2019.

- Dehidracija - sušenje i/ili postupak prženja
- Usitnjavanje

Hlebine – Dedanovice

Hlebine - Velike Hlebine

Virje - Sušine

Lab. broj.	Arh. Oznaka	Lokalitet	Vrsta nalaza	Kvarc	Goethit	Hematit	Magnetit	Wuestite	Fayalit	Rutile	Hedenbergite	Amorfna tvar
6629	SJ 83 (N 242)	Hlebine - Velike Hlebine	Ruda -djelomično pržena	++	+++	-	+	-	-	-	-	-
6852	SJ 27 (U 71)	Hlebine - Dedanovice	Ruda pržena	+	-	+++	-	-	-	-	-	-
6853	SJ 10 (U 26)	Hlebine - Dedanovice	Ruda pržena	+	-	+++	-	-	-	-	-	-
6854	SJ 16 (U 45)	Hlebine - Dedanovice	Ruda pržena	+	-	+++	-	-	-	-	-	-
6855	SJ 8 (U 11)	Hlebine - Dedanovice	Ruda pržena	+	-	+++	+	-	-	-	-	-
6638B	SJ 102/90 (N 223)	Hlebine - Velike Hlebine	Ruda pržena ?	+	++		+++	-	-	-	-	-



Virje - Volarski breg , sirova ruda, SJ 107,
N-113



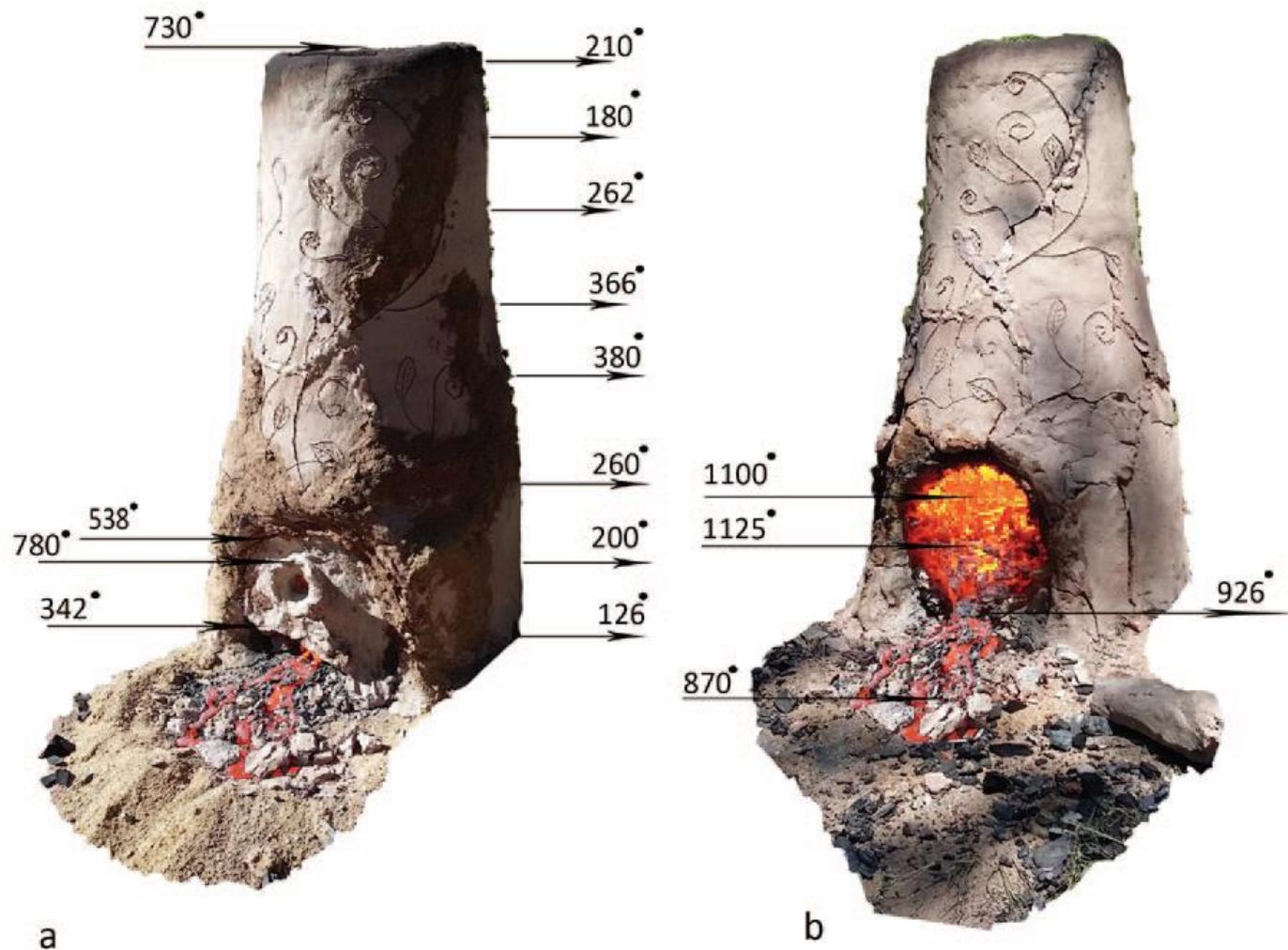
Hlebine – Dedanovice, uzorci pržene rude, SJ 8, U – 11/1b, SJ 16, U - 45



