

Tajana Sekelj Ivančan
Institut za arheologiju
Ulica LJ. Gaja 32
HR – 10000 ZAGREB

Izvešće
o sudjelovanju na radionici tehnike taljenja željezne rude
- 9. workshop starého železářství / 9th workshop old ironmongery –

Stará hut', Adamov, Brno (Česka)



Ovo Izvešće napravljeno je za potrebe istraživačkog znanstvenog projekta TransFER kojeg financira Hrvatska zaklada za znanost, a provodi se u Institutu za arheologiju

U Zagrebu, 5. lipnja 2017.g.

Tajana Sekelj Ivančan

Izvješće

o sudjelovanju na radionici tehnike taljenja željezne rude
- **9. workshop starého železářství / 9th workshop old ironmongery** –
održanoj u Stará huť u Adamovu,
u organizaciji Technické muzeum v Brně,
od 24. do 28. svibnja 2017. g.

24. svibnja 2017. g. - srijeda

Na radionici su sudjelovali Ivan M. Hrovatin i Tajana Sekelj Ivančan. Na put smo krenuli u srijedu 24. svibnja te u kasnim večernjim satima stigli u Adamov, mjesto održavanja događanja. U trenutku našeg dolaska odvijalo se taljenje rude u jednoj peći (Peć 2) (sl. 1, 2, 3). Kao rezultat taljenja dobio se komad tzv. spužvastog željeza, *bloom* (sl. 4). Sutradan ujutro (sl. 5) s okolnog se prostora magnetom pokupilo još nešto željeznih komadića koji su frkali tijekom udaranja čekićima po *bloomu* (sl. 6).



Slika 1 - peć 2



Slika 2 – peć 2



Slika 3 – peć 3



Slika 4 – bloom iz peći 2



Slika 5 – peć 2



Slika 6 – Fe iz peć 2

25. svibnja 2017. g. - četvrtak

U ranim jutarnjim satima započelo se s popravcima na pećima br. 1, 3 i 4. Sve su one korištene i tijekom ranijih godina ([sl. 7, 19](#)) za potrebe taljenja tijekom trajanja radionica, a ukupno ih je četiri. Sve četiri nalaze se u nizu, smještene na način da su ukopane u stijenke okolnog uzvišenja ([vidi sliku na naslovnici](#)). Sve su bile istog tipa, tzv. mađarske peći 10. i 11. stoljeća (tip 4 po Gomoriju), s otvorom za „vrata“ na prednjoj strani.

Opis postupka za Peć 1_1, Peć 3 i Peć 4 koje su se ložile taj dan.



Slika 7 - peć 1



Slika 8 - peć 1



Slika 9 – peć 1



Slika 10 – peć 1



Slika 11 – peć 1



Slika 12 – peć 1



Slika 13 – peć 1



Slika 14 – peć 1



Slika 15 – peć 1

Nakon što se reparirala stijenka peći, naročito na prednjoj nezaštićenoj strani i na mjestu kontakta s prirodnim uzvišenjem (sl. 8), popravio se otvor s prednje strane. Potom je uslijedilo sušenje stijenki peći i otvora na način da se zapalilo nekoliko grančica i nešto većih daščica drva u rupi otvora kako bi se stijenke i sam luk otvora brže prosušili (sl. 8, 33). Kad se lijep stijenki dovoljno osušio uslijedilo je zatvaranje otvora peći glinom, tzv. „vrata“ peći. To se gradilo na način da se na hodnu površinu ulaza (u dodiru s tlom) smjestio jedan veći kamen oko kojeg se stavljala glina (sl. 20, 34). Iznad kamena se formiralo mjesto za sapnicu koja je ranije napravljena tako da se glina omotala oko drvenog kolca i prosušila (sl. 9, 10). Peć je bila u potpunosti zatvorena. U konačnici se u središtu „vrata“ nalazila jedna sapnica. Time je peć bila izgrađena. Nekoliko sati nakon toga u ljevkastu ložište peći stavljano je drvo da se zapeče i otvrdne unutrašnja strana stijenke peći. Drvo su činile tanke grane visine veće od samog ljevkastog ložišta, kako bi se sve ravnomjerno moglo prosušiti (sl. 11, 21, 35). Potom se uklonio kamen koji je fingirao mjesto gdje će u budućem taljenju moću oticati troska te je izvađeno drvo oko kojeg je bila omotana glina sapnice. Na mjesto otvora sapnice položen je mijeh kojim se odmah počeo dovoditi zrak u peć jer se ona počela puniti drvenim ugljenom (sl. 12), a otvor za odvod troske ponovno je zatvoren. Drveni se ugljen napunio do samog vrha ljevkaste stijeke peći (sl. 10, 22) i nastavio se puniti do vrha peći tijekom narednog sata s ciljem što jačeg zagrijavanja peći. Tome pomaže i mijeh koji cijelo vrijeme dovodi zrak u ložište. Nakon otprilike jednog sata, započinje se - oko 14 h - peć puniti mješavinom rude (1/2 kg) i drvenog ugljena (1/2 kg) (sl. 23). Ubacivanje takve mješavine ponavlja se dvanaest puta, svaki puta u trenutku kad se na vrhu ljevkastog dijela do tada umetnuta mješavina lagano spusti u peć što se događa uslijed sagorijevanja ugljena. To znači da je u peć umetnuto oko 6 kg rude pomiješane sa 6 kg ugljena. Nakon nekoliko sati, točnije oko 19,30h peći se otvaraju (sl. 13, 24, 25).

