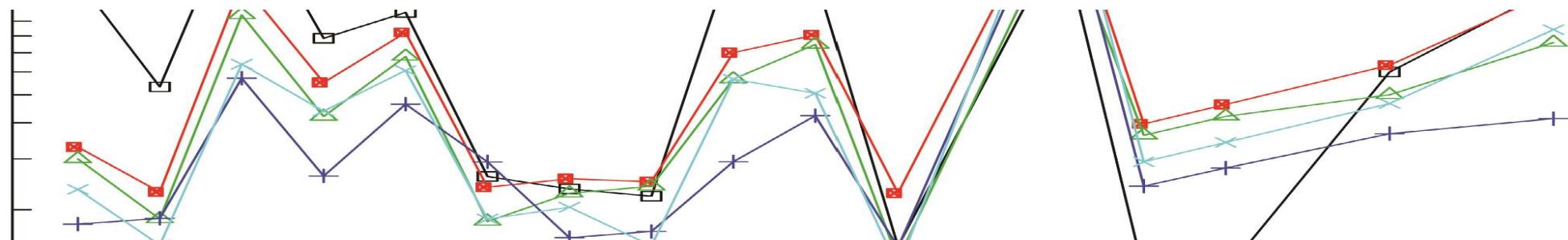


Tajne zanata: talionički recept u ranosrednjovjekovnoj radionici na lokalitetu Virje-Volarski breg



Student: Tena Karavidović

Mentor: dr.sc. Tajana Sekelj Ivančan

IV. Doktorski seminar, Odsjek za arheologiju, Srednjovjekovna arheologija,

29.01.2021.

Virje – Volarski breg (Sonda 1) – 8/9.st

Ostaci talioničkih peći s zgurom *in situ* i otpada nastalog proizvodnjom željeza (4 – 6 peći)



Iskopavanje Virje Volarski
breg, Sonda 1, 2008.
foto:Tajana Sekelj Ivančan

Talioničke peći : rekonstrukcija

Arheološki terenski zapis:

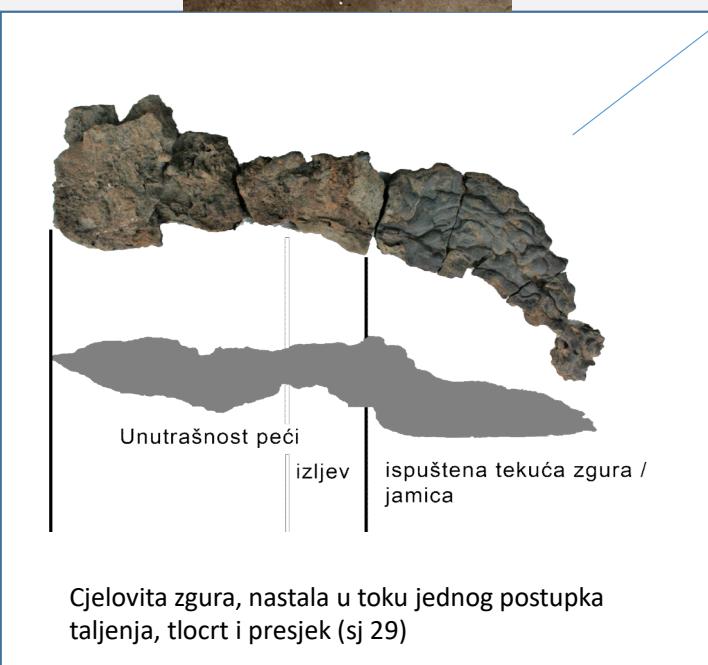
- promjer ognjišta, kanalice izljeva i jame za ispuštenu zguru



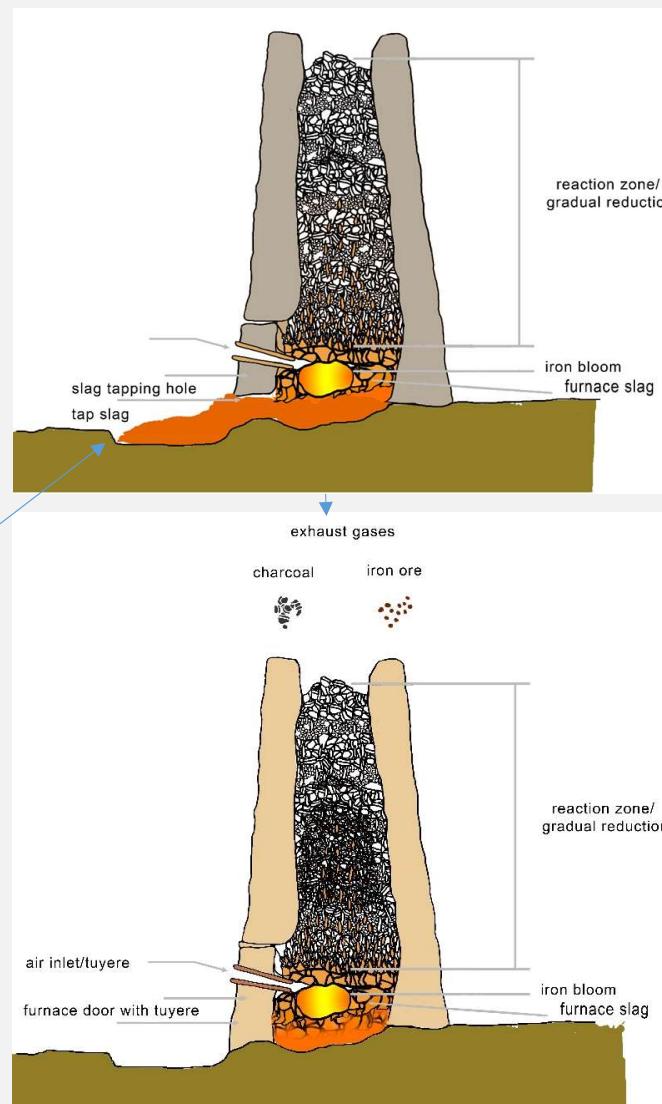
(Virje-Volarski breg,
Sonda 1,
ostaci peći
sj 29)

