

Metalurgija vučedolske kulture: izvori i njihove sirovine

Bošnjak, Slavica

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, University of Zagreb, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:131:739589>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-30**



Sveučilište u Zagrebu
Filozofski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Humanities
and Social Sciences

Repository / Repozitorij:

[ODRAZ - open repository of the University of Zagreb
Faculty of Humanities and Social Sciences](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FILOZOFSKI FAKULTET
ODSJEK ZA ARHEOLOGIJU
SMJER PRAPOVIJESNA ARHEOLOGIJA
Ak. god. 2020./2021.

Slavica Bošnjak

Metalurgija vučedolske kulture: izvori i njihove sirovine

Diplomski rad

Mentor: dr. sc. Danijela Rokсандić, docent

Zagreb, veljača 2021.

Izjava o akademskoj čestitosti

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je ovaj rad rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Također izjavljujem da nijedan dio rada nije korišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

(potpis)

Sadržaj

I UVOD	4
II OSNOVNI POJMOVI I PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA	5
III BAKRENE RUDE I RUDNA LEŽIŠTA.....	6
1. Ležišta bakrene sirovine na prostoru jugoistočne Europe.....	11
1.1. Hrvatska	13
1.2. Srbija	27
1.3. Bosna i Hercegovina	28
1.4. Slovenija	31
IV POČETAK RUDARSTVA I PRAPOVIJESNI RUDNICI BAKRA	33
V RANA METALURGIJA JUGOISTOČNE EUROPE – PROSTORNI I VREMENSKI OKVIR	44
1. Vinčanska kultura- prva metalurška kultura jugoistočne Europe	46
2. Uloga zlata, srebra i olova u razvoju rane metalurgije.....	50
VI TEHNOLOGIJA IZRADE BAKRENIH PREDMETA – od sirovine do konačnog proizvoda.....	54
VII METAL U ŽIVOTU PRAPOVJESNIH ZAJEDNICA SJEVERNE HRVATSKE	63
1. Rani i srednji eneolitik	63
2. Kasni eneolitik.....	66
VIII VUČEDOLSKA KULTURA	71
1. Povijest i stanje istraživanja	71
2. Metalurgija vučedolskog kulturnog kruga	75
2.1. Metalurške radionice vučedolske kulture	82
3. Tipološko-kronološki okvir metalnih izrađevina	99
IX RASPRAVA	108
X ZAKLJUČAK	116
XI POPIS PRILOGA	119
XII LITERATURA	132

I UVOD

Razvoj metalurgije bakra i njegovih slitina bio je dugotrajan proces koji je uzrokovao niz društvenih, kulturnih i ekonomskih promjena i pojava koje i dalje predstavljaju veliki izazov za istraživače prapovijesnih zajednica, a ujedno su bile i poticaj za pisanje ovoga rada.

Osnovni cilj ovog diplomskog rada je istražiti čimbenike razvoja metalurgije unutar vučedolske kulture, pratiti promjene i napredak metalurške tehnologije te pokušati razumjeti i objasniti utjecaj tog razvoja na spomenutu kulturu. Kako bi bolje razumjeli bakreno prerađivačku djelatnost u vučedolskoj kulturi, potrebno je sagledati sve procese koji su joj prethodili i „metalurška dostignuća“ savladana od starijih prapovijesnih zajednica.

Prvi dio rada obuhvaća kartiranje svih poznatih i potencijalnih ležišta bakrene rude, lokaliteta i slučajnih nalaza na prostoru rasprostiranja vučedolske kulture što u užem smislu podrazumijeva prostor današnje Hrvatske, Srbije, Bosne i Hercegovine i Slovenije. Arheološko topografska karta ležišta i lokaliteta izrađena je u računalnoj GIS aplikaciji poznatoj kao QGIS koja omogućuje vizualizaciju, upravljanje, uređivanje i analiziranje geopodataka. Ovaj dio rada uključuje pregled stanja istraživanja i literature o najranijem rudarstvu i metalurgiji od njenih samih začetaka s posebnim naglaskom na jugoistočnu Europu. Upravo je prostor jugoistočne Europe jedna od ishodišnih točaka širenja rane metalurgije gdje je najbolje potvrđen takav arheološki kontekst. Istraženi su svi čimbenici koji su uvjetovali takav izuzetan razvoj metalurške tehnologije na tom području. Detaljno su opisani tehnološki procesi od obrade sirovine – bakrene rude do izrade gotovog proizvoda koje pronalazimo u arheološkom kontekstu te je objašnjena problematika prapovijesne metalurgije. Razvoj i širenje metalurgije vučedolske kulture uvjetovana je tehnološkim postignućima zajednica koje su joj prethodile i koje su postavile temelje za oblikovanje daljnjeg razvoja društva. Drugi dio rada fokusira se isključivo na vučedolsku kulturu, njezin metalurški razvoj te nadopunjavanje dosadašnjih hipoteza i zaključaka u svjetlu novih istraživanja. U zaključnim razmatranjima pokušali su se utvrditi i rekonstruirati pravci kretanja vučedolske kulture, njeni komunikacijski i trgovački putevi te njihovo povezivanje s izvorima bakrene sirovine. Metalurgija kao nova rastuća gospodarska grana bila je pokretač tehnoloških i društvenih promjena unutar vučedolske kulture i njenih nasljednika.

II OSNOVNI POJMOVI I PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA

Metalurgija se može smatrati čovjekovim najznačajnijim tehnološkim otkrićem (Hansen 2011, 2013). Ta činjenica očitava se i u gruboj podjeli povijesti čovječanstva na kamena i metalna doba. Sam razvoj metalurgije može se podijeliti na tri razdoblja bakreno, brončano i željezno doba. Riječ metalurgija dolazi od grčke riječi *μεταλλουργείν* (*metallourgós*): kopati rude¹. Pod domenu metalurgije tako spadaju radnje rudarenja i traženja sirovina, primarna i sekundarna obrada rude s ciljem dobivanja metala i njegovih slitina te finalno mehaničko oblikovanje u željene predmete određenih oblika i svojstava (Panza 2016: 5). **Rudarstvo** se definira kao gospodarska grana koja opskrbljuje mnoge industrijske djelatnosti sirovinama, obuhvaća skup radova na pronalaženju i ekstrakciji mineralnih sirovina, a u širem smislu obuhvaća i izgradnju podzemnih prostorija i tunela². Metalurgija je usko vezana uz postojanje rudarstva, međutim postojanje metalurške djelatnosti na nekom prostoru ne znači nužno i postojanje rudarstva kojim bi se osigurale potrebne sirovine (Pravidur 2014: 20). Prvi značajni pomak u razvoju metalurgije je otkriće bakra i prepoznavanje njegovih mehaničkih svojstava, a drugi je kada bakar, odnosno bronca, dobiva prevlast nad ostalim materijalima pri izradi svakodnevnih predmeta, oružja i oruđa (Lazić *et al.* 2010: 56). Tako najraniji počeci metalurgije vežu se uz bakar, kasnijim razvojem slijedi pojava arsenske/antimonske, zatim i prave bronce. Prevladavajuća upotreba predmeta od bronce kao legure bakra i kositra jedna je od glavnih karakteristika razdoblja koje nazivamo brončano doba. No, prva pojava metalnih predmeta počinje nekoliko tisuća godina ranije zbog čega je definirano razdoblje između neolitika, kada se metal ne poznaje, i brončanog doba kada je ustaljena upotreba kositarske bronce. To razdoblje nazivamo bakreno doba ili eneolitik kada se širi metalurška djelatnost i bakreni predmeti postaju sve češći što kao posljedicu donosi niz novih kulturnih, društvenih i ekonomskih promjena. Obrada metala kao jedna od najvažnijih tehnoloških inovacija u razvoju čovječanstva direktna je posljedica karakteristike tog materijala koji se može ponovno koristiti i preoblikovati (engl. *reparability and convertibility*) (Hansen 2011: 137, 2013: 139).

Arheologija je krajem 19. i početkom 20. stoljeća obilježena difuzionističkim pristupom kada se otkriće metalurgije pripisivalo jednom bliskoistočnom izvoru odakle se širi u Europu (Childe 1944; Trigger 2006: 246–56; Amzallag 2009: 497). Razvoj arheološke misli dolazi

¹ <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=40372> (pristup 5.5.2020.)

² <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=53615> (pristup:13.2.2020.)

primjenom multidisciplinarnog pristupa, napretkom metodologije i arheometrije. Potaknut rezultatima kalibriranih radiokarbonskih datuma C. Renfrew (1969) predlaže hipotezu o samostalnom razvoju metalurgije na prostoru Europe u više pojedinačnih centara koji su neovisni o bliskoistočnim utjecajima (Trigger 2006: 259,383-384). Tako su stvorene dvije osnovne struje o nastanku i širenju metalurgije bakra. Prva predvođena G. Childom smatra da se ta tehnologija raširila iz jedinstvenog centra na Bliskom Istoku i druga koja smatra da se metalurgija razvila na najmanje tri različita centra: na Bliskom Istoku, na Balkanu i na Iberskom poluotoku (Childe 1944; Renfrew 1969; Killick & Fenn 2012: 564–66; Pernicka 2014: 452; Garrison 2016: 248). Većina današnjih stručnjaka složiti će se da je metalurgija djelatnost koja se vjerojatno razvila na više međusobno izoliranih područja (Ottaway & Roberts 2008: 197; Amzallag 2009: 497; Radivojević *et al.* 2010; O'Brien 2014: 38; Radivojević & Rehren 2016: 203).

III BAKRENE RUDE I RUDNA LEŽIŠTA

Bakar je prvi metal koji se pojavio u arheološkim zapisima. U prirodi se može pojaviti u svom elementarnom obliku (Slika 1), međutim, najčešće se pronalazi u obliku minerala gdje je kombiniran s drugim elementima oksidima, karbonatima i sulfidima (Đurković *et al.* 1963: 651; Killick & Fenn 2012: 563; O'Brien 2014: 2). Elementarnog bakra ima u spektru boja od sjajne svijetlo crvene do crvenkastosmeđe „bakrene“ boje, a može ga se naći raspršenoga u stijenama u obliku sitnog zrnja, pločica, grančica ili mahovinasto isprepletenih niti. U čistom stanju relativno je mekan, ali istovremeno žilav i rastezljiv, lagan za obradu (Đurković *et al.* 1963). Otporan je na koroziju i vodu te relativno postojan na zraku. Dužim stajanjem na zraku, pod vremenskim utjecajima bakreni predmeti oksidiraju i potamne, na njima nastaje patina od zeleno-bijele (malahit) do plavo-zelene (bazični bakrov(II) karbonat) boje - zaštitni sloj koji štiti predmet od daljnje oksidacije (Tomašević 2015: 1).