Peć 1_1

U peć 1 umetala se ruda **magnetit** iz Želehovice (Češka) (sl. 16). Postojale su tri granulacije ove rude, a u peć je umetana ona najsitnija. Konačan rezultat nije zadovoljavajući. Naime, iz

peći nije izašao dobar komad *blooma* (sl. 14), već se pri udaranju čekićima željezo raspadalo (sl. 15). Taljenje je neuspjelo. Možda zbog premalo zraka dovođenog u ložište peći tijekom samog postupka, što znači da možda nije bila dovoljno visoka temperatura i sagorijevanje rude i ugljena nije bilo provedeno do kraja.



Slika 16 – ruda magnetit u tri granulacije

Peć 3

U peć 3 umetala se ruda **siderit** iz juž. Boca (Slovačka), pržena (gotovo u prahu) (sl. 17). Konačan rezultat nije zadovoljavajući jer nije bilo klasičnog komada spužvastog željeza kao rezultat taljenja i *bloom* se raspadao.



Slika 17 - siderit

Peć 4

U peć 4 umetala se ruda **getit/limonit** iz Olomučany (Blonsko, Češka), pržena i usitnjena, a u peć se stavljala nešto veća granulacija. Veliki, nepravilni komadi poslagani u košaru su komadi nepržene rude (sl. 18). Rezultat postupka taljenja je veći komad *blooma* (sl. 26-27).



Slika 18 – getit/limonit: veća granulacija – nepržena ruda, manja granulacija – pržena ruda



Slika 19 – peć 4



Slika 20 – peć 4



Slika 21 – peći 3 i 4



Slika 22 – peći 3 i 4



Slika 23 – mjerenje količine rude getita



Slika 24 – peč 4



Slika 25 – peč 4



Slika 26 – oblikovanje *blooma* iz peći 4



Slika 27 – *bloom* iz peći 4

Peć 5_1

Tijekom dana popravljala se i peč 5_1, tzv. floralna, samostojeća peč (sl. 28-36). U večernjim satima odvijalo se taljenje. U peč 5_1 umetala se ruda **getit**/limonit iz Olomučany (Blonsko, Češka). Nakon završenog postupka taljenja prikupljeni su uzorci zgure, Fe komadi i ulomci stijenke peći. Uzet je i uzorak pijeska koji se miješao s glinom za izradu stijenke peći (sl. 29), a čini se da su ga umetali i u ložište tijekom taljenja.



Slika 28 – peć 5



Slika 29 – peć 5



Slika 30 – peć 5



Slika 31 – peć 5



Slika 32 – peć 5



Slika 33 – peć 5_1



Slika 34 – peć 5_1



Slika 35 – peć 5_1



Slika 36 – peć 5_1

Tijekom zagrijavanja peći 1_1 i peći 5_1, a naročito tijekom procesa taljenja u njima, ljevkaste stijenke peći su pucale i morale su se tako zagrijane krpati kako ne bi probijala vatra odnosno gubila se željena toplina tijekom samog procesa taljenja (sl. 11, 12, 35, 36).