Makroskopska obrada nalaza:

Zgura: tip i karakteristike zgure
zgure - tip peći, slijed postupka



Tehnička keramika:
stijenke peći i sapnice za upuhivanje zraka – način gradnje, oblik i dimenzije(?) peći, način upuhivanja zraka



Idejna rekonstrukcija peći a) ispuštanje zgure b) u tijekom postupka

Tip/karakteristike peći

- Sve peći istog tipa
- samostojeće peći iz kojih je tekuća zgura ispuštena u toku postupka u plitku jamu, postavljenu ispred i niže od ognjišta (promjer cca 30 cm, nagnuto, plitko - dubina cca 5 cm)
- mogućnost višestrukog korištenja – otvor (vrata) za izvlačenje spužvastog željeza
- prepostavljena visina: 65 – 70 cm
- Debljina stijenki peći 7-10 cm

Količina proizvedenog željeza/postupak

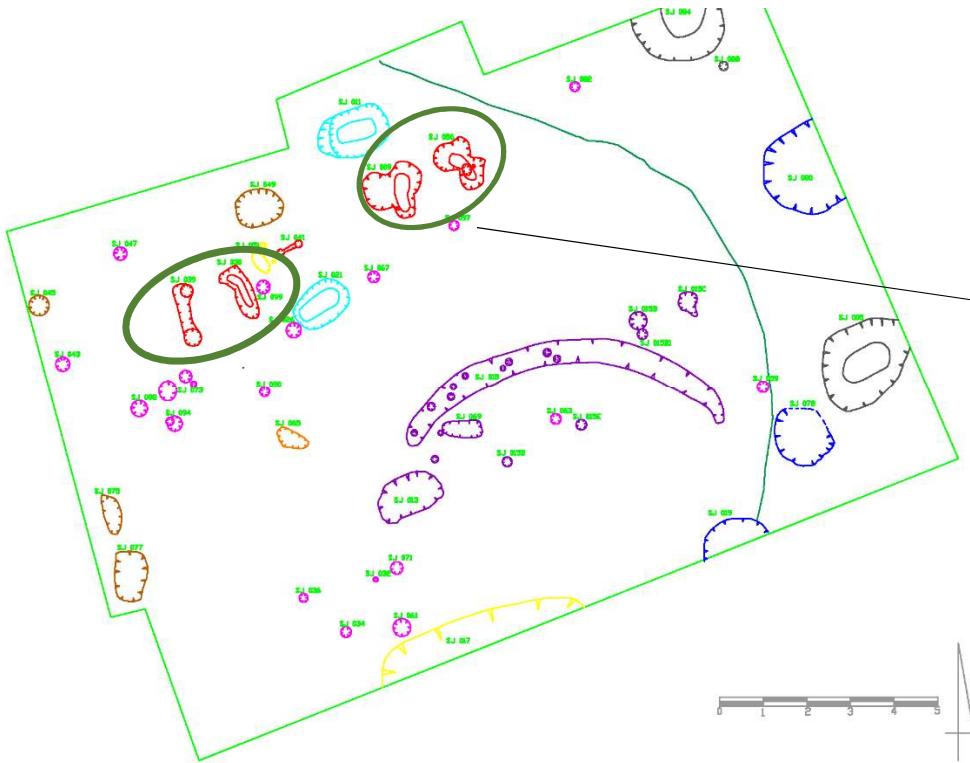
- uspostava modela za izračun ukupne količine proizvedenog sružastog željeza rezultat je eksperimentalnog testiranja taljenja močvarne željezne rude (Koprivnica, 2019, 2020)

VRSTA / TYPE	POSTUPAK / PROCEDURE	MASA / MASS (gram)	
		peć / furnace 1.1.	peć / furnace 1.2.
ruda / ore	ispiranje, prženje, usitnjavanje / washing, roasting, crushing (1.1) ispiranje, sušenje, usitnjavanje / washing, drying, crushing (1.2)	12000	12000
zgura / slag	taljenje / smelting	6506	6557
	kompaktiranje / compacting	350	250
spužvasto željezo / iron bloom	taljenje + kompaktiranje / smelting + compacting	1800	1750 + 400
RELATIVNI OMJER / RELATIVE RATIO		1.7 : 1 : 0.2	1.7 : 1 : 0.3
<i>ruda : zgura : spužvasto željezo ore: slag : iron bloom</i>			

Cjelovita zgura nastala jednim taljenjem sačuvana je u peći 2 i 5.