Slika 1: Ploča samorodnog bakra, Vareš, Bosna i Hercegovina (preuzeto od: Pravidur 2014:28)

Poznato je oko 240 bakrenih minerala, većina je rijetka i nemaju industrijski značaj (Đurković *et al.* 1963: 651; O'Brien 2014 Tab.1). Rude općenito dijelimo na samorodne metale, oksidne (oksidi, karbonati, hidrati, silikati i drugi spojevi koji sadrže kisik) i sulfidne rude (metali vezani sa sumporom) (Paulin 1982: 434). Rude s najvećim udjelom bakra su sulfidne (halkopirit, kovelit, halkozin i bornit), zatim oksidne (kuprit) i karbonate rude (malahit i azurit) (Maričević 2017: 19). Bakreni minerali mogu biti primarni i sekundarni. Primarni sadrže znatne količine sumpora i drugih elemenata kao što je željezo, a kada se nalaze blizu površine zemlje mogu na različite načine oksidirati i time oformiti sekundarne minerale (O'Brien 2014: 2). Sulfidne rude tako oksidiraju u okside, sulfate, karbonate, fosfate, arsenate i dr. (Halamić & Miko 2009: 46). Pored nabrojanih, postoje minerali u kojima je bakar kompleksno vezan sa antimonom, arsenom, srebrom, niklom, cinkom i olovom pa se nazivaju kompleksne ili polimetalne rude (Đurković *et al.* 1963: 651). U manjim količinama bakarne rude mogu sadržavati i zlato, selen, telur, molibden, platinu i kalaj (Đurković *et al.* 1963: 651). Rudna osnova, odnosno nekorisni, bezvrijedni dio minerala iz kojeg se izdvaja metalni mineral zove se **jalovina** (eng. *gangue*) a ona može biti kisela/silikatna ili bazična/karbonatna (Đurković *et al.* 1963: 651–52; O'Brien 2014: 2).

BAKRENE RUDE	MINERALI
sulfidne rude	halkozin (Cu_2S) – bakreni sjajnik
	kovelin (CuS) – bakreni indigo
	bornit (Cu_5FeS_4) – bakrena šarena pakovina
	halkopirit (CuFeS_2) – bakrena pakovina
sulfoarsenidne rude	enargit (Cu_3AsS_4)
Sulfoantimonatne rude	tetraedrit ($3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$)
oksidne rude	kuprit (Cu_2O) – bakrena crvena ruda
	tenorit/ melakonit (CuO)
karbonatne rude	malahit [$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$]
	azurit [$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$]
sulfatne rude	halkantit ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
	bronhatit [$\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$]
silikatne rude	hrizokol ($\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Slika 2: Podjela bakrenih ruda (prema: Đurković et al. 1963: 651; Tomašević 2015: 2)



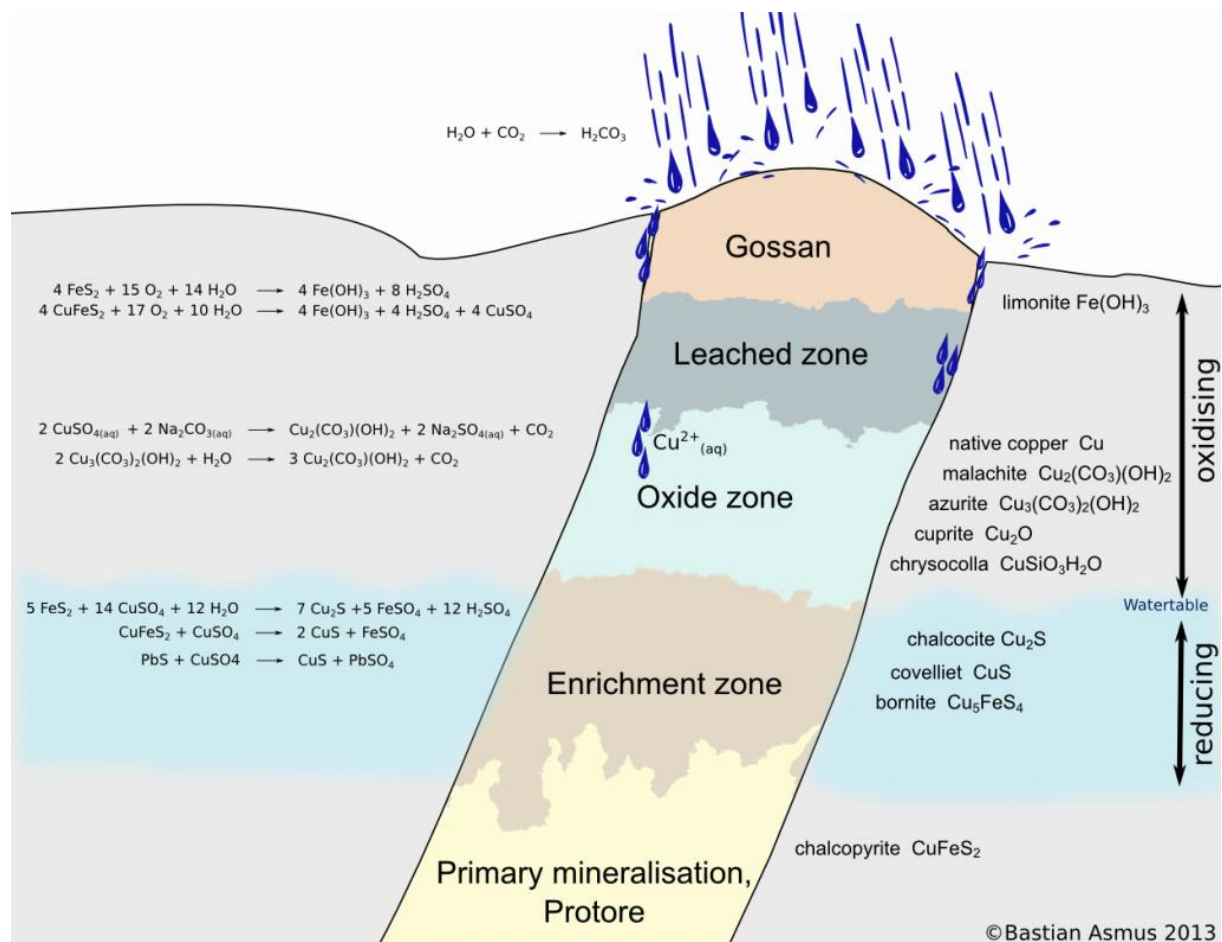
Slika 3: Tetraedrit sa sideritom, Maškara kod Gornjeg Vakufa, Bosna i Hercegovina (preuzeto od Pravidur 2014: 32)

Kako bi smo razumjeli što stoji iza odabira potencijalnog rudišta u prapovijesti potrebno je razumjeti i procese nastanka mineralnih depozita. Većina rudišta je u svom kemijskom i mineraloškom sastavu heterogena. To je rezultat kompleksnog procesa nastajanja

i kasnijih modifikacija nekog mineralnog depozita (Šinkovec 1988; O'Brien 2014: 2). Postoje razne vrlo kompleksne klasifikacije koje ovise o mnogo faktora zbog širokog spektra oblika i raznih geoloških okruženja u kojima se nalaze (Šinkovec 1988; O'Brien 2014: 3; Garrison 2016). Otežavajuća činjenica klasifikaciji jest da ne postoji ni jedan identičan depozit bakra, a međusobno se razlikuju po mnogim karakteristikama kao što su mineralogija, tekstura, oblik itd. (O'Brien 2014: 3,196-197). Većina ležišta nastala je hidrotermalnim procesima, tijekom kojih su se rascijepi u stijenama ispunili bogatim mineralima, tako su minerali u žilama mlađi od matične stijene (Karavanić 2006: 32). Veliki napredak u rudarenju bila je spoznaja da se određeni tipovi rudišta vežu uz određene vrste stijena, čime se uspjela uspostaviti genetska veza između rudišta i stijena (Šinkovec 1988: 696; Halamić & Miko 2009: 46).

Tip i oblik rudišta imaju veliki utjecaj na način rudarenja, ali još važniju ulogu tijekom prapovijesti imala je njegova površinska vidljivost (O'Brien 2014: 6). Na vidljivost rudišta utječu razni vremenski uvjeti i oksidacijski procesi koji su sposobni znatno izmijeniti površinski izgled rudnog tijela. Na primjer, bakreni sulfidi topljivi su u vodi što kod ekstremnih slučajeva dovodi do prekrivanja depozita površinskim slojem bez metalnog udjela (O'Brien 2014: 6). Ovakvi procesi izraženi su u piritom bogatim ležištima gdje se mineral razlaže i formira sumpornu kiselinu koja na površini depozita ostavlja naslagu željeznog hidroksida zvanog „željezni klobuk ili šešir“ (engl. *gossan* ili *iron cap/hat*) (Durman 1983: 6; O'Brien 2014: 6 Fig.1.2). Primjere takvih slučajeva imamo na Trgovskoj gori gdje se limonit pojavljuje u oksidacijskoj zoni siderita (Pikija *et al.* 2010: 40) i u Srbiji na Tilva Rošu (Crvena Stena) (Durman 1983: 6). Standardna zonalnost rudnog ležišta uključuje zonu izluživanja (limonitska kora ili željezni šešir), oksidiranu zonu i zonu obogaćenja primarne mineralizacije (cementacijska zona) iznad rudnog tijela (protora) (Šmajgl 2014: 38). Kada voda prolazi kroz oksidacijsku (prozračnu ili vadoznu) zonu (engl. *oxidising zone*) rezultira taloženjem sekundarnih minerala bakra kao kuprita, malahita, azurita i samorodnog bakra (O'Brien 2014: 6). Međutim, većina bakra ostaje otopljena u vodi dok ne dosegne vodno lice (engl. *water table*), gdje uvjeti postepeno prelaze iz oksidacijske u redukcijsku (freatsku ili zasićenu) zonu (engl. *reducing zone*) (O'Brien 2014: 6). Ovaj proces dovodi do raznih reakcija čiji rezultat je zamjena primarnih sa sekundarnim sulfidima što je često popraćeno povećanjem udjela metala unutar rude (O'Brien 2014: 7). Zato se ova zona naziva i zona sekundarnog obogaćivanja (engl. *enrichment zone*) ili cementacijska zona koja leži iznad minerala primarne mineralizacije, najčešće sulfida (Durman 1983: 6; O'Brien 2014: 7). Ležišta gdje se ne stvori željezni šešir obilježena su raznim stupnjevima površinske oksidacije (O'Brien