Getit → Hematit

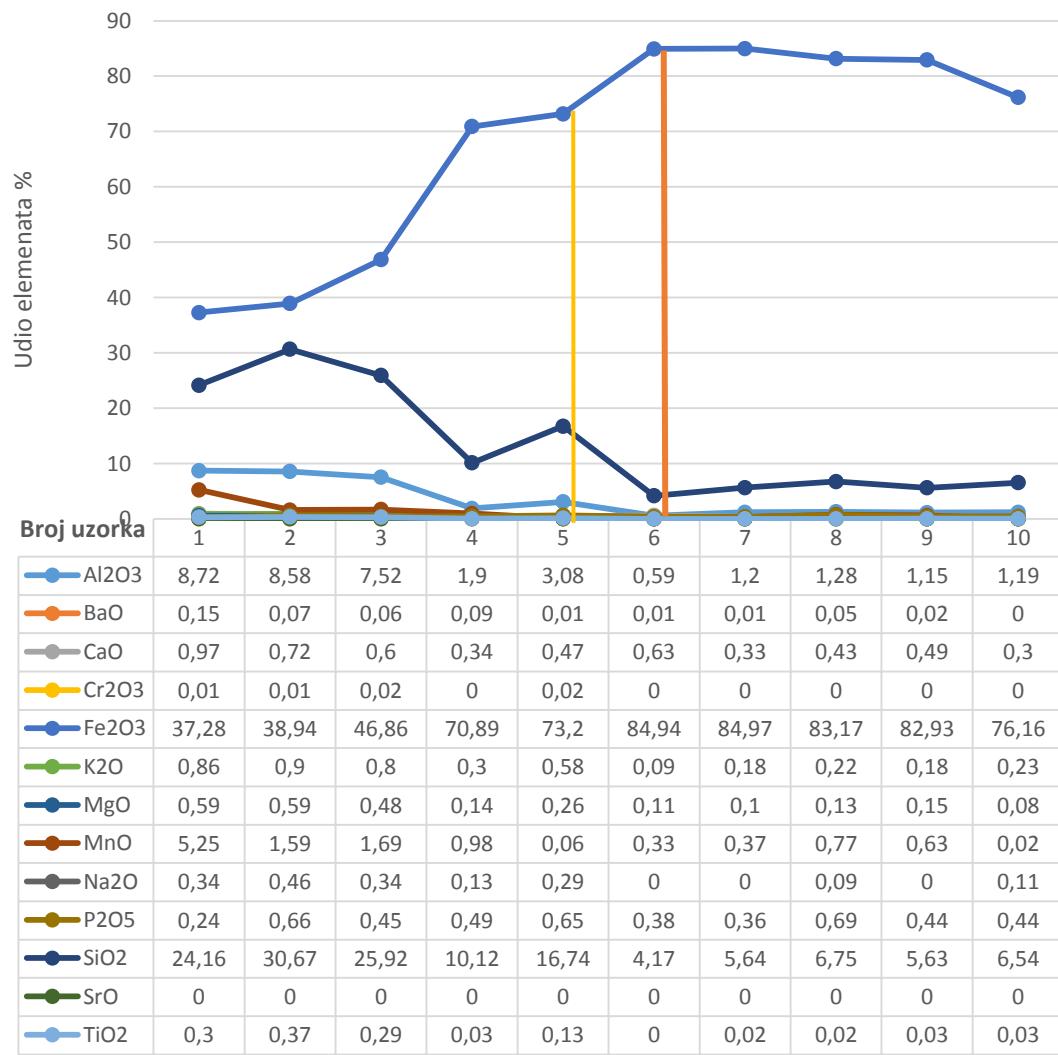


Eksperimentalno prženje močvarne željezne rude (Lorenčić 2017, fig. 5 b,c)



Eksperimentalno testiranje peći na istek: a) izmjerene vrijednosti vanjske stijenke peći; b) temperaturne vrijednosti pri kraju procesa – ispuštanje tekuće zgure (Sekelj Ivančan T. 2018, sl. 4)

Usporedba kemijskog sastava PRŽENE I SIROVE RUDE iz arheološkog konteksta



- Pospješuje proces redukcije
- Manji utrošak ugljena – smanjena potrošnja resursa i energije
- Vrijeme trajanja procesa?
- Poznavanje karakteristika lokalnih ruda – iskustvo i znanje

Arh.oznaka	Vrsta nalaza	Lokalitet
SJ 107 N 113	Ruda - sirova	Virje - Volarski Breg