Tip	Peć 5	Peć 2
Zgura (g)	8455	8444
Ruda (g)	14,373	14,355
Spužvasto željezo (g)	1,689 - 2,537	1,689 - 2,533

Jednaka količina istaljene rude u pojedinačnim postupcima = standardizirana proizvodnja sružastog željeza ?



Prostorni raspored – peći postavljene u parovima, jednako orientirane (2+2)

- analogije – širi europski prostor, najraniji primjeri 6.st (Bellaire III) i 7.st. (Boécourt)- Švicarska; pojavljuju se i u 11 - 13.st. (Kőszegfalva (Mađarska))
(Echenlohr i Sernels 1991; Pelet 1993; Pleiner 2000)



Organizacija rada i ritam korištenja ?

- dvije do četiri skupine talioničara – proizvodna zajednica ?
- Simultano korištenje – stratigrafski odnosi ne ukazuju suprotno
- Prostorna organizacija radnog prostora - organizirana proizvodnja ?

Raspoloživi parametri za analizu – način korištenja peći (tijek i karakteristike postupka sličnosti i razlike u načinu korištenja peći, uporabi sirovina)= **kemijska analiza zgure**

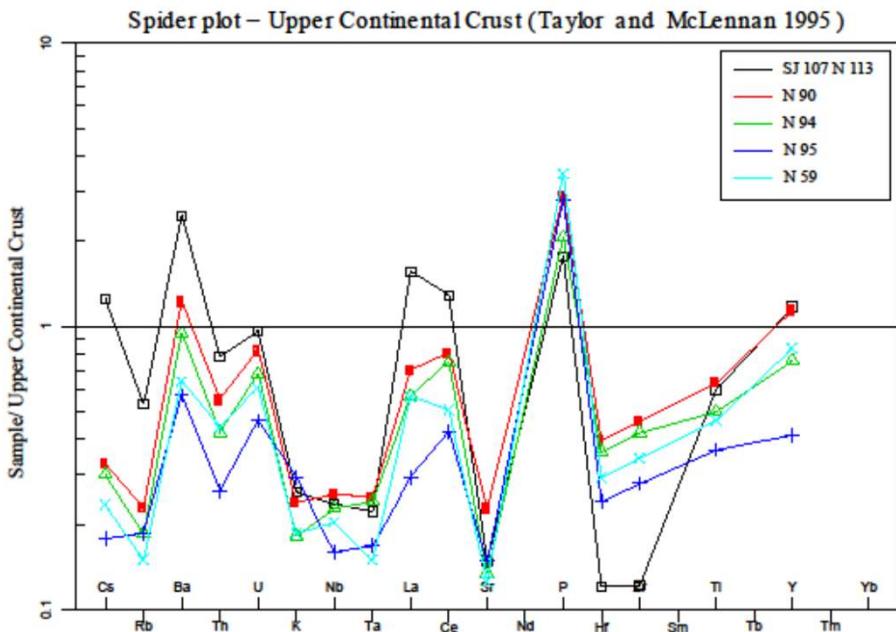
Kemijska analiza uzoraka:

Ciljevi	Metoda analize uzoraka:	Odabir uzoraka
<ul style="list-style-type: none">- Vrsta, izvor i karakteristike sirovine (ruda)- karakteristike postupka taljenja- sličnosti i razlike u proizvodnom postupku (?) i/ili korištenim sirovinama tijekom pojedinačnog postupka usporedba	<p>Kemijska analiza: ICP – MS, induktivno spregnuta plazma s masenom spektrometrijom (Met-Solve Analytical Services, Langley)</p> <p>Analiza podataka: Multivariatne statističke metode (PCA)</p>	<p>Ruda:</p> <ol style="list-style-type: none">1) ruda 8/9. st iz arheološkog konteksta - na lokalitetu nisu pronađeni uzorci rude u arheološkom kontekstu, međutim na položaju Sonde 2, gdje su prepoznate strukture i nalazi koji upućuju na naseobinski kontekst, pronađeno nekoliko uzoraka koji su analizirani2) Geološki uzorci lokalnih ruda, močvarna željezna ruda <p>Zgura</p> <ul style="list-style-type: none">- Višestruki (različit tip) uzorci zgure iz zatvorenih cjelina (pojedinih peći)

IZVOR SIROVINA : RUDA

- Uzorci :

Zgura iz svih peći i ruda pronađena u naseobinskom kontekstu (istovremen i prostorno blizak položaj lokalitet - Virje Volarski breg – Sonda 2b)



