



**PRIMENA LESNIH SEDIMENATA U PROIZVODNJI
OPEKARSKIH PROIZVODA**

**THE APPLICATION OF LOESS SEDIMENTS IN THE
BRICK MAKING PLANTS**

Radojević Z.¹, Vasić R.², Arsenović M.³, Vasić M.⁴

Apstrakt

Kvalitet opekarskih sirovina u Srbiji varira u širokom opsegu u pogledu hemikalno-mineraloških, granulometrijskih i keramičko-tehnoloških karakteristika. Opisane sirovine se mogu razvrstati u nekoliko osnovnih tipova i svaki tip ima odgovarajuću prednost i ograničenja u primeni za proizvodnju određenih proizvoda i asortiman. Ovom radu daju se karakteristike lesnih sedimenata. Analiziran je uticaj kvaliteta sedimenata na kvalitet opekarskih proizvoda i na tehnološke parametre proizvodnje.

Ključne reči: opekarske sirovine, lesni sedimenti, opekarski proizvodi

Abstract

The quality of the brick raw materials in Serbia varies due to their mineralogical, grain size characteristics, as well as technological properties. Brick raw materials may be classified in a few main types. For application in production of brick products every main type has some advantages and limits. In this paper characteristics of loess sediments and their influence on production quality of the brick product are presented.

Key words: brick raw materials, loess sediments, brick products

¹ Dr Zagorka Radojević, Institut za ispitivanje materijala a.d., Bulevar vojvode Mišića br.43, 11000 Beograd

² Dr Radomir Vasić, Institut za ispitivanje materijala a.d., Bulevar vojvode Mišića br.43, 11000 Beograd

³ Milica Arsenović, Institut za ispitivanje materijala a.d., Bulevar vojvode Mišića br.43, 11000 Beograd

⁴ Miloš Vasić, Institut za ispitivanje materijala a.d., Bulevar vojvode Mišića br.43, 11000 Beograd

UVOD

Osnovne sirovine za proizvodnju grubo keramičkih proizvoda su gline (genetski raznolike), kao i les, glinci, laporci i drugi nemetalni materijali. Minerali koji ulaze u sastav sirovina pripadaju prema svom hemijskom sastavu grupama silikata, alumosilikata, oksida, karbonata i sulfata. Ciglarske gline pored glinenih minerala sadrže u velikoj meri kvarc, oksid gvožđa, krečnjak, magnezit, dolomit, a i gips.

U našoj industriji još uvek je dominantan mono sirovinski pristup, pa proizvodni pogoni po pravilu koriste sirovinu iz jednog ležišta za ceo proizvodni asortiman, pri čemu kvalitet tokom vremena često i varira. Povećava se ipak broj pogona koji prihvataju poli sirovinski pristup - kombinacije različitih primarnih ili primarnih i sekundarnih sirovina [1].

LESNI SEDIMENTI

Lesne naslage su karakteristični relativno mladi sedimenti kvartarne periode odlagani pod dejstvom vetra tokom glacijalnih epoha pleistocena. One se odavno koriste kao sirovina u proizvodnji opeka, te su poznate i pod nazivom-ciglarska zemlja. Veoma su rasprostranjene u Vojvodini gde čine podlogu plodnom zemljištu-černozemu. U Vojvodini trenutno postoji 98 aktivnih ciglana. Veliki broj ovih ciglana kao svoju sirovinsku bazu koristi upravo les i lesoidne gline. Pored većih proizvođača opekarskih proizvoda, tu su i ciglane sa malim obimom proizvodnje (2-8 miliona komada cigle NF godišnje) i čijim je proizvodnim programom obuhvaćena uglavnom puna cigla. U ovom radu biće prezentovane geološke karakteristike lesnih sedimenata, kao i tehnološke karakteristike od značaja za proizvodnju opekarskih proizvoda.