26. svibnja 2017. g. - petak

Tijekom jutra započelo se s kovanjem *bloom*a u kovačkom ognjištu (sl. 37-40). *Bloom* je produkt taljenja u peći 5_1. Svako malo se komad zagrijava, potom vadi iz ognjišta i stavlja na nakovanj te se lupa po njemu kako bi se izdvojila preostala zgura i formirao komad u neki oblik (sl. 41). Spužvasto se željezo stavlja na dno ognjišta i pokriva drvenim ugljenom (sl. 39). S jedne strane upuhuje se zrak kroz sapnicu kako bi se postigla dovoljno visoka temperatura (sl. 37). Na dnu ognjišta, a ispod sapnice formira se grumen zgure (sl. 42).



Slika 37 – kovačko ognjište



Slika 38 – unutrašnjost kov. ognjišta



Slika 39 – kov.ognjište



Slika 40 – dno kov.ognjišta



Slika 41 – oblikovanje *bloom*a



Slika 42 – zgura iz kov. ognjišta

Postupak taljenja tijekom dana odvija se u peći 1_2, peći 5_2 i peći 6.

Peć 1_2

U peći 1_2 stavlja se ruda **getit**/limonit iz Olomučany (Blonsko, Češka). Ovaj puta postupak taljenja je bio uspješan i kao produkt postupka dobio se *bloom*.

Peć 5_2

Drugo taljenje u ovoj samostojećoj peći nakon reparacije započinje u prijepodnevnim satima. U peć se stavlja ruda **getit**/limonit iz Olomučany (Blonsko, Češka). Prije stavljanja rude, peć se zagrijava tako da se punila samo s drvenim ugljenom. Kad je bila dovoljno zagrijana počela se u ložište stavljati mješavina rude i ugljena – ukupno 15 kg rude i 15 kg ugljena. Nakon što se prestala stavljati ta mješavina i nadalje se peć punila (samo) ugljenom i to otprilike količinski u visini ljevkastog dijela ložišta, i čekalo se da sav ugljen skoro do kraja izgori. Čitavo vrijeme mjehovi su dovodili zrak u unutrašnjost peći – od zagrijavanja pa sve dok ugljen nije gotovo sav izgorio. Tijekom samog postupka taljenja ispuštana je tekuća zgura (sl. 43), a na kraju rušena vrata kako bi se moglo doći do *blooma* (sl. 44). Kao rezultata ovog postupka dobiven je *bloom* težine 3 kg (sl. 45, 46). *Bloom* je dva puta sječen radi provjere kakvoće spužvastog željeza (sl. 47, 48).



Slika 43 – peć 5_2, tekuća zgura Slika 44 – peć 5_2, otvaranje vrata Slika 45 – peć 5_2, vađenje blooma



Slika 46 – peč 5_2, bloom



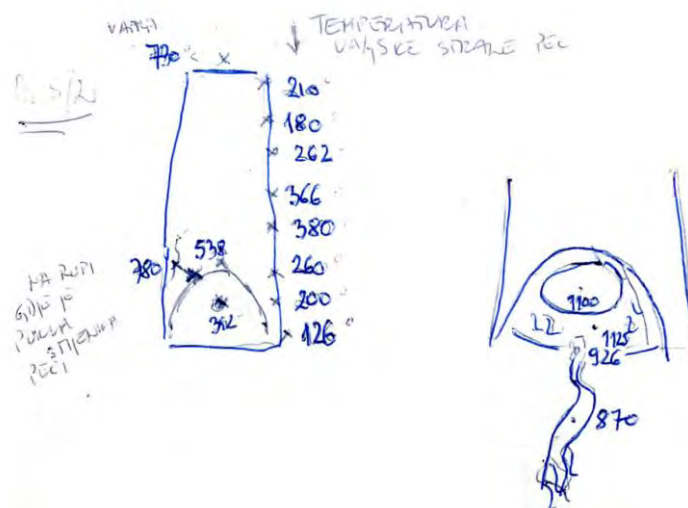
Slika 47 – peč 5_2, zasjek blooma



Slika 48 – peč 5_2

Tijekom taljenja, pri samom kraju postupka, mjerena je temperatura vanjske strane stijenke peći, zatim na gornjem otvoru ljevkastog dijela peći, kod vrata i u unutrašnjosti ložišta pri otvaranju vrata, kao i tekuće zgure (sl. 49).