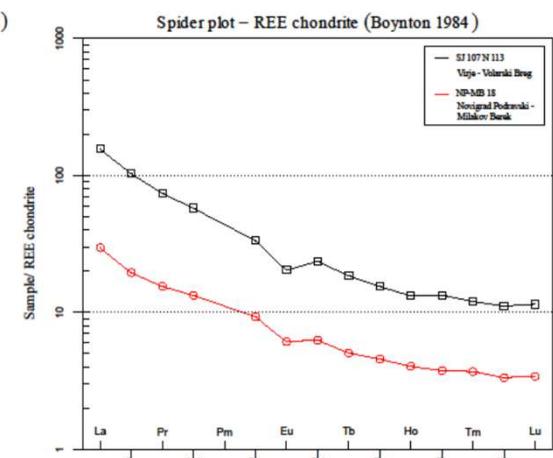
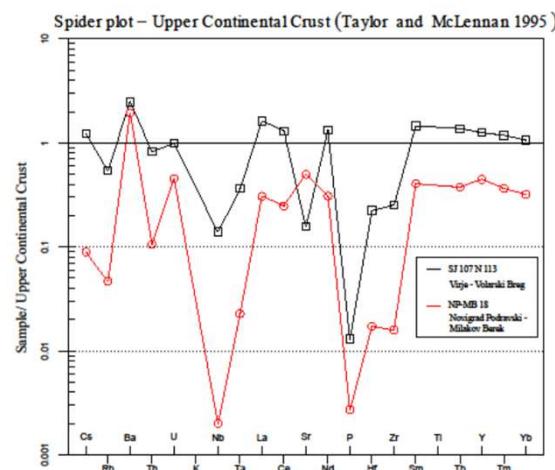
Usporedba zastupljenosti REE:

jednak generalni trend = **SIROVINA ISTOG PORIJEKLA KORIŠTENA ZA PROIZVODNJU SPUŽVASTOG ŽELJEZA u PEĆIMA**

PORIJEKLO RUDE

- Uzorci :

Lokalna ruda pronađena u terenskom pregledu (položaj Novigrad Podravski) i ruda iz arheološkog konteksta 8/9.st (Virje Volarski breg S 2b)



Usporedba zastupljenosti REE:

jednak generalni trend = **JEDNAKI UVJETI PRI FORMACIJI – LOKALNI/REGIONALNI KARAKTER RUDE**

razlike u zastupljenosti pojedinih elemenata upućuju na mikrookolišne razlike pri formaciji rude – objašnjive različitim mikrolokacijom ležišta i/ili vremenom formacije rude. Močvarne željezne rude su obnovljiv resurs, od 7 – 25 godina u pogodnim uvjetima moguća formacija ležišta (Ramandiou i Wells 2014).

OPERATIVNI PARAMETRI /POSTUPAK TALJENJA

(Tijek i način izvođenja postupka taljenja močvarne željezne rude)

Eksperimentalno testiranje predloženje rekonstrukcije – intenzivan utjecaj na uspješnost postupka i karakteristike proizvoda imaju:

Izgled peći:

- Oblik i simetrija peći
- Odnosi - visina postavljanja sapnice/ visina nadzemne konstrukcije/promjer ognjišta/ otvora

Sirovine:

- Razina pripreme rude: pržena/nepržena, veličina grumenja rude/ulomaka ugljena
- Relativni odnos količine ruda/ugljen pri pojedinačnom punjenju peći
- Kvaliteta i sastav rude

Dotok zraka/sagorjevanje ugljena i redukcija

- Količina upuhnutog zraka/vremenski okvir(s)/volumen peći odnosno ritam upuhivanja zraka i sagorjevanja ugljena / zapremnina korištenog mijeha
- Postignute temperature

Vrlo male promjene u načinu izvođenja postupka mogu značajno utjecati na uspješnost postupka.

Operativne parametre potrebno je prilagoditi da bi postupak bio uspješan s obzirom na željeni krajnji proizvod (npr. razina pougljičenja) ali i karakteristike ulaznih sirovina - iskustvo ili usvajanje poznatog sustava

"RECEPT" ZA TALJENJE



Eksperimentalno taljenje željezne rude u rekonstrukciji talioničkih peći s Virja , Koprivnica 2019.