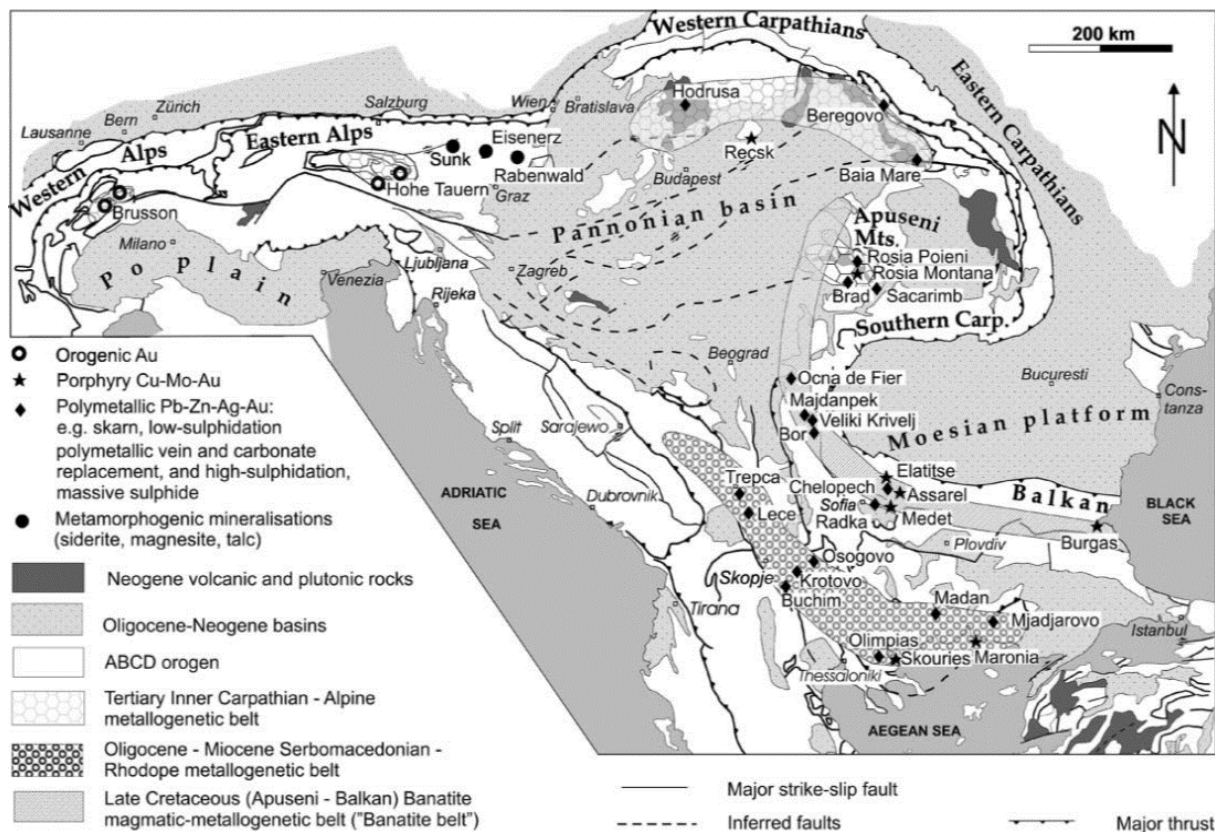
2014: 7). Tada je prisustvo bakra najočitije zato što je površina označena žarko obojenim bakrenim oksidima i hidroksikarbonatnima (O'Brien 2014: 7). Takve zelene i plave pojave na površini važni su indikatori prisutnosti bakra za prapovijesnog čovjeka. Raspored minerala u rudištima može se približno odrediti kao sljedeći: u gornjem dijelu rudišta nalaze se oksidne, karbonatne rude i samorodan bakar, ispod te zone nalazi se zona sekundarnog obogaćivanja sulfidima halkozinom, kovelinom i bornitom, dok se u najdubljem dijelu rudišta nalazi primarna ruda sa halkopiritom, enargitom i bornitom (Đurković *et al.* 1963: 651). Ovakav model vrlo je idealiziran prikaz zonacije rudnog tijela (Slika 4) koja u prirodi nije tako jasno definirana. Zato nije neobično blizu površine pronaći primarnu sulfidnu mineralizaciju pomiješanu sa raznim stupnjevima formacije sekundarnih minerala (O'Brien 2014: 8). Svako rudno ležište je drugačije i treba se gledati zasebno, no shvaćanje zonacije rudnog tijela važna je za shvaćanje ranog rudarenja bakra.



Slika 4: Prikaz zonacije rudnog ležišta. Oksidacijska zona sastoji se od željeznog šešira, izlužene i oksidirane zone. Reducirajuća zona sastoji se od zone obogaćivanja i područja primarne mineralizacije (preuzeto 8.1.2021: <https://en.archaeometallurgie.de/gossan-iron-cap/>)

1. Ležišta bakrene sirovine na prostoru jugoistočne Europe

Reljef Europe obilježen je kompleksnom i raznovrsnom geologijom gdje se može izdvojiti nekoliko izraženih orogenih pojaseva u kojima su se formirala metalogenetske rudonosne zone (O'Brien 2014: 10). Područje koje obuhvaća velike geotektonske jedinice s rudištima različitih genetskih tipova koje su nastale u više vremenskih ciklusa naziva se metalogenetska provincija unutar kojih mogu se izdvojiti metalogenetske zone i regije (Šinkovec 1988: 705). Za razvoj europske metalurgije vrlo važan je prostor kompleksnog orogenog pojasa koji obuhvaća prostor Alpa, Karpatsko-balkanskih planinskih lanaca te dio Mediterana (O'Brien 2014: 12). **Alpsko-balkansko-karpatsko-dinaridski** (engl. *Alpine-Balkan-Carpathian-Dinaride belt*) ili **ABCD pojas** (Slika 5) jedan je od najstarijih rudarskih područja (Heinrich & Neubauer 2002: 533 Fig.1). Tu se nalaze važni izvori bakra i drugih metala: u zapadnim Karpatima i Transilvanijskim planinskim lancima, ležištima kao porfirni depoziti Bor u Srbiji i Resck u Mađarskoj, polimineralne žile kao Baia Mare u Rumunjskoj i Ciparski sulfidi u vulkanskim masivima (Heinrich & Neubauer 2002; O'Brien 2014: 12,39).



Slika 5: Pojednostavljena tektonska karta sa prikazom distribucije glavnih tektonskih jedinica i ležišta ruda u Alpsko-balkansko-karpatisko-dinaridskom (ABCD) pojasu (preuzeto: Heinrich & Neubauer 2002: 533 Fig.1)

Rudarstvo metalnih minerala i tehnologija obrade bakrenih ruda u svojoj ranoj fazi ovise o mineraloškom bogatstvu određenog područja. Današnja geološka karta može nam pružiti dobar pregled količine i dostupnosti rudnih ležišta, međutim, ona se temelji na geološki potencijalnim i industrijski isplativim ležištima (Pravidur 2014: 18). Takva perspektiva pruža samo djelomičnu sliku, a niz manjih ležišta, koja nisu prikazana na kartama i ne mogu se sa sigurnošću determinirati, mogla su zadovoljiti potrebe lokalne proizvodnje u prapovijesti (Pravidur 2014: 18). Isto tako, treba imati na umu da su ležišta rude neobnovljivi izvori. Vjerojatno je da su zajednice u prapovijesti bile u povoljnijem položaju prilikom traženja lako dostupnih izvora bakrene rude, samorodnog bakra i zlata (Težak-Gregl 2006: 35). Smatra se da su mnoga ležišta bakra te bakrene oksidne i karbonatne rude iscrpljena do kraja eneolitika (Mihelić 2006: 73). Nadalje moderne granice današnjih država stvaraju lažnu sliku pri arheološkim istraživanjima raznih kultura i razdoblja. Tako kada govorimo o izvorima sirovina, naročito bakra, ne smijemo se ograničiti isključivo na prostor Republike Hrvatske (Karta 1). Treba uzeti u obzir i mnogo šire područje, naročito područja poznata po bogatim

rudištima jer se samo tako može dobiti kompletnija slika komunikacijske mreže te puteva trgovine i opskrbe.

Jugoistočnu Europu dijelimo u nekoliko metalogenetskih regija sa više zona bakrenog orudnjenja. Na području istočnog Balkana su: **Rodopska zona** (južna Bugarska), **Srednjogorska zona** (srednja Bugarska), **Kraištidna zona** (zapadna Bugarska) sa značajnim ležištima zlata; **Balkanska zona** (ležišta Čiprovci, Sedmočislenici, Granipa, Luprene i Salah-Krasmir) i **Mezijska zona** u kojoj se nalazi Varna (Antonović 2018: 188–89). Na području centralnog i zapadnog Balkana nastavlja se **Karpatško-balkanska zona**, **Srpsko-makedonska zona** te **Dinarska zona** (Šinkovec 1988: 704–5; Antonović 2018: 188–89). Manji dio u krajnjem sjevernom dijelu Slovenije pripada **Alpskoj** metalogenetskoj provinciji, na tom prostoru su važna ležišta olovo-cinkove rude (Simić 1951: 70–78; Šinkovec 1988: 705). **Karpatško-balkanska provincija** jedna je od najbogatijih rudonosnih područja svijeta čija eksploatacija još uvijek traje. **Srpsko-makedonska** zona proteže od centralnog Balkana duž Velike Morave i Vardara do Egejskog mora, odnosno preko današnje zapadne i centralne Srbije, istočnog Kosova i istočne Makedonije. Odlikuje se mnogobrojnim ležištima olova i cinka, zatim ležištima antimonove i molibdenove rude (Šinkovec 1988: 705). **Dinarska zona** proteže se kroz jugozapadnu Srbiju, Crnu Goru, Bosnu i Hercegovinu, Hrvatsku i Sloveniju. Glavna obilježja su ležišta boksita različite starosti, a od drugih značajnijih ležišta treba spomenuti ležište žive u Idriji, urana Žirovski vrh u Sloveniji, željezne rude Ljubija i Vareš u Bosni te Tajmište u Makedoniji, ležišta barita u Hrvatskoj i Bosni, te mnoge manje pojave rude olova, cinka, antimona i bakra u centralnoj Bosni (Šinkovec 1988: 704–5).