Geološke karakteristike lesnih sedimenata

Na severu naše zemlje u Vojvodini najrasprostranjeniji su lesni sedimenti. To su mladi sedimenti nastali u kvartaru. Nastanak lesa počinje tokom srednjeg pleistocena o završava se krajem pleistocena i u ranom holocenu (različiti su stavovi autora) [2].

Kopneni les stvaran je u hladnim i suvim stepama, u predelima pokrivenog travom, bez šume. To je tipični eolski sediment. Pored kopnenog lesa u Vojvodini se javlja i barski les, nastao taloženjem prašine u akvatično barskim sedimentima. Za te vrste sedimenata koristi se i termin lesoid ili lesoidna glina.

Les je masivna sedimentna stena. Boje je žute do žuto mrke boje. Sastoji se od alevrolita, gline i sitnog peska. Udeo pojedinih komponenti u lesu je promenljiv u zavisnosti od dužine transporta komponenti pre deponovanja.

Najzastupljenija je alevrolitska komponenta (do 80%). Mineraloški sastav obuhvata minerale glina, kvarc i kalcijum karbonat koji može da bude fino dispergovan ili u obliku lesnih konkrecija, lesnih lutkica koje su obično vezane za posebne slojeve lesa, obično u nižim delovima.

Les se taložio u hladnim periodima pleistocena (glacijacija). U toplijim periodima kada je dolazilo do prekida deponovanja lesnih sedimenata (interglacijacija) dolazi do promena u već taloženom lesnom materijalu, do njegove dekarbonifikacije i stvaranja tzv. fosilnog zemljišta. Ova vrsta sedimenata naziva se pogrebena zemlja. Broj slojeva pogrebene zemlje ukazuje na to koliko je bilo prekida u deponovanju i stvaranju lesnog sedimenta.

Pogrebena zemlja sadrži dosta minerala glina, kompaktna je i crvene je do mrke boje. Ona u opekarskoj industriji poboljšava kvalitet sirovine, jer sa sobom nosi minerale glina koje povećavaju plastičnost sirovine.

Kopneni les se javlja u Vojvodini u vidu lesnih platoa i kao padinski les. Padinski les se javlja u predelima sa izraženim brežuljkastim reljefom. U sebi sadrži dosta primesa lokalnog materijala (deluvijumi, klizišta) [3].

Tehnološke karakteristike lesnih sedimenata

Les (kako kopneni tako i barski) se u Vojvodini najviše koristi u opekarskoj industriji, te se stoga svrstava u opekarske sirovone ako je u suštini to alevrolit. Koristi se pretežno za izradu pune cigle. U ciglanama u čijim majdanima se pojavljuje više slojeva pogrebene zemlje koristi se i za izradu šupljih proizvoda (giter bloka, punioca i sl.) Barski les, zbog povećanog sadržaja minerala glina koristi se za izradu šupljih opekarskih proizvoda i crepa.

Da bi se preciznije definisale tehnološke karakteristike lesnih sedimenata neophodno je poznavati njihov osnovni hemijski, mineraloški i granulometrijski sastav. U radu se daju karakteristike lesnih sedimenata sa tri lokacije (Telečka - Kula, MBC - Stara Pazova i Ciglana - Uzdin) koje odslikavaju sličnosti i razlike [4], [5] i [6].

Tabela 1. Hemijski sastav lesnih sedimenata

Oksidi	Telečka - Kula	MBC - Stara Pazova	Ciglana - Uzdin
Oksidi	Maseni %	Maseni %	Maseni %
SiO ₂	50,84	50,87	50,73
Al ₂ O ₃	14,09	15,21	15,25
TiO ₂	0,44	0,20	0,30
MnO	0,09	0,06	0,06
Fe ₂ O ₃	3,92	5,80	3,00
MgO	2,23	2,27	3,21
CaO	11,07	9,14	10,81
Na ₂ O	0,98	1,10	1,10
K ₂ O	1,50	1,65	1,58
CO ₂	8,20	6,01	6,61
SO ₃	0,06	0,07	0,04
organ.mater.	0,19	0,16	0,08
H ₂ O na 110	1,95	2,58	1,97
H ₂ O na 1000	4,37	5,15	5,74