ODABIR UZORAKA : ZGURA IZ POSTUPKA TALJENJA – odraz talioničkog postupka



Zgura ispuštena u jamicu
ispred peći u tijeku postupka



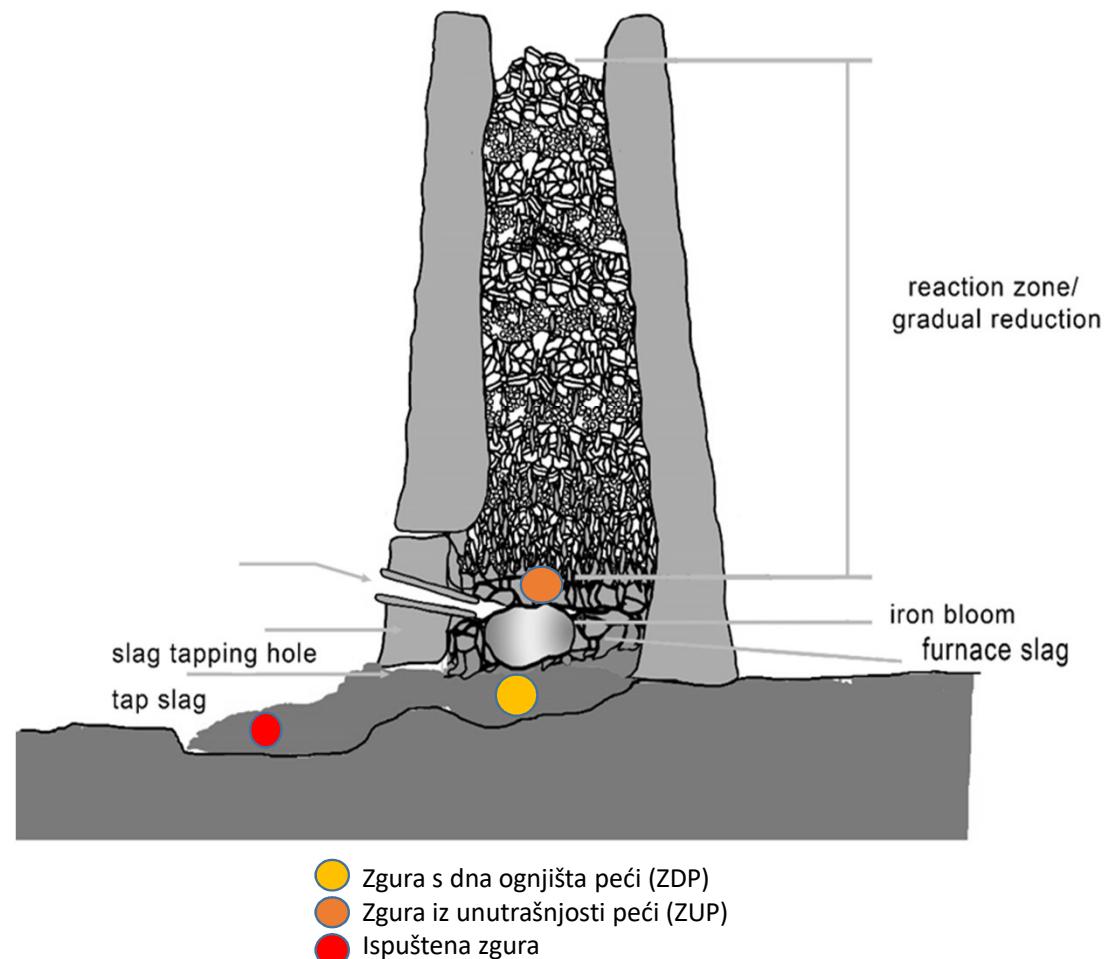
Zgura s dna ognjišta peći –
neposredno ispod mesta
formacije spužvastog
željeza



Zgura iz unutrašnjosti
peći



Položaj zgure u tijeku postupka taljenja – tipovi analiziranih uzoraka



Rezultati kemijske analize/glavni oksidi

ICP – MS (Met-Solve Analytical Services, Langley 2016)