1.1. Hrvatska

Hrvatska geografski pripada Balkanskom poluotoku i jugoistočnoj Europi. Obuhvaća prostor koji se proteže od Panonske nizine preko uskog područja Dinarskog gorja do obale Jadranskog mora (Panza 2016: 4). Geološki gledano, to područje može se podijeliti na Panonski i Dinaridsko – primorski prostor koji se razlikuju po geološkoj građi (Halamić & Miko 2009: 12). Granica između njih proteže se od južnog dijela Žumberka do rijeke Une, južno od Trgovske gore (Halamić & Miko 2009: 12). Panonski dio, odnosno područje sjeverne Hrvatske, izgrađen je pretežito od klastičnih sedimentnih, metamorfnih i magmatskih stijena dok su gorski i primorski dio, izgrađeni pretežito od karbonatnih stijena (Halamić & Miko 2009: 30 Slika 3.1). Danas se Hrvatska smatra siromašna rudama, međutim, odlikuje je vrlo raznolika geološka građa. Zato, iako malobrojna, određena područja svoj razvoj mogu

zahvaliti upravo izvorima ruda. **Bakrene rude** mogu se pronaći na Samoborskom gorju i na Trgovskoj gori koje su ujedno najveći i najvažniji izvori ruda Hrvatske, dok su mineralne pojave registrirane na Medvednici, Gorskom kotaru (Rude), Petrovoj gori (Španov brijeg) i na otoku Visu (Komiža) (Halamić & Miko 2009: 15). Najpoznatiji izvori zlata su u kvartarnim nanosima rijeka Mure i Drave, gdje je taj i metal donedavno i ispiran (Halamić & Miko 2009: 15). Njegove pojave registrirane su još u aluviju nekih potoka slavonskih planina (Brzaja, Velika) te u starijim naslagama miocena u Samoborskom gorju, Papuku, Psunju i Požeškoj gori (Lipovac) (Halamić & Miko 2009: 15).

1.1.1. Područje Trgovske gore

Glavna hrvatska ležišta metala vezana su uz područje Siska, odnosno općine Dvor na Uni. To područje obuhvaća granično područje Zrinske i Trgovske gore i potez Gvozdansko – Trgovi s obje strane potoka Žirovac (Jurković 1993; Pikija *et al.* 2010: 40). Ova ležišta su najvećim dijelom iscrpljena i danas imaju više znanstvenu i povijesnu vrijednost (Pikija *et al.* 2010: 40).

Kroz povijest područje Trgovske gore poznato je najviše po rudištima raznih tipova željezne rude (siderita) uz koju su vezane određene količine olova, bakra i srebra (Jurković 1993; Pikija *et al.* 2010: 40). Intenzivno naseljavanje Trgovske gore koje počinje u vrijeme kasnog eneolitika s vučedolskom kulturom, a nastavlja se kroz kasno brončano i željezno doba te arheološki artefakti tih zajednica sugeriraju intenzivnu rudarsku i metaluršku aktivnost tijekom prapovijesti (Lazić *et al.* 2010). Uhodanu proizvodnju željeznih proizvoda preuzimaju Rimljani koji porazom Kelta i Mezeja, ujedinjuju prostor Trgovske i Zrinske gore sa rudonsonim prostorom Sane, Japre i Une (Lazić *et al.* 2010: 60–61). Raspadom Rimskog Carstva zamire i bogata metalurška djelatnost ovog prostora koja se nastavlja tek tijekom 10. i 11. stoljeća sa dolaskom Sasa (Jurković 1993: 40; Šebečić 2000: 99; Lazić *et al.* 2010: 63; Pikija *et al.* 2010: 40). Krajem 13. i početkom 14. stoljeća obnovljena je eksploatacija bakrene rude u Gvozdanskom potoku i Sredorak potoku te željezne rude u Gvozdanskom Majdanu, Resanovića kosi i Kosni (Šebečić 2000: 99,110). Pravi procvat rudarstva ovaj kraj doživljava u 15. stoljeću djelovanjem grofova Zrinskih. Prvi dokument koji spominje rudnike u okolici Gvozdanskog je povelja Matije Korvina iz 1463. gdje on dopušta otvaranje rudnika na zrinskim posjedima bez traženja poreza (Lazić *et al.* 2010: 63; Matas & Braičić 2010: 19). Eksploatira se srebronosni galenit u područjima Zrin (potok), Čatrnja, Srebrenjak i Tomašica (Jurković 1993: 40). Grofovi otvaraju rudišta kod Bešlinca u Trgovima, rudnik u Majdanu i Ljeskovcu, te po uzoru na druga srednjovjekovna rudišta podiže se utvrda Gvozdansko i

ustupovlja se kovnica novca (Simić 1951: 102; Lazić *et al.* 2010: 63; Matas & Braičić 2010: 19). Utvrda je izgrađena da bi sačuvala obližnje rudnike bakra, olova, srebra i željeza, i postaje najvažnija točka obrane od Turaka (Lazić *et al.* 2010: 63; Matas & Braičić 2010: 19). Turskim osvajanjima Banovine prestaje i bogata rudarska aktivnost ovog područja koja neće biti obnovljena više od stotinu godina (Jurković 1993: 40; Matas & Braičić 2010: 19). Kroz 18. st. započinju istraživanja željezne, bakrene i olovne rude te dolazi do nastojanja da se obnovi rudarska aktivnost (Jurković 1993: 40; Lazić *et al.* 2010: 63–67). Tijekom 19. stoljeća Gradski potok je bio jedan od značajnijih rudnika bakra Austrougarske monarhije, iako je sa današnjeg gledišta to rudno ležište skromnih razmjera (Jurković 1993: 41; Šebečić 2000: 99). Bečki geolog Lipoid (1855) procjenjuje nalazište bakrene rude (halkopirita) u rudnom polju „August“ u Gradskom potoku kao jedno od najvećih u Austriji, gdje je ruda sadržavala prosječno 6,5 % bakra (Šebečić 2000: 99,103). Potom, rudarska aktivnost, ponajprije željeza i bakra, ali i drugih metalnih sirovina nastavlja se s prekidima sve do druge polovice 20.st. kada se radovi više-manje obustavljaju na cijelom području zbog nedovoljne ekonomičnosti (Jurković 1993: 40; Lazić *et al.* 2010: 63–67). 1957. godine u rudničkim knjigama registrirani rudnici u Trgovu: „Rudnik bakra u Trgovu“, „Rudnik bakra, olova i srebra u Trgovima“, „Rudnik bakra u Trgovima“, „Rudnik bakra i olova u Trgovima“, „Rudnik bakra i olova u Dvoru“ (Simić 1951: 103). Posljednji aktivni rudnici Trgovske gore bili su Meterize i Jokin potok (1955.- 1966.) iz kojih je izvađeno oko 150000 t rude (limonita) koja je prerađivana u Željezari Sisak (Lazić *et al.* 2010: 67).

Područje Dvora na Uni kompleksne je geološke građe. Unutar gornjih paleozoičkih slojeva osnovna mineralna pojave su magmatski hidrotermalni talozi siderita (željezna ruda, FeCO_3) s većim ili manjim količinama bakra, olovnih i srebrnih sulfida, sulfosoli i njihovih oksidacijskih verzija (Jurković 1993; Lazić *et al.* 2010: 67). Odnosno, može se pronaći ruda: halkopirita (CuFeS_2), galenita (PbS), pirita (FeS_2), sfalerita (ZnS) i barita ($\text{Ba(SO}_4)$) dok je jalovina najčešće kvarc (SiO_2) (Jurković 1993; Lazić *et al.* 2010: 67). Oksidacijskim procesima dolazi do stvaranja limonite kore u blizini površine što ga čini najviše eksploatiranom rudom ovog područja (Lazić *et al.* 2010: 67–69). Jurković (1993) na tom području razlikuje osam tipova rudnih ležišta od su najvažnija bakronosna sideritska ležišta, sideritska ležištima s srebronosnim galenitom, željeznim rudnim ležištima i baritnim rudnim pojavama. Među mezozoičkim naslagama ima željeznih ruda (hematita) srednjotrijatskog submarinskog vulkanizma, dok trijaske naslage nalazimo samo u južnim, jugozapadnim i sjeverozapadnim rubnim zonama općine Dvor na Uni (Jurković 1993). Rudišta Trgovske gore

preko Une nastavljaju se na rudonosno područje zapadnobosanskih planina (Ljubija, Kozarac) na kojima osim kvarcno-siteritno-halkopiritnih žila ima i ležišta tetraedrita (Pravidur 2014: 34).

Područje Tomašica nalazio se oko 5,5 km jugoistočno od Bosanskog Novog, na okuci rijeke Une, u blizini Radića brda (Jurković 1993: 41; Šebečić 2000 Sl.1). Prosječni sadržaj bakra rovne rude u Tomašici iznosio je 7,5% Cu, a mjestimice nailazilo se i na obogaćenja sa srebronosnim galenitom (Jurković 1993: 41). Glavni mineral je bio siderit, zatim kvarc, a u manjoj mjeri ima barita, od sulfida najprisutniji je halkopirit, zatim galenit, pirit, dok su tetraedriti i sfaleriti rijetki (Jurković 1993: 41). Baritne pojave s malo uprskanog galenita, pirita i tetraedrita mogu se naći i u sjeveroistočnom dijelu Trgovske Gore kod potoka Matinović (Jurković 1993: 43).

Područje Gradski potok – Katarina – Svinica – Kosna zahvaća prostor između potoka Velebit na jugu i jugoistoku, potoka Sredorak na istoku i sjeveru te kose Hasanov Grob na zapadu (Jurković 1993: 41). Kvalitetni limonit iz oksidacijske zone ovih ležišta otkapan je u ilirsko, rimsko i sasko doba, dok se primarne zone s bakronosnim sideritom nisu istraživale do 18. stoljeća (Jurković 1993: 41; Šebečić 2000: 99). **Rudište Kosna** nalazi se istočno od Kosne Glavice. Prvo se eksploatirao limonit, a dublje u ležištu u primarnoj zoni ima siderita i halkopirita (Jurković 1993: 41). Bakrena ruda samo mjestimice dostiže udio bakra 6-8 %, dok orudnjenje s dubinom postaje sve siromašnije (Jurković 1993: 41). Unutar rude u manjim količinama ima tetraedrita, sfalerita i galenita (Jurković 1993: 41). Ovom rudištu pripadaju i dva nalazišta bakrene i željezne rude (siderit-halkopirit) Kosna i Julius (Šebečić 2000 Sl.1, Tab.2). **Rudište Katarina** nalazi se u gornjem toku potoka Dragičevac, u sjeverozapadnom produžetku ležišta Gradski potok (Šebečić 2000 Sl.1). Potkopima Donja i Gornja Katarina otvorene su dvije paralelne rudne zone. Ispod njihove oksidacijske zone s limonitom ušlo se u zonu siderita s promjenljivom količinom kvarca, dok od sulfida je najviše bilo pirita, zatim halkopirita, mnogo manje tetraedrita, ponegdje sfalerita i rijetko galenita (Jurković 1993: 41). **Rudište Svinica**³ nalazi se u gornjem toku potoka Svinjčine (Šebečić 2000 Sl.1). Potkopima Donja i Gornja Svinica (ili Svinjica) ispod limonitske zone ušlo se u kvarcovit siderit s