Tabela 2. Granulometrijska analiza lesnih sedimenata

	Telečka - Kula	MBC - Stara Pazova	Ciglana - Uzdin
Fracije	(%)	(%)	(%)
Pesak (>50µm)	8,36	10,67	12,26
Alevrit (5-50µm)	80,13	65,77	70,33
Glina (<5µm)	11,51	23,56	17,41

Mineraloški sastav lesa sa tri navedena ležišta je gotovo identičan: kvarc, feldspat, kalcit, dolomit, ilit i hlorit. U uzorku lesa iz MBC - Stara Pazova registrovano je malo i smektita.

Radi definisanja ponašanja lesnih sedimenata u tehnološkom procesu proizvodnje opekarskih proizvoda, bitno je definisati osnovne keramičko-tehnološke karakteristike koje obuhvataju: svojstva sirovine posle prerade, homogenizacije i oblikovanja, ponašanje sirovine u procesu sušenja i karakteristike suvih proizvoda i ponašanje sirovine u procesu pečenja i karakteristike pečenih proizvoda. Za lesne sedimente sa tri karakteristična ležišta daju se keramičko-tehnološke karakteristike u tabelama 3., 4. i 5.

Tabela 3. Svojstva sirovine posle prerade, homogenizacije i oblikovanja

	Telečka - Kula	MBC - Stara Pazova	Ciglana - Uzdin
Ostatak na situ od 63 μ m (%)	3,7	5,2	4,0
Srednji sadržaj karbonata (%)	22,8	13,2	14,0
Vlažnost pri oblikovanju (%)	22,8	23,9	20,0
Indeks plastičnosti po Pfefferkomu	24,6	30,0	25,6
Kriterijum plastičnosti	Umereno plastična	Dobro ka visoko plastična	Dobro plastična

Tabela 4. Ponašanje sirovine u procesu sušenja i karakteristike suvih proizvoda

		Telečka-Kula	MBC-Stara Pazova	Ciglana-Uzdin
Skupljanje pri sušenju (%)		Oko 4%	6,42	4,15
Bigot kriva	Skupljanje kod Kt (%)	3,97	5,89	4,05
	Gubitak vode kod Kt (%)	6,96	8,73	6,92
	Osetljivost u sušenju	Slabo osetljiva	Osetljiva	Slabo osetljiva
Zapreminska masa (g/cm ³)		1,80	2,02	1,99
Pritisna čvrstoća (MPa)	Kocka	5,03	12,60	10,65
	Šuplji blok	3,38	7,32	5,73

Tabela 5. Ponašanje sirovine u procesu pečenja i karakteristike pečenih proizvoda