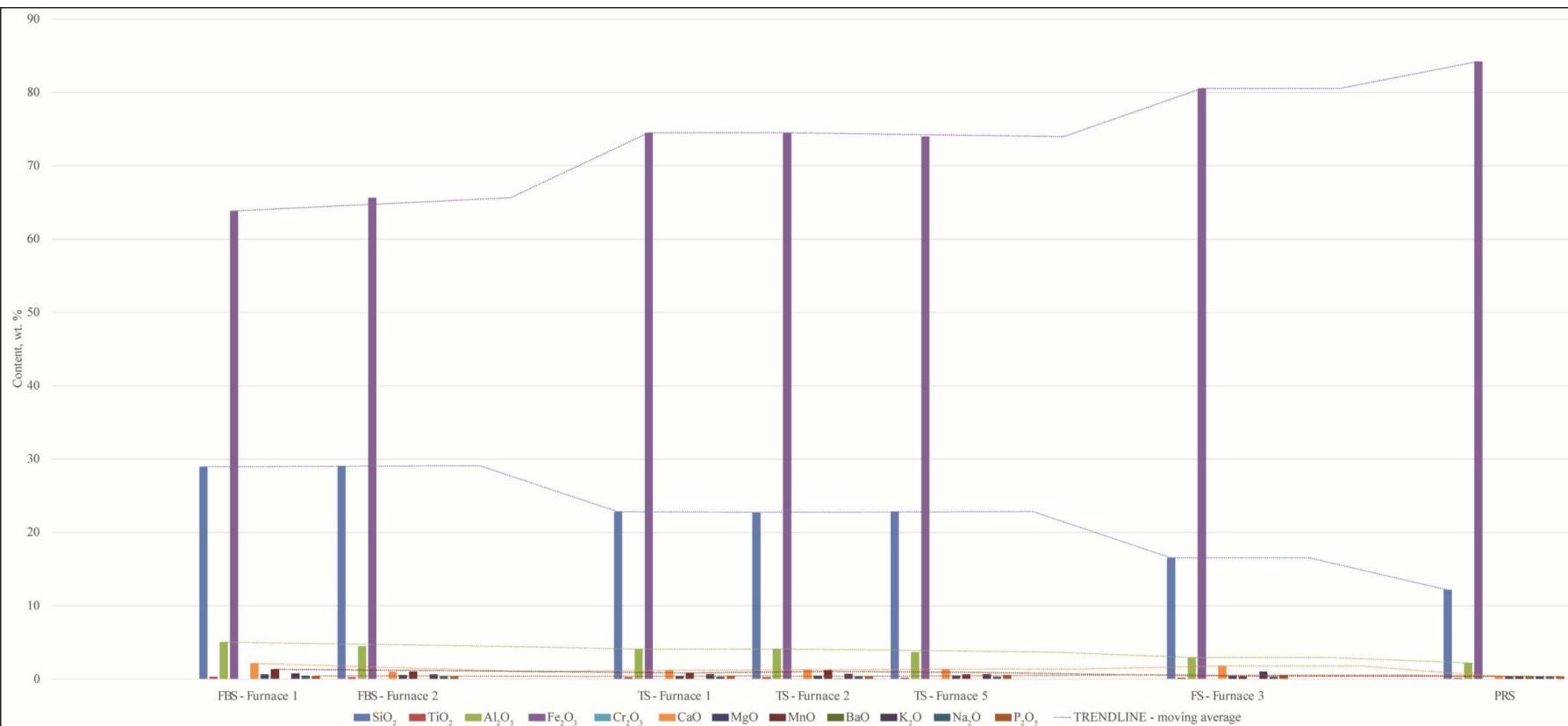
	Br.nalaza	Tip zgure / kontekst	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	BaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅
N90	ZDP– Peć 1		28.96	0.32	5.05	63.85	<0.01	2.15	0.65	1.34	0.07	0.77	0.46	0.45
N94	ZDP – Peć 2		29.1	0.25	4.47	65.64	<0.01	1.01	0.59	1.03	0.06	0.65	0.4	0.38
N67	IZ - Peć 1		22.82	0.25	4.1	74.52	<0.01	1.22	0.44	0.86	0.06	0.69	0.34	0.43
N93	IZ - Peć 2		22.7	0.25	4.13	74.49	<0.01	1.3	0.47	1.24	0.09	0.72	0.4	0.37
N83	IZ - Peć 5		22.85	0.21	3.68	73.97	<0.01	1.39	0.51	0.64	0.04	0.66	0.32	0.58
N95	ZUP - Peć 3		16.54	0.18	2.94	80.56	<0.01	1.79	0.43	0.41	0.04	1.03	0.29	0.53
N22	Zgura iz primarnog kovanja		12.16	0.16	2.22	84.23	<0.01	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35

Kemijski sastav zgure – kompleksan, utjecaj izvorišnih sirovina i okruženja (uvjeti u peći):

- ruda
- ugljen
- sastav stijenki peći

- Atmosferski uvjeti u i izvan peći /primarno razina reduksijskih uvjeta

Većina glavnih elemenata može imati višestruki izvor utjecaja — diskriminacija utjecaja problematična = upotreba multivarijantnih statističkih metoda.