³ Na području Dvora na Uni, po mom shvaćanju, postoje dva različita ležišta koja u literaturi dijele imena Svinica, Svinjca ili Svinjica. U ovom radu opredijelila sam se za nazive prema članku Šebečić iz 2000. i prema topografskoj karti Geoportala Državne Geodetske Uprave. Prvo ležište – Svinice je primarno ležište bakrene rude, pripada području Gradskog potoka – Kosne, a nalazi se istočno od Hasanovog Groba uz potok koji se na topografskoj karti zove „Svinjčine“ (Jurković ga naziva Svinjica, a Šebečić Svinica). Drugo ležište - Svinjica, sideritska pojava s halkopiritom, nalazi se 0,5 km jugozapadno od Šakićeva brda uz potok koji se na karti zove „Svinjca“ (Jurković ga naziva Svinica, a Šebečić Svinjica) i koji se ulijeva u rijeku Unu kod sela Matijevići.

paragenezom sličnom onoj u ležištu Katarina (Jurković 1993: 41). **Rudište Gradski potok** nalazi se ispod Gradina kose u izvorišnom dijelu Gradskog potoka (Šebečić 2000 Sl.1). Ono je najznačajnije je rudište bakrene rude ovoga prostora, čija je orudnjena zona duga 540 m, pruža se u smjeru sjeverozapad-jugoistok (Šebečić 2000: 103). Eksploatacija Gradskog potoka započela je u 18.st. i svoj vrhunac doživjela sredinom 19. st. kada se bakrene ruda odvodila u talionicu u Bešlincu (Slika 6) (Jurković 1993: 41). Krajem 19.st. rudarska aktivnost zamire te biva obnovljena između 1901. i 1913. kada je utvrđeno smanjeno učešće siderita i sulfida, povećanje udjela kvarca, pirita i uložaka jalovine te sve češće tektonske poremećaje (Jurković 1993: 41). Siderit je glavni mineral rudišta, udio kvarca iznosilo je od 10 do 15%, a od sulfida najviše je bilo halkopirita (Jurković 1993: 42). Golim okom uočeni su bornit, tetraedrit, galenit, sfalerit i gersdorfit, a pod mikroskopom milerit, frajbergit u galenitu, te bravoit i kalcit (Jurković 1993: 42). Od hipergenih minerala identificirani su getit, lepidokrokit, halkozin, kovelin, malahit, azurit, bakar, srebro i kuprit (Jurković 1993: 42). Rovna ruda imala je prosječni sadržaja od 6,55% bakra (Jurković 1993: 42). Bogatom se smatrala ruda s više od 9% bakra, a siromašnom ruda s 1-3% bakra, dok su sideriti s manje od 1% bakra tretirani kao željezna ruda (Jurković 1993: 42). Po Haueru (1870) u rovnoj rudi bilo je 90% prosječne i samo 10% bogate bakrene rude (Jurković 1993: 42).

Područje Srebrenjak – Svinjica koje se nalazi u slivu potoka Srebrenjak, pritoka Une kod sela Matijevići te na lijevoj strani potoka Svinjice (ili Svinjce), 3.5 km sjeverozapadno od Novog Grada (nekad Bosansko Novo) (Jurković 1993: 40). U izvorišnom dijelu potoka Srebrenjak ima žila siderita čiji glavni sulfid sadrži srebrenosni galenit dok halkopirita ima prorijeđeno (Jurković 1993: 40). U donjem toku potoka glavni sulfidni mineral je halkopirit, dok se galenit nalazi rijetko (Jurković 1993: 40). Golim okom u paragenezi vide se siderit, kvarc, halkopirit, galenit, sfalerit i tetraedrit, a mikroskopom arsenopirit, gersdorfit, Ni-lineit, milerit, enargit, burnonit, bulanžerit, markazit, kalcedon i sericit (Jurković 1993: 40). Svinjica se nalazi oko 0,5 km jugozapadno od vrha Sakića brda istražena je potkopom i raskopima Narda i definirana je kao sideritska pojava s halkopiritom (Jurković 1993: 40).

Područje Zrin-Čatrnja nalazi se od 4 do 7 km južnije od Gvozdanskog u slivu Malog Majdanskog potoka te Velebitskog potoka (Jurković 1993: 40; Šebečić 2000 Sl.1). Tijekom srednjeg vijeka tu je bila intenzivna rudarska aktivnost eksploatacije srebronosnog galenita (Jurković 1993: 40). Potkopi i nalazišta olovne rude otvoreni su u reviru Zrin (potkopi Zrin i Leopold, niskopi Aleksandar i Franciska te okna Leopold i Julijana), potoku Jamarsko (Gornje i Donje Jamarsko i okno Jamarsko), reviru Čatrnja (glavni potkop Ferdinand i drugi),

potoku Grigorje (Gornje i Donje Justemberg) i u potoku Manašica (potkop Manašica) (Jurković 1993: 40; Šebečić 2000 Sl.1, Tab.2). Tri potkopa su istražena i u reviru Franz, oko 350 m istočnije u Simonovom (Šimunovom) potoku gdje ima bakra (Jurković 1993: 40; Šebečić 2000 Sl.1, Tab.2). Znamo da je u okolini Zrina djelovalo nekoliko manjih rudnika željeza te rudnik bakra Košujevac (Jurković 1993: 40; Šebečić 2000: 103 Tab.2). Rudne zone u području Zrin – Čatrnja su relativno tanke, mineralizacija je u prosjeku od 10 do 30 cm debela, a rijetko od 0,5 do 1 m debljine (Jurković 1993: 41). Siderit je glavni rudni mineral u cijelom području, a u znatnim količinama ima kvarca (Jurković 1993: 41). Golim okom kao glavni sulfidni mineral opaža se galenit (uz izuzetak je rudnik Franz gdje ima više halkopirita), slijedi halkopirit, pa tetraedrit i pirit, dok su sfalerit i gersdorfit vidljivi mikroskopom (Jurković 1993: 41). Bakar, olovo i srebro prisutni su i na nalazištima Jamarsko – Ferdinand 1, Čatrnja – Ferdinand 2, Manašica – Ferdinand 3 i 4, Orašje – Ferdinand 5 (Šebečić 2000 Tab.2).



Slika 6: Ostaci visoke peći u Bešlincu (preuzeto iz letka: n°1, v. 13– Trgovska Gora koji je pripremljeno sklopu projekta: Historical Mining – Tracing and Learning From Ancient Materials and Mining Technology)

Na područjima **Resanović Kosa, Gvozdansko, Bešlinac, Jokn potok i Vidorija** rudarila se prvenstveno željezna ruda (siderit i limonit) u oksidacijskim zonama (Jurković 1993: 42). Međutim pojava bakra ima u ležištu Karola kod **Gvozdanskog** čija glavna mineralizacija je siderit s puno kvarca i mjestimičnim obilnim uprskanjima halkopirita, piritu i vrlo malo galenita (Jurković 1993: 42). Samo Gvozdansko nalazi se između sela Komora na zapadu i

sela Dupale na istoku, a eksploatirano je još u ilirsko i rimsko doba manjim površinskim kopovima na južnim padinama Glavice (Jurković 1993: 42; Šebečić 2000: 103). Većinom se radi o kvarcovitom limonitu, gdje su npr. ležišta Marinac potok i Jošik jarak dala su oko 6 000 t limonita (Jurković 1993: 42). Područje **Resanović Kose** omeđeno je na sjeveru potokom Žirovac, a na jugu potokom Burazovac. Temeljni potkop otvara se 1959.-1961. na koti +233 m (Jurković 1993: 42). Rovna ruda sadržavala je najviše željeza (42-50%) zatim 14% magnezija i 16-22% slika (SiO) (Jurković 1993: 42). Područje **Područje Bešlinac** prostire se jugoistočno od sela Gvozdansko, veća ležišta su Meterize i Gubavac u kojima se vadio praškasti limonit-branta (Jurković 1993: 42). Ostala ležišta (Breda, Mautner, Šestinska Kosa, Šišmanovac, Vujičić i Stara Vinogradina) vrlo su mala i sadrže skromnu rezervu rude (Jurković 1993: 42). Rudnik u Meterizama otvoren je u 19. st. i najznačajniji je rudnik željeza u Trgovskoj gori do prije 2. sv. rata (Šebečić 2000: 103). Iz njega je od 1936. do 1941. izvađeno 45 000 t limonita, a nakon obnove radova od 1957.-1965. izvađeno je 67 000 t limonita (Šebečić 2000: 103). **Područje Jokin potok** nalazi se između potoka Ljubina na jugoistoku i potoka Velebit na sjeverozapadu (Jurković 1993: 43). Glavno je ležište Jokin potok koje sadrži brant, a od ostalih pojava možemo spomenuti Barake i Zaliće koji su sadržavali 6 500 t limonita (Jurković 1993: 43; Šebečić 2000: 103). Područje rudokopa Barake, nazvan je po mjestu boravka rudara, a nakon napuštanja radova je potopljen pa je tu nastalo akumulacijsko jezero (Šebečić 2000: 103). **Područje Vidorija** nalazi se u slivnom području potoka Vidorija uz desni pritok potoka Ljubine (Jurković 1993: 43). Istražni radovi u 1959/60. god. pokazale su da je primarna zona vrlo siromašna željezom (Hunsrück tip orudnjenja), iako je ležište dalo 66 000 t limonita (Jurković 1993: 43).