SJ 111 N 122	Ruda - sirova	Virje - Volarski Breg
SJ 111 N 130	Ruda - sirova	Virje - Volarski Breg
SJ 314 N 295/51	Ruda - sirova	Virje - Sušine
SJ 83 N 242	Ruda - sirova	Hlebine - Velike Hlebine
SJ 27 U 71	Ruda - pržena	Hlebine - Dedanovice
SJ 10 U 26	Ruda - pržena	Hlebine - Dedanovice
SJ 16 U 45	Ruda - pržena	Hlebine - Dedanovice
SJ 8 U 11	Ruda - pržena	Hlebine - Dedanovice
SJ 102 N 223	Ruda - pržena	Hlebine - Velike Hlebine



Eksperimentalno taljenje, priprema rude - usitnjavanje,
Adamov 2019.

USITNJAVANJE



smanjena reduksijska površina



POSPJEŠUJE PROCES REDUKCIJE

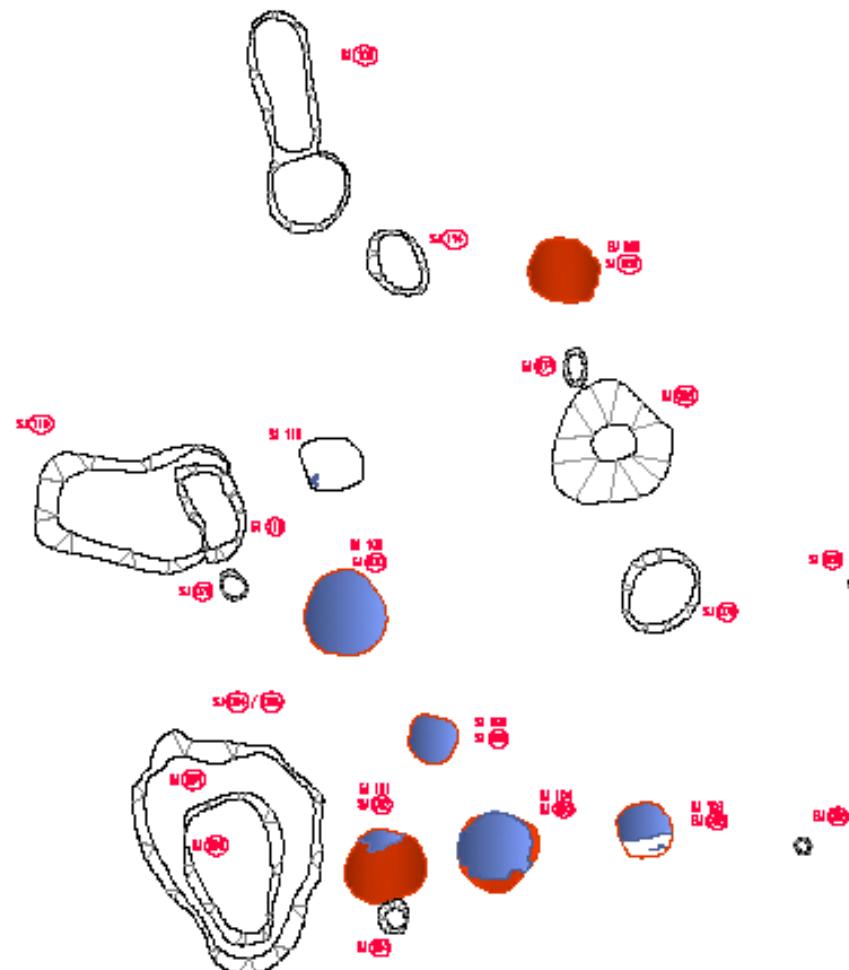
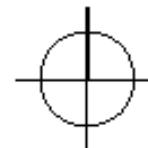