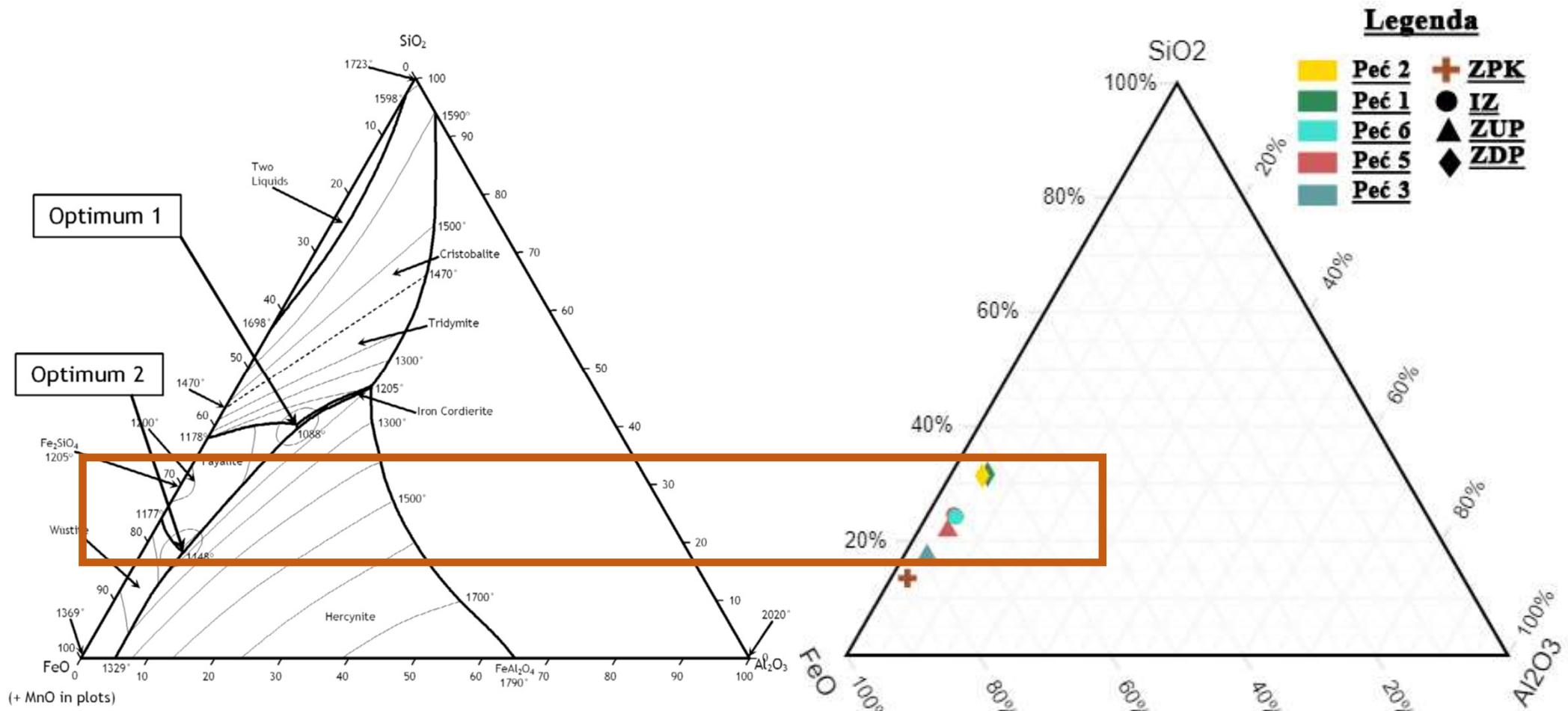


Udio glavnih oksida i trend kretanja prema prosječnim vrijednostima

Jednaki omjeri udjela glavnih oksida u istom tipu zgure bez obzira na pripadnost peći

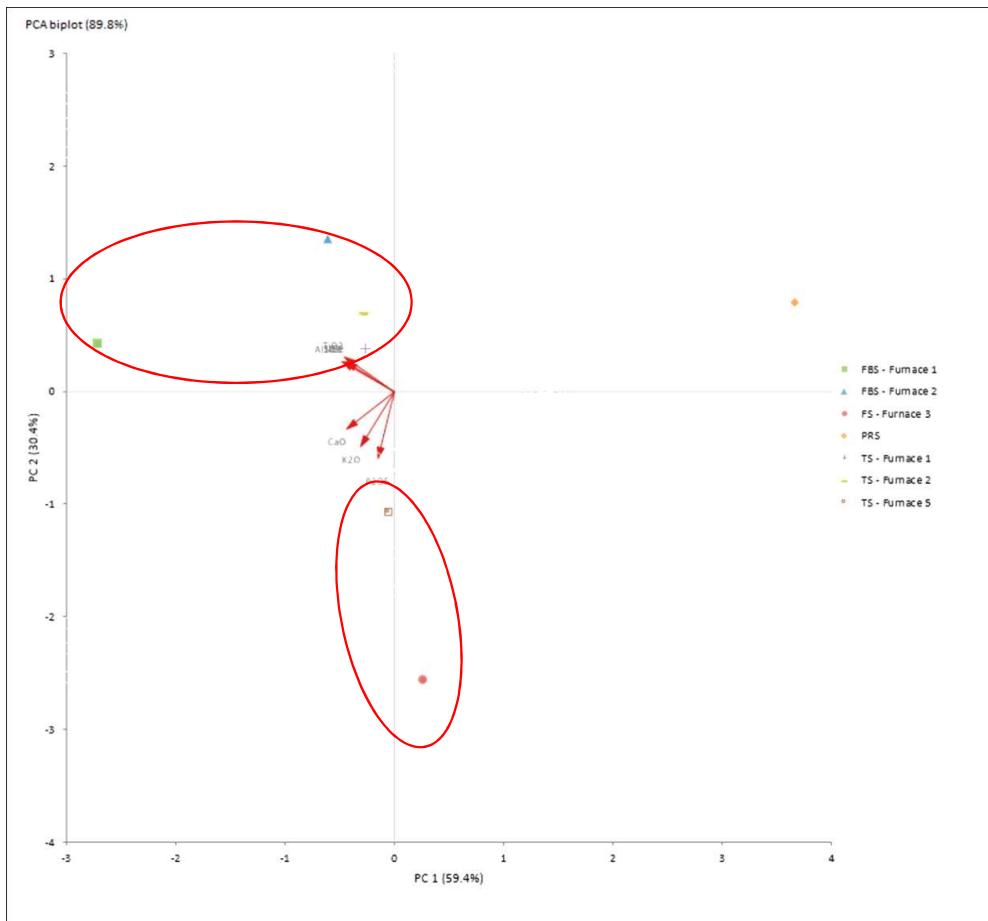
Različiti omjeri udjela glavnih oksida kod različitih tipova zgure iz iste peći. Omjeri pravilni i mjerljivi.