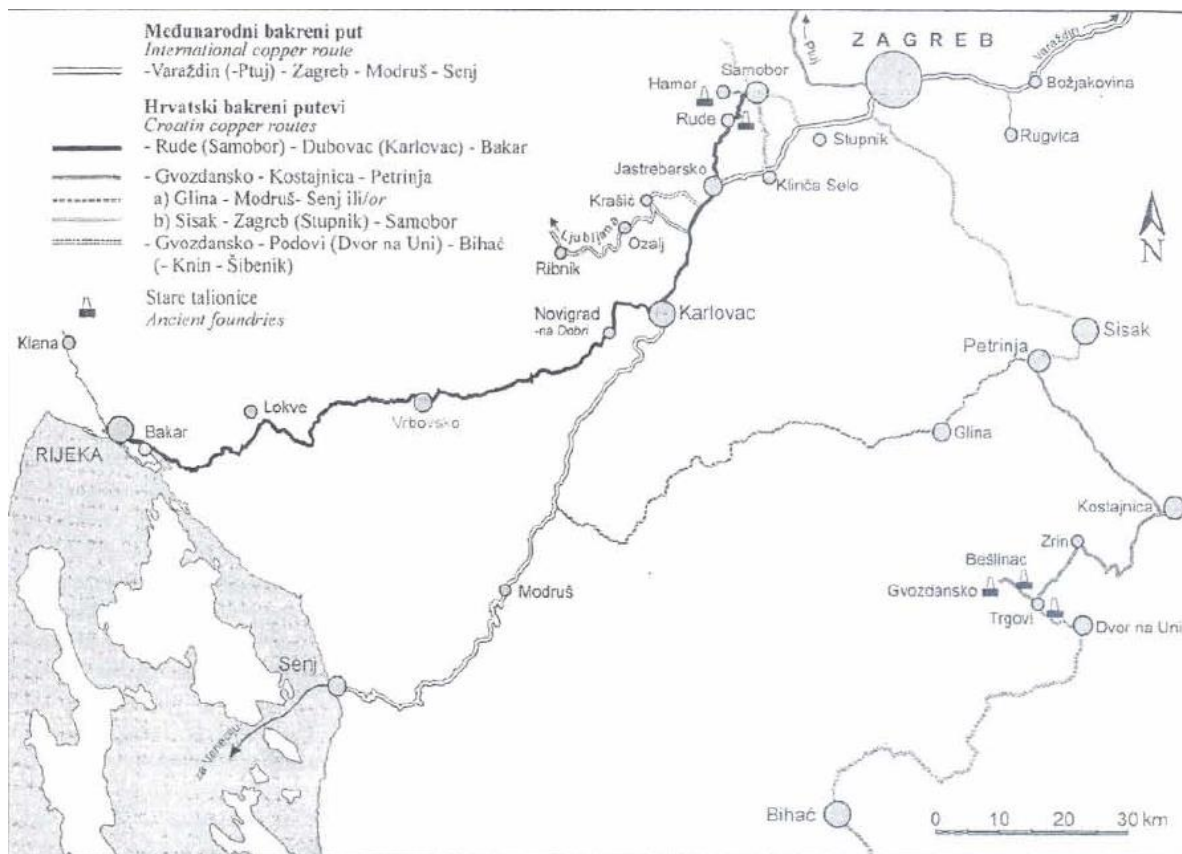
1.1.2. Žumberak – Samoborsko gorje

Žumberačko gorje tvori nekoliko gorskih lanaca: Žumberačka gora, Samoborsko gorje i Plešivica (poznata i kao Jaskanska Plješivica). Najpoznatije rudarsko područje je selo Rude kod Samobora koje se nalazi na dodiru alpskih, dinarskih i panonskih struktura stoga je tektonski vrlo složeno (Franić 2015: 1). Pojave željezne i bakrene rude smještene su u dolini potoka Gradne, a najpoznatiji rudnik je Sveta Barbara sa glavnim rovovima Vlašić ili Sv. Anton, Sv. Trojstvo i Koktel. Povijest naselja obilježena je rudarskim aktivnostima koji su se duboko usadili u običaje i tradiciju lokalne zajednice. Sami rudnik nosi ime svetice zaštitnice rudara čiju proslavu „Barbarinje“ lokalna zajednica obilježava rudarskim običajima. Za vrijeme proslave Bergmani nose brončani kip svete Barbare iz rudnika u crkvu i postavljaju

ga uz rudarski križ, zatim se izvode rudarski plesovi u svečanim rudarskim odjelima, a cijela proslava završava „Kalabucijom“ – rudarskom himnom (Katalinić 2020: 19).

Najstariji pisani zapis koji govori o kopanju bakra u Rudama datira se u 1210. godinu (Franić 2015: 8; Buntić 2020: 41; Katalinić 2020: 1), iako pretpostavlja se i mnogo starija eksploatacija (Simić 1951: 103; Lazić *et al.* 2010: 57; Vrkljan 2019: 489). Indirektni dokaz o naseljavanju i metalurškoj eksploataciji ovog područja slučajni je nalaz bakrene sjekire koja se datira u vrijeme eneolitika/ranog brončanog doba iz okolice Samobora (Gregl & Škoberne 2002: 36–38 Kat.10/Sl.12). Na starost rudarenja u ovom kraju upućuje nas i legenda o Bergmanima - patuljcima rudarima. Legenda govori da su oni bili originalni rudari rudnika Svete Barbare gdje su vadili zlato i druge vrijedne kovine (Katalinić 2020: 19). Nadalje, priča kaže da su živjeli u tajanstvenom uskom hodniku od oko 75 cm visine uklesanom u stijenu (Katalinić 2020: 19). Po opisu Bergmanskog hodnika moglo bi se pretpostaviti da je riječ o jako starom rudarskom oknu. Nadalje, trebalo bi obratiti pozornost na dugotrajnu mitološku vezu između patuljka, metalurgije i rudarstva (Durman 2006: 44–46). Tijekom 15. stoljeća, bakar iz ovog područja se koristio i zagrebačkoj kovnici novca (Katalinić 2020: 18), a prvi pouzdani podaci o količini iskopane rude zabilježeni su 1530. godine kada je rudnik bio u vlasništvu veleposjednika Leonarda Grubera koji se eksplantacijom bakra i obogatio (Simić 1951: 103–4; Lazić & Zovko Brodarac 2019: 258). Tijekom 16. stoljeća, rudarski zanat u Rudama doživljava svoj vrhunac i Rude postaju najvažniji proizvođač bakra u Hrvatskoj (Franić 2015: 8; Buntić 2020: 41). Proizvodnja bakra tada je bila dvostruko veća nego u Engleskoj, četverostruko veća nego u Norveškoj, a dosegala je i trećinu proizvodnje znamenitog švedskog rudnika u Fokunu (Buntić 2020: 41).

Rude su kroz 15. i 16. stoljeće bile izvorna stanica glavnog hrvatskog bakrenog puta koji je išao trasom Rude – Plešivica – Dubovec – Vrbovsko – Bakar – Rijeka, te su bile i dio većeg međunarodnog rudarskog puta koji je kretao u Slovačkoj, a završavao u Senju (Slika 7) (Šebečić 2001). Zahvaljujući tome Samobor postaje središte trgovine i prerađivački centar s lijevaonikom bakra.



Slika 7: Bakreni put od Samobora (Ruda) do Senja (preuzeto: Šebečić 2001: Sl. 3).

Nekoliko vlasnika izmjenjivalo se od vrhunca djelovanja rudnika do 19. st. kada ga kupuje Franz (Franjo) Reizer iz Samobora u čijem vlasništvu je bio do 1851. godine (Katalinić 2020: 16). On je u Rudama imao talionicu, a u Samoboru ljevaonicu za preradu bakra, a vodio je i tadašnju proizvodnju pepeljike (kalijevog karbonata, tj. potaše) zbog čega je bio prozvan „kralj pepela“ (Katalinić 2020: 16). S eksploatacijom bakra prestaje se 1851. godine i počinje eksploatacija željeza (hematit, siderit) te kasnije i gipsa (Lazić & Zovko Brodarac 2019: 258; Katalinić 2020: 17). Nakon istraživačkih radova koji su trajali između 1952. i 1956. prestaju sve rudarske aktivnosti i djelovanje rudnika (Buntić 2020: 42–43). Na osnovi starih analiza ruda je sadržavala 12-16 % bakra, što znači da je proizvedeno oko 20 00 do 28 00 tona bakra te oko 26 000 tona željezne rude (Franić 2015: 1–2; Potkonjak 2015: 16; Buntić 2020: 42; Katalinić 2020: 18). Prema postojećim podacima rudne žile s halkopiritom su stoljetnim rudarenjem gotovo potpuno iscrpljene

Samoborska gora i ležišta bakra i željeza (sideritno–polisulfidno–baritno–hematitno ležište) u Rudama pripadaju najzapadnijem dijelu Zagorske–Mid–Transdanubijske geotektonske

jedinice (Palinkaš *et al.* 2010: 94). Mineralizaciju rudnog ležišta može se podijeliti na (Palinkaš *et al.* 2010; Katalinić 2020: 5):

1. žični dio ležišta (sideritno-polisulfidno-baritno-kvarcna mineralizacija/galenitno-baritne žice koje su nastale u kasnijim stadijima formacije ležišta),
2. stratabound dio ležišta (sideritno-piritno-baritno-kvarcni slojevi),
3. stratiformni dio ležišta (hematitno-baritni slojevi / slojeve gipsa i anhidrita)

Rudne pojave bakra nalaze se u žičnom dijelu ležišta sa sideritno-polisulfidno-baritno-kvarcnom mineralizacijom (Franić 2015: 1). Žile bakra pružaju se u smjeru sjever-sjeverozapad i jug-jugoistok (SSZ-JJI) s nagibom od 40° do 75°, debljina žila kreće se između 5 i 20 cm, a može dosegnuti i do 3 m debljine (Palinkaš *et al.* 2010: 94–95; Franić 2015: 1; Katalinić 2020: 3). Rudne žile su tektonski jako poremećene, prekinute rasjedima odnosno minerali u njima su zdrobljeni (Franić 2015: 1). Glavni mineral je siderit, zatim kvarc, dok su sulfidi i barit manje učestali, od sulfida najčešći je pirit, zatim halkopirit dok su galenit i sfalerit rjeđi (Franić 2015: 76–77; Katalinić 2020: 10). Unutar žila utvrđeni su sljedeći minerali: primarni minerali: rutil, siderit, kvarc, pirit, markazit, meljnikovit, halkopirit, sfalerit, galenit, tetradrit, linenit, bravolit (?), barit, klorit; i sekundarni minerali: bornit, halkozin, kovelin, kuprit, getit (Katalinić 2020: 10). Na području Samoborskog gorja osim bakra i željeza ima olovnih i cinkanih ruda, barita kao i izvora zlata kod sela Vratnik (Ludvić potok) (Potkonjak 2015). Ležište je slično ležištima Trgovske i Petrove gore i Ljubijškog rudonosnog bazena i nastaje kao rezultat postvariscijskih tektonotermalnih aktivnosti vezanih uz ekstenziju litosfere i početak intrakontinentalnog riftovanja dinaridskog Tetisa (Palinkaš *et al.* 2010).