Lok. Hlebine – Dedanovice, uzorci usitnjene (?) pržene rude

S 2

S 2a

S 1



- Usporedba rezultata geokemijskih analiza (REE) odabranih uzoraka potvrdila su da se tijekom više arheoloških razdoblja, točnije u 5. st. (Virje - Sušine), početak - sred. 7 (Hlebine - Velike Hlebine i Dedanovice) i u 8./9. st. (Virje – Volarski breg) iskorištavala željezna ruda lokalnog podrijetla.
- Na temelju usporedbe REE uzoraka sa zemljinom korom – različite mikrolokacije izvorišta rude u različitim razdobljima
 - mogućnost ubikacije mjesta eksploracije? (daljnja istraživanja)
 - potvrda ovisnosti lokacije mjesta taljenja o izvoru rude
- Postupci pirometalurške pripreme rude – racionalizacija potrošnje resursa, poznavanje karakteristika rude, znanje i iskustvo

Hvala na pažnji !

Literatura:

BASLER D., 1999, Rudnici i metalurški pogoni rimskog doba u Bosni i Hercegovini (s osobitim osvrtom na pogone u dolini rijeke Japre), Radovi sa simpozijuma Rudarstvo i metalurgija Bosne i Hercegovine od prehistoricije do početka XX vijeka, 8. – 11. XI 1973., Muzej grada Zenice, Ibrahimpavić F (ed.), Zenica 1999, 89-118.

BRENKO T., Mineralogical and geochemical characteristics of ore for possible iron production in Podravina region, NE Croatia, 6th scientific conference of the Department of Archaeology Methodology and Archaeometry, predavanje

BRENKO T., 2018, Godišnje Izvješće I., Izvješće za potrebe projekta TransFER čuva se na Institutu za arheologiju.

BUCHWALD, V. F. 2005, *Iron and steel in ancient times*. – Historisk-filosofiske Skrifter 29. – Copenhagen, Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab.

GLAVĀŠ, Z., ĐOLIĆ, N., Metalurgija željeza, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Sisak, 2014.

HRVATSKA ENCIKLOPEDIJA (LZMK), Broj 5 (Hu-Km), str. 719. Za izdavača: Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb 2003.

CHARLTON, M., CREW, P., REHREN, T., SHENNAN, S., 2010., Explaining the evolution of ironmaking recipes – an example from northwest Wales. *J. Anthropol. Archaeol.* 29, 352-367.

CLEERE, H. 1972, The classification of early iron smelting furnaces. – *Antiquaries Journal* 52/2, str. 8-23.