Uvjeti pod kojima je nastala zgura slični u svim pećima – ujednačen postupak odnosno jednaki operativni parametri ? (način izvođenja postupka). Osnovna sirovina sličnog sastava – mogućnost postizanja jednoličnih i pravilnih omjera glavnih oksida u različitom tipu zgure iz iste peći.



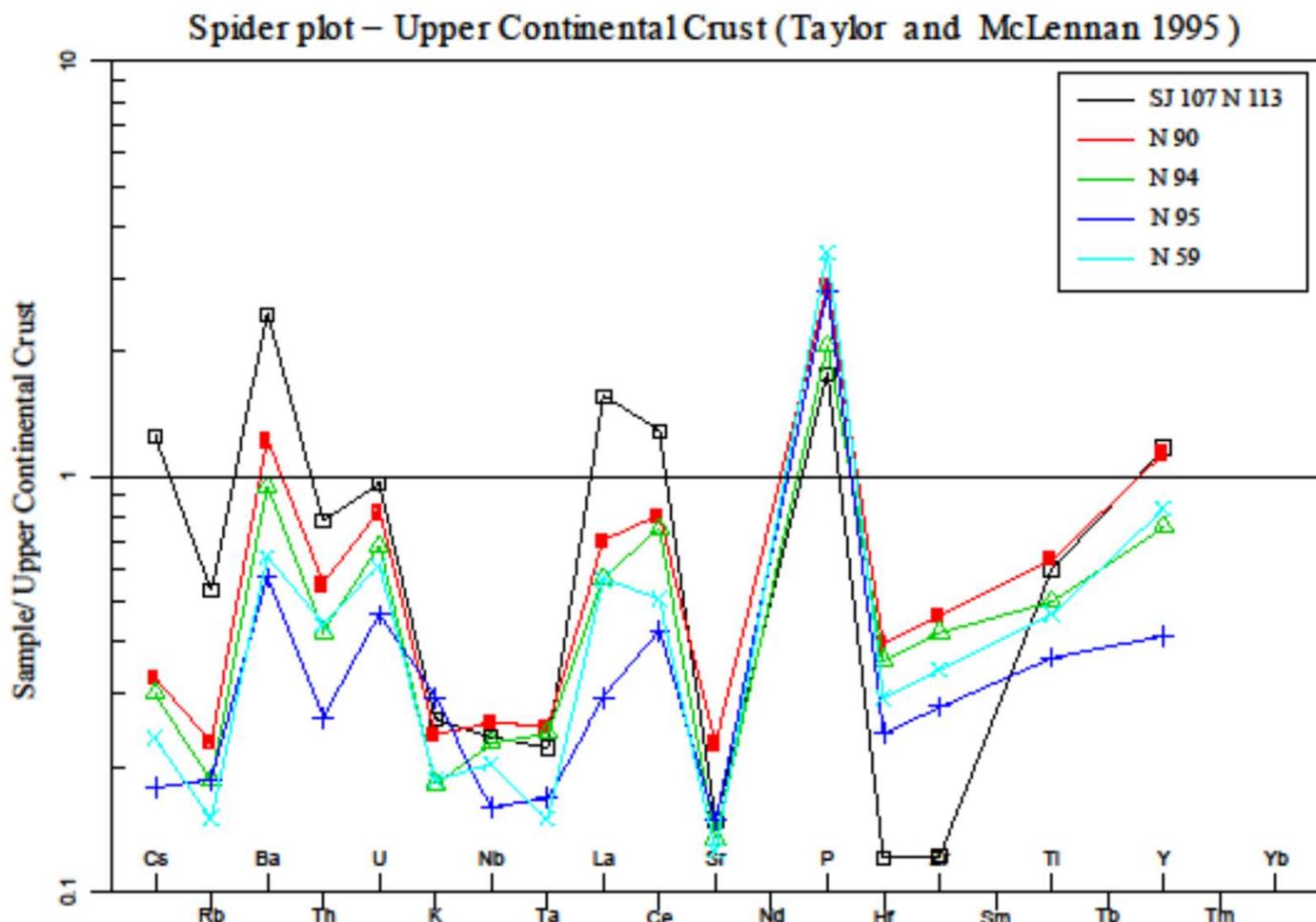
Ternarni dijagram sustava FeO-SiO₂-Al₂O₃, (Rehren et.al. 2007)

Uzorci:
63 – 80 wt% Fe₂O₃(= 59 – 75 wt% FeO)
20 – 29 wt% SiO₂
3-5 wt% of Al₂O₃



	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	FeO	SrO	BaO
ore	☒	☒	☒	☒			☒	☒	☒	☒	☒	☒
clay		☒	☒			☒		☒				☒
fuel ash	☒			☒	☒	☒	☒				☒	

Utjecaj iz sirovina na kemijski sastav zgure (Charlton et.al. 2013)



Usporedba zastupljenosti REE u uzorcima zgure iz svih peći i močvarne željezne rude (sj 107, N113).

Hvala na pažnji !