Rezultati mjerenja (skica):



Slika 49 – visine postignutih temperatura u peći 5_2

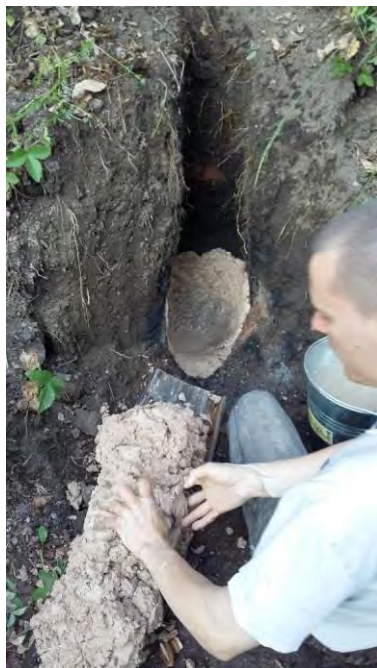
Peć 6_1

Ova je peć jučer reparirana, ustvari ponovno izgrađena nova peć na mjestu gdje se nalazila stara (sl. 50-52). Također je tip peći kojoj su ljevkaste stijenke ukopane u okolno povišeno tlo.

Pri taljenju u ovoj peći ne koristi se mijeh, već ventilator na struju koji kontinuirano i ravnomjerno dovodi zrak u ložište (sl. 55, 56). Važno je naglasiti da se postupak sušenja stijenki peći s drvicima odvijao sinoć i tijekom noći, a ujutro se pristupilo izgradnji vrata i ugradnji sapnice (sl. 53, 54). Pripremljene su tri vreće ugljena za ovaj postupak što je zamjetna količina za jedno taljenja. Oko 11 sati peć je napunjena s drvenim ugljenom te potom mješavinom ruda+ugljen. Sveukupno je taljenje trajalo oko 7 sati, a tijekom taljenja ispuštala se troska tri puta kroz otvor na dnu vrata (sl. 55-57). To je tekuća troska. U konačnici je producirano spužvasto željezo, *bloom* (sl. 58-62).



Slika 50 – peć 6_1



Slika 51 – peć 6_1



Slika 52 – peć 6_1



Slika 53 – peć 6_1



Slika 54 – peć 6_1



Slika 55 – peć 6_1, upuhivanje zraka uz pomoć ventilatora



Slika 56 – peć 6_1



Slika 57 – peć 6_1, ispuštanje tekuće zgure



Slika 58 – peć 6_1



Slika 59 – peć 6_1, vađenje *blooma*



Slika 60 – peć 6_1, oblikovanje *blooma*



Slika 61 – peć 6_1, *bloom*

27. svibnja 2017. g. - subota

Nakon što su tijekom jučerašnjeg popodneva pripremljene tri vreće ugljena, usitnjenog preko rešetke (sl. 62), te napravljene dvije sapnice (sl. 63), pristupilo se taljenju u peći 5_3. Proces se odvijao pod nadzorom Ivana Marije Hrovatina i Tajane Sekelj Ivančan. Čitav postupak započeo je u 9 sati ujutro repariranjem ranije korištene peći.



Slika 62 – usitnjavanje drvenog ugljena



Slika 63 – izrada keramičkih sapnica

Peć 5_3

Najprije je sama peć kao i okolni prostor dobro očišćen i fotografiran (sl. 64). Zatim se pristupilo krpanju pukotina na ljevkastim stijenkama peći, ali ne čistom kaolinskom glinom već glinovitom smeđom zemljom koja se, pomiješana s vodom, pokazala kao bolja smjesa za punjenje vanjskih pukotina nastalih prilikom ranijih paljenja. Kako je peć bila već dosta oštećena, zaključeno je da bi bilo dobro da ju obložimo i s unutarnje strane istom smjesom. Ta obloga napravljena je u donjem dijelu ložišta peći gdje se stvara najviša temperatura, te otprilike do pola ljevkaste stijenke, dok su u gornjem dijelu stijenki, istom smjesom ispunjene sve pukotine (sl. 65, 66, 67). Oko 11 sati repariranje i popravak su bili završeni te se pristupilo paljenju vatre na dnu ložišta kako bi se stijenke dobro prosušile. Gotovo u isto vrijeme (zbog termina svih događanja tog dana koji su trebali biti završeni u 17 sati) stavljane su i dugačke šibe u ljevkasti dio peći kako bi se i gornji dio stijenke peći dobro osušio (sl. 68).