CLEERE, H. F. 1981, *The Iron Industry of Roman Britain* (Neobjavljena doktorska disertacija, University of London), London

DORIAN, J.P., MINAKIR, P.A., BORISOVICH, V.T. 1993. CIS Energy and Minerals Development. Kulwer. pp 371.

KACZOREK, D., SOMMER, M., ANDRUSCHEWITSCH, I., OKTABA, L., CZEWIŃSKI, Z., STAHR, K., 2004. A comparative micromorphological and chemical study of "Raseneisenstein" (bog iron ore) and "Ortstein." *Geoderma* 121, 83–94.

<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2003.10.005>

MARKOVIĆ, S., Hrvatske mineralne sirovine , Institut za geološka istraživanja, Zagreb 2002.

PAŠALIĆ E., 1954, O antičkom rudarstvu u Bosni i Hercegovini, Glasnik Zemaljskog muzeja u Sarajevu, Arheologija, n.s..sv.IX, Sarajevo, 47-75.

PRAVIDUR A., 2011, Prilog poznavanju metalurških središta željeznodobnih naselja srednje

Bosne u svjetlu novih istraživanja – primjer autohtone i primarne metalurgije željeza u naselju, *Histria Antiqua*, 20,

155-167.

PAYNTER, S., 2006. Regional variations in bloomery smelting slag of the iron age and

Roman-British periods. *Archaeometry* . 48, 271–292.

RAMANADOU, E.R., WELLS, M.A., 2014. Sedimentary Hosted Iron Ores, in: Treatise on Geochemistry. Elsevier, pp. 313–355.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-095975-7.01115-3> SEKELJ IVANČAN, T., 2009a, Lokalitet: Volarski breg, Naselje: Virje, Hrvatski arheološki godišnjak 5/2008 Zagreb 2009: 188-191.

SEKELJ IVANČAN, T., 2009b, Arheološka istraživanja ranosrednjovjekovne radionice za preradu željezne rudačne na lokalitetu Virje-Volarski breg, *Anali Instituta za arheologiju* V, Zagreb 2009, 65-70.

SEKELJ IVANČAN, T., 2010a, Talionička djelatnost u okolini Molva u ranom srednjem vijeku, *Zbornik radova sa znanstvenog skupa Molve – ljudi, selo i okoliš u dugom trajanju (1658.-2008.) u povodu 350-te obljetnice osnivanja današnjeg sela Molve*, Molve 2010, 30-45.