		Telečka - Kula		MBC - Stara Pazova		Ciglana - Uzdin	
Gubitak mase pri pečenju (%)	1000 ^o C	13,75	900 ^o C	12,40	900 ^o C	12,53	
	1050 ^o C	13,79	950 ^o C	12,43	950 ^o C	12,63	
	1100 ^o C	13,79	1000 ^o C	12,48	1000 ^o C	12,74	
Skupljanje pri pečenju (%)	1000 ^o C	-0,33	900 ^o C	-0,02	900 ^o C	0,02	
	1050 ^o C	-0,23	950 ^o C	-0,08	950 ^o C	-0,05	
	1100 ^o C	0,35	1000 ^o C	-0,10	1000 ^o C	-0,16	
Upijanje vode (%)	1000 ^o C	23,09	900 ^o C	18,59	900 ^o C	20,02	
	1050 ^o C	22,63	950 ^o C	18,12	950 ^o C	19,72	
	1100 ^o C	20,54	1000 ^o C	17,81	1000 ^o C	19,09	
Pritisna čvrstoća – kocka (Mpa)	1000 ^o C	17,41	900 ^o C	43,40	900 ^o C	33,59	
	1050 ^o C	21,77	950 ^o C	56,60	950 ^o C	41,42	
	1100 ^o C	40,89	1000 ^o C	60,94	1000 ^o C	41,51	
Pritisna čvrstoća – blok (Mpa)	1000 ^o C	10,53	900 ^o C	28,60	900 ^o C	18,35	
	1050 ^o C	12,01	950 ^o C	30,30	950 ^o C	19,74	
	1100 ^o C	15,83	1000 ^o C	31,04	1000 ^o C	23,02	
Zapreminska masa (g/cm ³)	1000 ^o C	1,58	900 ^o C	1,76	900 ^o C	1,73	
	1050 ^o C	1,58	950 ^o C	1,76	950 ^o C	1,73	
	1100 ^o C	1,60	1000 ^o C	1,76	1000 ^o C	1,72	
Boja	1000 ^o C	Sc	900 ^o C	C	900 ^o C	Sc	
	1050 ^o C	Sr	950 ^o C	C	950 ^o C	Sc	
	1100 ^o C	Ž	1000 ^o C	C	1000 ^o C	Sc	
Dejstvo kreča	1000 ^o C	+	900 ^o C	++++	900 ^o C	+	
	1050 ^o C	-	950 ^o C	++++	950 ^o C	+	
	1100 ^o C	-	1000 ^o C	+	1000 ^o C	+	

Legenda: Boje pečenih proizvoda: C-crvena, Sc-svetlo crvena, Sr-svetlo roze, Ž-žuta

KVALITET PROIZVODA I TEHNOLOŠKI PARAMETRI PROIZVODNJE OPEKARSKIH PROIZVODA NA BAZI LESNIH SEDIMENATA

Postojanje tradicije proizvodnje opekarskih proizvoda od lesnih sedimenata, ukazuje na povoljne osobine lesa, koje ga opredeljuju za ovu vrstu proizvoda. Gotovo celokupna proizvodnja pune opeke kod nas bazira na lesu. Povoljan granulometrijski sastav, nisko skupljanje i osetljivost u sušenju, a i u pečenju znano olakšavaju proizvodnju. Ovo se posebno odnosi na male pogone na niskom nivou tehnologije i opreme.

Na bazi lesa mogu se proizvoditi i fasadne opeke, najčešće žute boje, ali pečenjem na relativno visokim temperaturama pečenja ($1100 - 1150^{\circ}\text{C}$). U radu su navedena svojstva lesa sa ležišta IGM Telečka-Kula za proizvodnju fasadne opeke.

Les u znatnoj količini sadrži karbonate (kalcit i u manjoj meri dolomit), čak i do 35%. Ako su karbonati fino disperzni i uniformno raspoređeni oni ne predstavljaju problem i u procesu pečenja reaguju sa mineralima glina, hloritom, liskunima i formiraju kalcijum silikate uz povećanje mehaničkih karakteristika crepa. Kalcit prisutan u lesu značajno smanjuje skupljanje tokom pečenja i utiče na smanjenje gustine mase, tako da povećava poroznost i apsorpciju vode gotovih proizvoda. Prisustvo karbonata u lesu u obliku krupnijih konkreција i lesnih lutkica je česta pojava. Takva sirovina nije pogodna za primenu ili zahteva posebnu liniju prerade sa prečištačem i mlevenjem u više stupnjeva na granulaciju uspod 0,5 mm. Krupne čestice u masi lesa posle pečenja ostaju u obliku CaO. Usled hidratacije pri prelasku CaO u $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dolazi do porasta zapremine. Vezivanjem CO_2 iz vazduha, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ prelazi u karbonat, a novoformirani CaCO_3 ima oko tri puta veću zapreminu od polaznog CaO. Usled toga često dolazi do pojave kokičanja proizvoda a čak i do oštećenja proizvoda.