Slika 64 – peć 5_3



Slika 65 – peć 5_3



Slika 66 – peć 5_3



Slika 67 – peć 5_3



Slika 68 – peć 5_3



Slika 69 – peć 5_3



Slika 70 – peć 5_3



Slika 71 – peć 5_3



Slika 72 – peć 5_3



Slika 73 – peć 5_3, mjerenje temperature taljenja

Nakon nekog vremena pristupilo se izgradnji vrata na način da je u sredini, na dno ložišta peći s vanjske strane postavljen komad cigle oko kojeg se mazala glina. Taj, budući otvor, je za odvod tekuće zgure (sl. 74). Iznad cigle, negdje u središtu budućih vrata, ugrađena je sapnica (sl. 69). Gradnja vrata odvijala se tijekom sagorijevanja dugačkih šiba i sušenja stijenki (sl. 70). U 12,30 započelo se s punjenjem peći drvenim ugljenom, a otvor za zguru bio je cijelo vrijeme zatvoren (sl. 71, 72). Oko 12,40 peć je bila napunjena do vrha s ugljenom koji je samostalno izgarao i zagrijavao peć. To bi trebalo trajati najmanje oko sat vremena, ali zbog kratkoće vremena koje smo imali na raspolaganju, prva mješavina rude i ugljena stavljena je u 13,01 sati. Stavljala se ruda **getit**/limonit iz Olomučany (Blonsko, Češka). Omjeri su u ovom postupku bili nešto izmijenjeni:

13,01 h – $\frac{1}{2}$ kg ugljena + $\frac{3}{4}$ kg rude
 13,13 h – $\frac{1}{2}$ kg ugljena + $\frac{3}{4}$ kg rude
 13,22 h – $\frac{1}{2}$ kg ugljena + $\frac{3}{4}$ kg rude
 13,38 h – $\frac{1}{2}$ kg ugljena + $\frac{3}{4}$ kg rude
 13,46 h – $\frac{1}{2}$ kg ugljena + $\frac{3}{4}$ kg rude
 13,58 h – $\frac{1}{2}$ kg ugljena + $\frac{3}{4}$ kg rude
 14,11 h – $\frac{1}{2}$ kg ugljena + $\frac{3}{4}$ kg rude
 14,25 h – $\frac{1}{2}$ kg ugljena + $\frac{3}{4}$ kg rude
 14,36 h – $\frac{1}{2}$ kg ugljena + $\frac{3}{4}$ kg rude
 14,50 h – $\frac{1}{2}$ kg ugljena + $\frac{3}{4}$ kg rude
 15,03 h – $\frac{1}{2}$ kg ugljena + $\frac{3}{4}$ kg rude
 15,19 h – $\frac{1}{2}$ kg ugljena + $\frac{3}{4}$ kg rude
 15,38 h – $\frac{1}{2}$ kg ugljena + $\frac{3}{4}$ kg rude
 15,48 h – $\frac{1}{2}$ kg ugljena + $\frac{1}{4}$ kg rude

Ukupno je umetnuto 10 kg rude i 7 kg drvenog ugljena. U tom trenutku izmjerena je temperatura u ložištu peći oko 900°C (sl. 73). Nakon toga, otprilike jedan sat umetan je samo drveni ugljen. Peć se otvara u 17h. Tijekom otvaranja peći mjerena je temperatura: kroz sapnicu, u središte ložišta peći gdje je iznosila oko 1300°C; kroz otvor nakon otvaranja gdje je iznosila 1100°C, dok je zgura koja je istekla kroz rupu odvoda imala temperaturu 800°C.