1.1.3. Medvednica

Medvednica je smještena u sjevernoj Hrvatskoj, između rijeka Krapine na sjeveru i zapadu, Lonje na istoku i Save na jugu. Iako se najčešće u istraživanjima Medvednica gleda kao jedna cjelina, ona je zapravo građena od dvije gore: Zagrebačke (koja čini glavni trup) i Zelinske (Šmajgl 2014: 1). Ovo područje dijeli sudbinu sa većinom naših ležišta koja su bila eksploatirana samo kratko vrijeme, a mnogo eksploatiranih mjesta nisu nikad zabilježena (Simić 1951: 107). Najpoznatija rudna aktivnost na Medvednici je rudnik srebra Zrinski koji je smješten u blizini planinarskog doma Grafičar na visini od 830 m, područje koje je poznato i kao „rudrski vrt“ (Buntić 2020: 27). Riječ je o hidrotermalnom ležištu s rudama cinka, olova i srebra (Buntić 2020: 28). Radovi u rudniku Zrinski počeli su u 16. stoljeću, a rudna aktivnost

je trajala oko 150 godina do zatvaranja rudnika sredinom 17.st. (Buntić 2020: 29). Najveći problem ovog rudnika bila je njegova iskoristivost. Rudario se galenit čijim taljenjem se izdvajalo srebro, međutim trebalo je istaliti tonu galenita da bi se dobilo pola kilograma srebra (Buntić 2020: 29).

Osim rudnika Zrinski, na Medvednici su zabilježene i manje rudne pojave koje su danas bez ekonomskog značaja (Šmajgl 2014: 6). Na jugoistočnoj strani Medvednice u zelenim škriljavcima ima pojava magnetitno-hematitne rude na potezu Pustodol-Adolfovac-Tisova Peć gdje se može pronaći hematit, magnetit, pirit, getit i piroluzit, (Šmajgl 2014: 6). Zabilježene su i pojave limonita – Rudnica gdje su glavni rudni minerali siderit (potpuno limonitiziran), pirit i halkopirit u obliku žila ili leća (Šmajgl 2014: 6). Kod Rudarskog vrta ima pojava olovne rude od kojih je najzastupljeniji galenit uz kojeg se još javlja sfalerit, pirit i drugi sekundarni minerali (Šmajgl 2014: 6). Pojava olovne rude je zabilježena i u Bistranskoj gori (Francuski rudnici) gdje se uz galenit, pirit i sfalerit javljaju i bakreni minerali halkopirit, kovelit, halkozit, malahit i azurit (Šmajgl 2014: 6).



Slika 8: Malahit i azurit ispunjavaju šupljine izduženog halkopirita, Medvednica (preuzeto: Šmajgl 2014 Sl. 24)

Bakrena mineralizacija je zabilježena sjeverno od naselja Bačun, na području gornjeg toka potoka Mikulić gdje su halkopirit i pirit prepoznati kao primarni minerali, uz njih su prisutni i sekundarni minerali halkozit, kovelit i malahit te kvarcne pojave sa halkopiritom, piritom, sfaleritom i malahitom unutar metapelita južno od sv. Jakova (Jurković 2005: 8–9; Šmajgl 2014: 6). Pojava bakarne mineralizacije prisutna je i na području Kraljičinog zdenca gdje su

od primarnih minerala prisutni halkopirit i pirit te bornit, a od sekundarnih azurit i malahit (Slika 8) (Šmajgl 2014: 6,10,37,46 Sl.5; Šmajgl *et al.* 2014: 116). Slojni oblik bakrene mineralizacije kod Kraljičinog zdenca debljine je približno 1 metar sastoji se od silificirane zone s piritom i halkopiritsko-piritske zone koja postupno prijelazi u jalove dolomite (Šmajgl 2014: 10,37,46). Malahit i azurit se javljaju u obliku žilica (Šmajgl 2014: 10). Ova pojava bakarne mineralizacije ima karakteristike hidrotermalno-metasomatskih ležišta kakvih imamo na području Trgovske gore, Petrove gore i Ljubije (Šmajgl 2014: 38,46). A svakako je sigurno da je mineralizacija znatno različita od olovno-cinkanog (Pb-Zn) rudnog ležišta u neposrednoj blizini Sv. Jakoba (Šmajgl 2014: 38). Primarna mineralizacija pretrpjela je nekoliko stupnjeva oksidacije, a u izdanku rude nedostaje zona obogaćenja, uz sumnju da li je ikad i postojala. (Šmajgl 2014: 38). Rudni izdanak sadrži tri asocijacije minerala, karakteristične za oksidacijske procese u kori trošenja: zona blage oksidacije s halkopiritom i piritom u početnoj fazi oksidacije u bornit i kovelit, umjereno oksidirana zona s kovelitom i halkozitom i intenzivno oksidirana zona koja sadrži bakarne okside, kuprit i tenorit, te samородni bakar, malahit, azurit i getit. U iste zone možemo svrstati i zonu potpune limonitizacije (Šmajgl 2014: 38; Šmajgl *et al.* 2014). Kraljičin zdenac zapravo je snažan izvor pitke vode potoka Kraljevca, a ime je dobio prema nemiloj "Crnoj Kraljici" - Barbari Celjskoj (1381. – 1451.). Veći dio svog vremena provodila je u Samoboru gdje je imala alkemijski laboratorij. Proučavala je pretvorbu bakra u srebro, iako se zapravo radilo se o legiranju bakra živom i arsenom kako bi legura dobila srebrenu boju (Katalinić 2020: 21–22).

1.1.4. Slavonske gore

Planine Papuk, Krndija, Psunj, Požeška gora i Dilj gora tzv. „Slavonske gore“, koje tvore Požešku kotlinu, predstavljaju geološki najraznolikije područje Hrvatske. Na ovom području ima pogodnih izvora građevinskog i tehničkog kamena, pojava urana kao i značajnih rudnika grafita (Jurković 2003). Grafit je u vrijeme eneolitika vrlo često korišten u keramičkoj proizvodnji te se dodavao i u glinenu masu kako bi keramika bila otpornija na visoke temperature, tako i u posude za taljenje i lijevanje (Težak-Gregl 2006: 38). Geokemijska istraživanja pokazala su povećane koncentracije bakra oko Požege. Jedan dio tih rezultata može se povezati s pojavom bazalta na Požeškoj gori, a jedan dio je sigurno antropogenog podrijetla (zagađenja od vinograda na sjevernoj strani Požeške gore) (Halamić & Miko 2009: 46). Velika koncentracija bakra u graničnom području na sjevernom dijelu ove regije na Krndiji, vjerojatno je geogenog podrijetla (Halamić & Miko 2009: 46). Radlovački stijenski kompleks smješten je u središnjem dijelu Papuka, a sastoji se od metasedimentnih stijena,

silova i većih nepravilnih tijela bazičnih magmatskih stijena. Dijabazi i spiliti iz postvariscijske faze ovog području dali su mineraloške pojave spekularita (tinčasti hematit), pirita, malahita i azbesta, a u njima je otvoreno i nekoliko kamenoloma dijabaza (Jurković 2003: 6). Malahit se javlja u subarkoznim metagrauvakama Radlovačke serije, čiji glavni primarni mineral je vjerojatno halkopirit (Jurković 2003: 12). Međutim pojave malahita samo su mineraloškog značaja s maksimalnim sadržajem od 0.47 % bakra (Jurković 2003: 12). Na području Kiseljavačkog potoka (Papuk) ima pojava skarna u kojem nema rudnih minerala, iako su se u tom skarnu uspjeli identificirati listići grafita i zrna halkopirita (Jurković 2003: 10). Pojave galenita ima u blizini Velike, a pojava elementarnog olova ima u nekadašnjim pralištima zlata (Olovni potok) (Jurković 2003: 11). Zlato je pronađeno u Rogoljici i potocima sjeverozapadnog Psunja, na Papuku ga ima u Šamanovici (pritok Brzaje), Brzaji, Veličanki, kod Velike, kod Kutjeva i u Ravnoj gori (Jurković 2003: 15).

Moslavačka gora obiluje kamenolomima, prvenstveno granita zatim gnajseva, anfibolita, škriljavca itd., no nema tragova ležišta obojenih metala (Jurković 2005). Izdvojiti se mogu samo pojave aluvijalnog zlata na području Suhajice (Jurković 2003: 5). Mineralne i rudne pojave na Ivanščici karakterizira jednostavna parageneza primarnih sulfida olova i cinka, s tragovima sulfida željeza i bakra (Šinkovec *et al.* 2000). Kao što je već napomenuto, pojave bakrene mineralizacije ima i u Gorskom kotaru (Rude) te na otoku Visu (Komiža), ali nam ti izvori van rasprostiranja vučedolske kulture pa nisu detaljnije obrađena u ovom radu.

Popis nalazišta bakrene rude u Hrvatskoj:

1. Tomašica (bakreno-olovno-srebrena ruda) JZ od (Novi Grada) Bosanskog Novog (Jurković 1993: 41; Šebečić 2000: 103 Sl.1; Lazić *et al.* 2010: 69)
2. Svinica (Svinčine) (Jurković 1993: 41; Šebečić 2000: 103 Tab.2)
 - a. Gornja i Donja
3. Kosna (Jurković 1993: 41; Šebečić 2000: 103; Lazić *et al.* 2010: 69).
 - a. Kosna (Jurković 1993: 41)
 - b. Julius (Šebečić 2000 Sl.1)
4. Katarina (Jurković 1993: 41; Šebečić 2000 Sl.1; Lazić *et al.* 2010: 69)
 - a. Gornja i Donja
5. Gradski potok (Rudni revir August) (Jurković 1993: 41; Šebečić 2000: 103 Sl.1, Tab.2; Lazić *et al.* 2010: 69)
 - a. Nova nada (Jurković 1993: 41)

- b. Gornji i Donji Baptista (Jurković 1993: 41)
 - c. Gornji i Donji Breunner (Jurković 1993: 41)
 - d. Kornelije (Jurković 1993: 41)
 - e. Gornji i Donji Gradski potok (Jurković 1993: 41)
 - f. Gradina (Emilija) (Jurković 1993: 41)
 - g. Glückauf (Jurković 1993: 41; Šebečić 2000: Tab.1)
6. Sliv potoka Srebrenjaka i Svinjice (Jurković 1993: 40; Lazić *et al.* 2010: 69)
- a. Marijana i Strgar (sideritne pojave s halkopiritom kao glavnim sulfidnim mineralom)
 - b. Adam, Frohm i Eva (pojava žila siderita koje sadrže srebrenosni galenit kao glavni sulfid dok je halkopirit prorijeđen)
 - c. Svinica (Jurković 1993: 71)
7. Područje Zrin – Čatrnja (Jurković 1993: 40; Šebečić 2000 Sl.1)
- a. Košujevac kod potoka Zrina (Jurković 1993: 40; Šebečić 2000 Sl.1, Tab.2)
 - b. Revir Franz kod potoka Zrina (Jurković 1993: 40; Šebečić 2000 Sl.1, tab.2; Lazić *et al.* 2010: 69)
 - c. Jamarsko, Čatrnja, Manašica, Orašje (Ferdinand) bakar olovo i srebro (Šebečić 2000 Tab.2)
8. Područje Gvozdansko (Jurković 1993: 42)
- a. Karola (Jurković 1993: 42)
 - b. Majdan brdo (saski radovi) (Šebečić 2000 Tab.1)
 - c. Velebitski potok, St. Cornelli 18.st. (Šebečić 2000 Tab.1)
9. Bešlinac Kod Trgova (Simić 1951: 103; Šebečić 2000: 103; Pikija *et al.* 2010: 46)
10. Majdan (Šebečić 2000 Tab.1, 2) olovo bakar
11. Ljeskovac
12. Trgovi
13. Dvor
14. Rude kod Sambora (Palinkaš *et al.* 2010; Franić 2015; Buntić 2020; Katalinić 2020)
15. Bistranskoj gori (Francuski rudnici) (Šmajgl 2014: 6)
16. naselja Bačun na području gornjeg toka potoka Mikulić (Šmajgl 2014: 6)
17. Kraljičin zdenac (Šmajgl 2014; Šmajgl *et al.* 2014)
18. Požega (moguća pojava) (Halamić & Miko 2009: 46).
19. Krndija (moguća pojava) (Halamić & Miko 2009: 46).
20. Papuk - Kiseljavački potok (moguća pojava) (Jurković 2003: 12).