- SEKELJ IVANČAN, T. 2010b., Talionička djelatnost u okolini Molva u ranom srednjem vijeku, u: *Zbornik radova sa znanstvenog skupa Molve – ljudi, selo i okoliš u dugom trajanju (1658.-2008.) u povodu 350-te obljetnice osnivanja današnjeg sela Molve*, *Bibliotheca Scientiae Molvensis*, knjiga 2, (ur. KOLAR, Mario i PETRIĆ, Hrvoje), Molve, 2010., 34-35, bilj. 2-3
- SEKELJ IVANČAN, T., 2011a, Rezultati istraživanja nalazišta Virje – Volarski breg u 2010. godini, *Anali Instituta za arheologiju* VII, Zagreb 2011, 50-53.
- SEKELJ IVANČAN, T., 2011b, Lokalitet: Volarski breg, Naselje: Virje, Hrvatski arheološki godišnjak 7/2010 Zagreb 2011, 219-221.
- SEKELJ IVANČAN, T., 2011c, Virje – Volarski breg, rani srednji vijek, 8.-9. st. Naselje i talionička djelatnost, u: *Katalog izložbe, Robert Čimin, Zaštita arheologija višeslojnih nalazišta Virje – Volarski breg (2008., 2010) i Delovi – Grede 1 (1982.)*, Koprivnica 2011, 18-21.
- SEKELJ IVANČAN, T., 2013a, Nastavak arheoloških istraživanja na položajima Volarski breg u Sušine kraj Virja u 2012. godini, *Anali Instituta za arheologiju* IX, Zagreb 2013, 48-54.
- SEKELJ IVANČAN, T., 2013b, Lokalitet: Volarski breg, Naselje: Virje, Hrvatski arheološki godišnjak 9/2012, Zagreb 2013.
- SEKELJ IVANČAN, T., 2014a, Četvrta sezona arheoloških istraživanja nalazišta Virje – Volarski breg/Sušine, *Anali Instituta za arheologiju* X, Zagreb 2014, 99-103.
- SEKELJ IVANČAN, T., 2014b, Lokalitet: Volarski breg/Sušine, Naselje: Virje, *Hrvatski arheološki godišnjak* 10/2013, Zagreb 2014.
- SEKELJ IVANČAN, T., 2014c, Pregled dosadašnjih arheoloških istraživanja na lokalitetu Virje – Volarski breg/Sušine, *Podravski zbornik* 40, Koprivnica 2014: 158-166.
- SEKELJ IVANČAN, T., MUŠIĆ, B., 2014d, Geofizika i arheološka istraživanja na nalazištu Virje – talioničkoj radionici iz vremena kasne antike i ranog srednjeg vijeka, Starohrvatska prosvjeta III. ser.- sv. 41, Split 2014, 177-184.
- SEKELJ IVANČAN, T., KARAVIDOVIC, T., 2016a, Tkalački stan iz Virja, *Prilozi Instituta za rehologiju*, Zagreb 2016.
- SEKELJ IVANČAN, T., 2016b, Predindustrijska obrada željeza: pokazatelji talioničke djelatnosti na primjeru arheoloških nalazišta u Podravini, Podravina, Časopis za multidisciplinarna istraživanja, Vol. XV, br. 29, Koprivnica, 118-125.
- SEKELJ IVANČAN, T., VALENT, I., 2017, "Ostaci talioničke radionice na lokalitetu Hlebine – Velike Hlebine", *Anali Instituta za arheologiju* XIII, Zagreb 2017, 73-76.
- SEKELJ IVANČAN, T., 2018, "Nastavak istraživanja talioničke radionice i naselja na lokalitetu Hlebine–Velike Hlebine", *Anali Instituta za arheologiju* XIV, Zagreb 2018, 65-71.
- SEKELJ IVANČAN T., 2018, Eksperimentalno taljenje željezne rude i razgradnja korištene talioničke peći, *Anali Instituta za arheologiju* XIV, Zagreb 2018, 154 – 162.
- SEKELJ IVANČAN, T., MARKOVIĆ, T., 2017., The primary processing of iron in the Drava river basin during the Late Antiquity and the Early Middle Ages - the source of raw materials, Archaeotechnology studies, Raw material exploitation from prehistory to the Middle Ages, Belgrade 2017.
- STANTON, M.R., YAGER, D.B., FEY, D.L., WRIGHT, W.G. 2007, Formation and Geochemical Significance of Iron Bog Deposits, u: U.S. Geological Survey Professional Paper, Izd. 1651/2, Colorado 2007, str. 689 – 721.
- ŠPOLJAR D., 2015, Naseljenost Radobojja i okolnih područja u prapovijesti, *Kaj, Časopis za književnost, umjetnost i kulturu*, 1-2, Zagreb, 89-122.
- TRUJIĆ, V., MITEVSKA, N., Metalurgija gvožđa, RTB – Bor, Institut za bakar Bor, Bor, 2007.
- TYLECOTE, R. F., 1979, A history of metallurgy, The Metals Society, 2nd edition, London, 1979.
- THELEMANN, M., BEBERMEIER, W., HOELZMANN, P., LEHNHARDT, E., 2017. Bog iron ore as a resource for prehistoric iron production in Central Europe — A case study of the Widawa catchment area in eastern Silesia, Poland. *CATENA* 149, 474–490.
- <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.04.002>
- TRAMPUŽ OREL, N., 2012, The beginning of the iron in Slovenia, *Arheološki vestnik* 63, 17-36.
- JOOSTEN C., Technology of Early Historical Iron Production in the Netherlands, *Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies*, Volume 2, Amsterdam 2004.
- MUHAMEDAGIĆ, S., ORUC, M., 2008. Metalurška priprema željezne rude, Conference proceedings: VIII Savjetovanje hemičara i tehnologa Republike Srpske, Banja Luka, BiH