Slika 74 – peć 5_3, otvaranje vrata

Slika 75 – peć 5_3

Slika 76 – peć 5_3, vađenje bloom



Slika 77 – peć 5_3, bloom



Slika 78 – peć 5_3



Slika 79 – peć 5_3, bloom

Kao rezultat postupka dobiven je *bloom* težine oko 2 kg i 150 g, ali nije se dovoljno lupao čekićima da se ne bi potpuno rasipao (polovičan uspjeh, možda zbog preranog otvaranja peći kada još nije sve dovoljno sagorjelo) (sl. 74-79).

Iz ovog postupka uzeti su uzorci rude, tekuće zgure i spužvastog željeza, *blooma* (sl. 80).



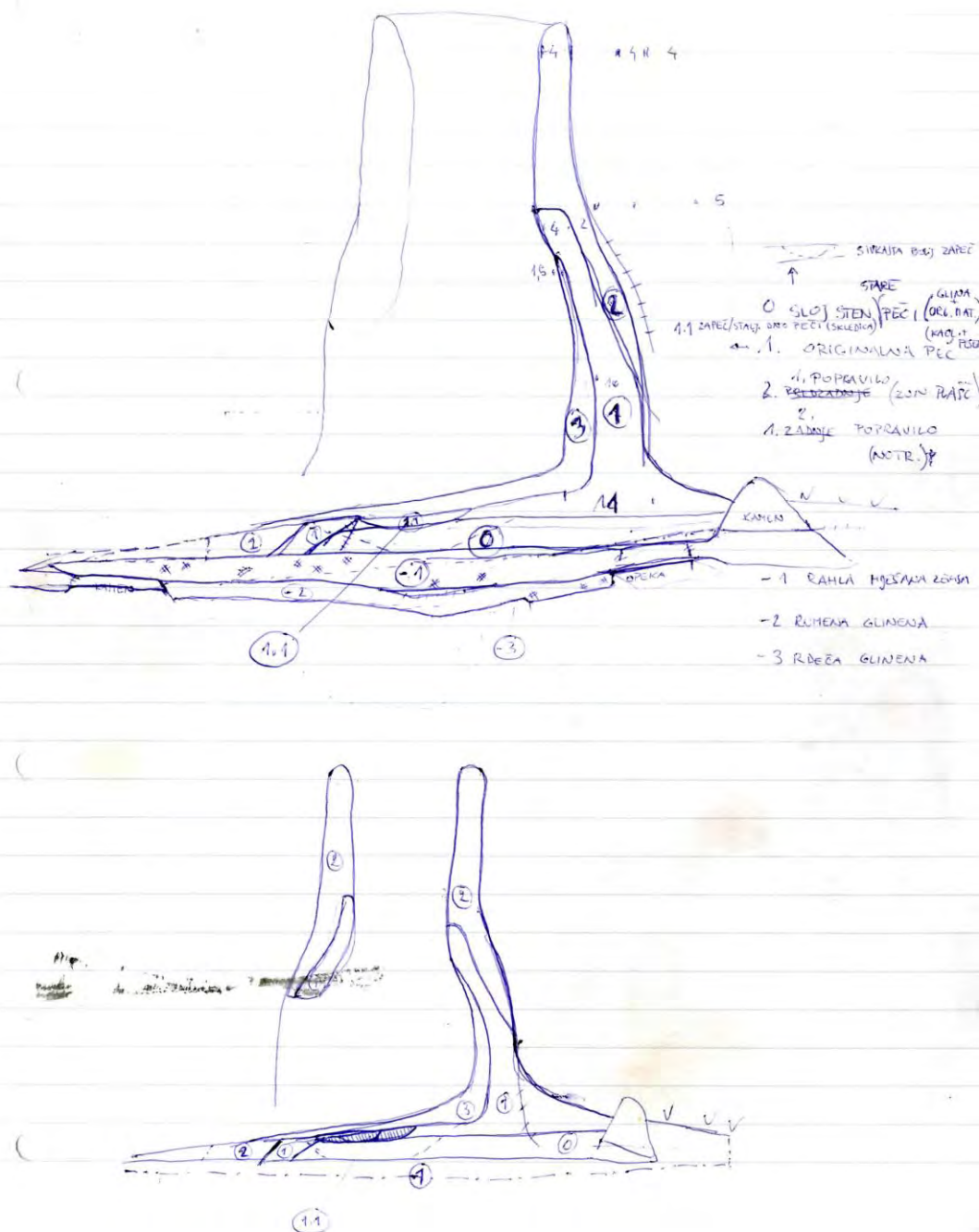
Slika 80 – peć 5_3, ohlađeni bloom

Peć 6_2

Tijekom dana talilo se i u peći 6_2. U nju je stavljana ruda tzv. ***bog iron ore*** iz okolice Debrecena, mjesto Terem (Mađarska). Prema riječima Adama Thiele-a taljenje nije uspjelo jer je bilo puno zgure koja je ispuštana tri puta. Uzorci zgure i željeza nisu prikupljeni, već samo uzorci rude jer se čini da je nastala u sličnom prirodnom, močvarnom okruženju kao pretpostavljena sirovina koja se očekuje u slivu rijeke Drave.

28. svibnja 2017. g. - nedjelja

Peć 5 višestruko je paljena i svaki puta reparirana. Kako bi se vidjeli svi slojevi izrade i popravaka stijenci peći poduzeta su istraživanja na način postepenog rušenja peći (sl. 83, 84) te dokumentiranje svih postupaka. Sve faze rušenja su fotografirane (sl. 82-93) i napravljena je skica izgleda svih zamijećenih slojeva s opisima (sl. 81).



Podloga peći je kamen i opeka ili cigla poslagana nepravilno u krug i na tu podlogu je stavljena žuta glina (-2). Sve opisano je poslagano na sloj crvenkaste gline (-3). Između dna originalne peći koju čini zapečena stijenka nalazi se sloj rahle zemlje miješane sa zapečenim prahom (-1). Originalna zapečena stijenka peći (1) je najdonja i kompaktna je glina, zapečena u donjem dijelu kod izlaza peći, a u gornjem dijelu glina ima organske primjese (0). Oko sredine peći unutar debele stijenke nalazi se iznimno jako zapečeno dno ložišta