U radu je na primeru sirovine koju koristi IGM MBC-Stara Pazova ilustrovana ova pojava. Sirovina pripada lesnim sedimentima sa nešto većim sadržajem glinovite komponente što daje proizvode dobrih mehaničkih karakteristika, pečenjem na nižim temperaturama. Međutim, stajanjem na vazduhu zbog prisustva krupnijih zrna kreča nastupa destrukcija proizvoda pečenih na temperaturama nižim od 1000°C . Tek proizvodi pečeni na 1000°C delom zbog prevođenja CaO u kalcijum silikat, delom zbog jače formiranih keramičkih veza na višoj temperaturi (visoka vrednost pritiska čvrstoće), ne pokazuju pojavu destrukcije ili pada mehaničkih karakteristika stajanjem proizvoda na vazduhu.

Postoji takođe i znatan uticaj kalcita na boju pečenih proizvoda. Veći sadržaj karbonata ima efekat beljenja kod crveno pečenog crepa. Sa povećanjem temperature pečenja dobijaju se svetlije nijanse: svetlo crvena, roze, krem i žuta boja proizvoda. Znatan uticaj na boju ima i sadržaj gvožđa, ali procesi koji dovode do promena boja još uvek nisu potpuno objašnjeni.

Od lesa se proizvode i šuplji opekarski proizvodi ali su neminovno sa debelim zidovima, velikih masa a samim tim zahtevaju i veću potrošnju energije pri termičkom tretmanu. Racionalna proizvodnja tankostenih opekarskih proizvoda zahteva komponovanje lesa i plastičnijih glina. Isti je slučaj i kod proizvodnje crepa.

Savremena proizvodnja crepa na bazi lesa i lesoidnih glina zahteva modifikovan tehnološki postupak koji obuhvata: selektivni otkop dve ili više tipova sirovina i odvojeno deponovanje, kvantitativno doziranje komponenata na ulazu u process, sušenje, suvo mlevenje sa klasifikacijom čestica, vlaženje i homogenizacija, i danje po klasičnom postupku. Postupkom suvog mlevenja čestice sirovine su samlevene ispod 0,1 mm, što je ispod granice štetnog delovanja uključaka krečnjaka i ostalih štetnih primesa. Takođe kontakt fino samlevenih čestica je znatno bolji i reakcije u čvrstoj fazi pri termičkom tretmanu su intenzivnije.

Proizvodnja olakšanih termoizolacionih opekarskih proizvoda gotovo je nemoguća od lesa, zbog njihove slabe plastičnosti, izuzimajući dodatak jalovine uglja visoke plastičnosti (zaglinjene jalovine).

ZAKLJUČAK

Lesni sedimenti i u perspektivi će biti osnovne sirovine za proizvodnju opekarskih proizvoda u Vojvodini. Savremeni trendovi u ovoj proizvodnji će zahtevati određene optimizacije sirovinskih mešavina u cilju racionalnije proizvodnje.

Literatura

1. Kovačević, V., Radojević, Z., Kostić-Gvozdrenović, (1996), *Kvalitativna ocena osnovnih parametara glinene sirovine za proizvodnju grubo keramičkih proizvoda u Srbiji*, Izgradnja 50, 4, 166-169
2. Grupa autora, (1977), *Geologija Srbije II/3, Stratigrafija, Kenozoik*, Beograd
3. Knežević, S., Simić, V., Nenadić, D., Jovanović, D., (2001), *Lesne naslage srema i njegov značaj u opekarskoj industriji*, Treće međunarodno savetovanje o površinskoj eksploataciji i preradi glina, Ruma
4. Radojević Z. i saradnici, (2002), *Elaborat o oceni kvaliteta opekarske sirovine*, Telečka - Kula, IMS
5. Radojević Z. i saradnici, (2003), *Elaborat o oceni kvaliteta opekarske sirovine*, MBC - Stara Pazova, IMS
6. Radojević Z. i saradnici, (2004), *Elaborat o oceni kvaliteta opekarske sirovine*, Ciglana - Uzdin, IMS