peći tzv. „skledica“ (1.1) (sl. 91, 92). Nad svim tim, u unutrašnjosti ložišta nalazi se naša reparacija (3), dno naše peći (sl. 89, 90). Na vanjskoj strani vidljivo je još jedna reparacija (tzv. floralna peć) (2) (sl. 87). U unutrašnjosti ložišta, ne mjestu gdje su bila vrata, odnosno sapnica, tj. gdje je bila najviša temperatura, na stijenku peći zalijepila se zgura (sl. 85, 88).

U provedenim istraživanjima koja su imitirala arheološka iskopavanja prepoznata je originalna peć (0, 1) koju smo zatekli pri dolasku. Ona je reparirana u tzv. floralnu peć (2) u kojoj su obavljena dva procesa taljenja (1.1). Nakon toga ponovno se pristupilo repariranju stijenki peći (3) koji je činio sloj zamijećen u unutrašnjosti ložišta peći a koji je prekrrio „skledicu“ formiranu u ranijem taljenju (ili dvama taljenjima) (sl. 86, 89).

Tlocrtno je vidljivo da se izvan vanjske strane stijenke ložišta peći nalazi, sa stražnje strane, zapečena zemlja u širini od oko 20 do 25 cm. Nakon toga, polukružno u širini od oko 40 cm tlo je izrazito crno od ugljena koji se s te strane umetao u ljevkastu peć (sl. 82).

Slojevi ispod peći (-1, -2, -3) dio su ranijih aktivnosti koje nisu vezane uz eksperimentalne talioničke peći, već su to bila mjesta na kojima se pržila ruda i sl.



Slika 82 – očišćen prostor oko peći 5 prije rušenja i dokumentiranja



Slika 83 – peć 5, rušenje



Slika 84 – peć 5, presjek



Slika 85 – peć 5, presjek, pogled u unutrašnjost ložišta



Slika 86 – peć 5, tlocrt stijenki



Slika 87 – peć 5, presjek stijenki



Slika 88 – peć 5, zgura na stijenci



Slika 89 – tlocrt stijenske osnovne peći i svih popravaka peći 5



Slika 90 – presjek dna ložišta peći 5 i svih zatečenih podloga



Slika 91 – zapečeno dno ložišta peći, tzv. „skledica“ ili zdjelica iz peći 5_2 *in situ*



Slika 92 – tlocrt položaja „skledice“ na dnu ložišta peći 5_2 *in situ*



Slika 93 – dijelovi zapečenog dna peći 5_2, tzv. „skledica“