21. Ivanščica (moguća pojava) (Šinkovec *et al.* 2000).

1.2. Srbija

Na prostoru Srbije nalaze se izuzetno poznata i bogata rudna ležišta. Ona prvenstveno pripadaju Karpatsko-balkanskoj provinciji u metalogenetskim zonama Bor, Banat- Ridanj – Krepoljin i Poreč - Stara planina (Durman 1983: 10; Šinkovec 1988: 705). Toj provinciji pripada i poznati eneolitički rudnik bakra Rudna Glava (Antonović 2018: 189). Na ovom području ima i izvora zlata, iako nema dokaza o njegovoj eksploataciji u prapovijesti (Antonović 2018: 189). Polimetalno ležište Rudnik u centralnoj Srbiji (srpsko-makedonska provincija) odlikuje se bogatom poviješću rudarenja, a i danas ima vrlo važnu ulogu u rudarenju prvenstveno olova, potom srebra i bakra (Simić 1951: 195–205). Tragove rudarskih aktivnosti planine Rudnik možemo pratiti od još od prapovijesti preko istraženih eneolitičkih rudnika Mali Šturac (Slika 9) i Lece (Antonović 2018: 189). Dinarskoj provinciji na području Srbije pripada prapovijesni rudnik Jarmovac (Antonović 2018: 189) dok se druga značajna ležišta ove provincije nalaze u srednjoj Bosni (Pravidur 2014).



Slika 9: Mineralizacija malahita i azurita u stijeni, Prljuša na Malom Šturcu, Srbija (preuzeto: Dimić 2019: Fig. 9c)

1.2.1 Timočki magmatski kompleks (TMK)

Jedan je od najznačajnijih bakronosnih područja Europe, a u geotektonskom smislu pripada Karpato-Balkanidima istočne Srbije. Ova složena geotektonska jedinica prostire se između Majdanpeka na sjeveru i sela Bučja (sjeverno od Knjaževca) na jugu (Durman 1983: 10). Obuhvaća izvore bakra: Kućevo, Majdanpek (Slika 10), Dimitri potok, Rudna Glava,

Jasikovo, Tanda južno od Crnjake, Krepoljin, Sige, Lipa, Krivlejš, Bor, Brestovac kraj Bora, Zlot, Senjski Rudnik, Boljevac, Bačevica, Lasovo kod Grlišta, Aldinac kod Knjaževca, Bancarevo i Veta ispod Suve Planine, Studena na jugu i Borovo kod Dimitrovgrada i Stara Planina prema istoku (Durman 1983: 10).



Slika 10: Bakreni mineral kovelin, Majdanpek, Srbija (preuzeto 10.11.2020: <https://www.pdpobeda.rs/ekologija/fajlovi/izlozba.html>)

1.2.2. Južna Srbija

Nešto manje bogat bakrom je prostor **južne Srbije**. Rudišta obuhvaćaju uglavnom prostor Kopaonika i nastavljaju se prema sjevernim dijelovima Crne Gore. Rudišta na Kopaoniku nalaze se kod Raške (Badanj, Suvo Rudište, Sipačine i Plana), Kuršumlije (Tijovac) i Kosovske Mitrovice (Plakaonica i Trepča) (Durman 1983: 10). Izvan ovog prostora na jugu nalazi se ležište Novo Brdo (istočno do Prištine), a kod Gnjilane su ležišta Šurlane, Vitina i Binač (Durman 1983: 10).

1.2.3. Zapadna Srbija

Na prostoru **zapadne Srbije** izvora bakra ima od Cera na sjeveru do planine Zlatar na jugu i na širem području uz desne obale rijeka Drine i Lima (Durman 1983: 10). Rudišta bakra tako ima u Srebrnim Rupama pod Cerom, Zajačama, na širem prostoru Krupnja Lipnik, Voljevica, Crnača, Vranovina, Donja Orovnica kod Ljubovije, na planini Povlen, Jarmovac kod Priboja i planina Zlatar (Durman 1983: 10). Prema unutrašnjosti nalazišta bakra ima oko Valjeva, kod Rebelja, Visa, Vragočanice, na planini Suvobor kod Planinice i Suvog Graba (Durman 1983: 10).

1.3. Bosna i Hercegovina

Značaj rudnih ležišta na području Bosne i Hercegovine za prapovijesne zajednice detaljno je obradila A. Pravidur (2014) u svome doktoratu. U općem i zemljopisnom smislu sukladno geološkim procesima Bosna i Hercegovina podijeljena u tri najznačajnija rudonosna područja: **srednjobosansko, zapadnobosansko i istočnobosansko područje** među kojima Pravidur (2014: Karta 2) izdvaja nekoliko važnijih područja izvora bakrene rude.

1.3.1. Područje srednjobosanskog gorja

Područje **srednjobosanskog gorja** ili **srednjobosanskih škriljastih planina** prostor je gornjeg i srednjeg toka Vrbasa, Rame, Neretve, Bosne i Lašve gdje se nalaze ležišta plemenitih i obojenih metala kao što su antimon, arsen, bakar, živa, olovo, cink, zlato i srebro (Simić 1951: 108–10; Pravidur 2014: 18). Bogatstvo i dostupnost rudnih sirovina, šume i hidrološke prilike omogućili su kroz sva povijesna razdoblja razvoj ovog područja kao glavnog i najjačeg rudarskog i proizvodnog središta u preradi obojenih i plemenitih metala (Pravidur 2014: 18). Bakrene mineralizacije ima na planini Vranici, u okolini Kreševa, Dusine, Fojnice i Bakovića te na planinskom području Sinjakovo (Pravidur 2014: 30). Rudišta Sinjakovo i Majdan karakteriziraju sideritno-kvarcno-halkopiritne žile (Pravidur 2014: 30). Zonu Mačkara-Mračaj kod Gornjeg Vakufa karakterizira sideritno-baritno-kvarcno-tetraedritskih žila (Slika 3) (Pravidur 2014: 30). U Vagnju kod Kreševa eksploatirala se živa, bakar, srebro i zlato (Pravidur 2014: 30). Između Gornjeg Vakufa i Novog Travnika pružaju se kvarcnosideritne žile u kojima je zabilježen halkopirit (Pravidur 2014: 31). Među najznačajnije pojave bakrene rude ubraja se metalogenski pojas Borovica-Vareš-Čevljanovići (Pravidur 2014: 31). Zabilježena je pojava samorodnog bakra u rudištima hematita - Smreke, te pojave halkopirita i tetraedrita uz cinkano-olovna rudna tijela (Pravidur 2014: 31). Bakronosni pojas Konjuh – Krivaja – Teslić - planina Čavka obilježen je rudom koja se najčešće javlja u obliku halkopiritno-kvarcno-piritnih žila (Pravidur 2014: 31). Pojas je dug oko 80 km i proteže se od Sarajeva preko Tuzle, sjeverozapadno dolinom rijeke Krivaje prema Tesliću i Prnjavoru (Pravidur 2014: 31).

Ležišta bakrene rude zabilježena su na lokalitetima: Kraljeva Jama, Rupice, Rid, Batre, Gradina kod sela Donje i Gornje Borovice, kao i u okolini Brgula istočno od Vareša (Pravidur 2014: 31). Preko pedeset nalazišta registrirano je u zoni od Borovice (18), preko Vareša (19) do Veovače i Brgula (Pravidur 2014: 31). Brdo Sinjakovo kod Jajca stari je rudnik bakra, a oko zaseoka Zagradine i Čulinove kuće, u Bristovima, Točioni, Zolotinu potoku i na Debeloj Kosi ima tragova rudarske eksploatacije bakrene rude (Pravidur 2014: 31). Tragova rudarske aktivnosti ima i u okolini Teslića na lokalitetu Gomjenica te u dolini Krivaje na lokalitetu

Kamenica, u Orlovcu (tetraedrit) i Doljanima kod Jablanice, u okolini Kreševa na loklitetima Olešnja, Agunte i Dusine, a na Zec planini rudno ležište bakra – Bakrene jame. (Pravidur 2014: 31). Poznato je da u zoni Cvrće-Mačkara-Mračaj-Bistrica kod Gornjeg Vakufa ima tetraedritno-baritno-sideritno-kvarcnih žila koje su bile eksploatirane još tijekom prapovijesti (Pravidur 2014: 32).

1.3.2. Istočnobosansko rudonosno područje

Istočnobosansko rudonosno područje zauzima područje Podrinja i krajeva istočne Bosne. Na ovom području zabilježena su nalazišta olova, olovno-cinkanih i bakrenih rudišta s najznačajnijim rudnim ležištem – Srebrenicom, gdje se uz olovno-cinkanu rudu, iako veoma rijetko pojavljuje tetraedrit u kvarcno-antimonitnim rudnim žilama, dok je u rudnoj žili „Tri kralja“ tetraedrit srebronosan (Pravidur 2014: 35). Danas ove bakrene pojave nemaju danas ekonomsko značenje. Žile barita s tetraedritom koji je bogat živom evidentirani su u selu Jabuka, kod Goražda ima kvarcnih žila s značajnim količinama tetraedrita, halkopirita i pirita te kod Prače bakra ima u kvarcno-baritnim žilama (Pravidur 2014: 35).

Na ovom području tijekom istraživanja izvor cinka i olova zabilježili su i minerali bakra (halkopirita i tetraedrita) (Pravidur 2014: 35). Pojave bakra u cinkano olovnim rudama Srebrenice ima u obliku halkopirita i bakrenih sulfosoli arsena i antimona (Pravidur 2014: 35). U rudnom pojasu Čajniče prevladava bakar koji je praćen željezom, cinkom i olovom, a unutar tog pojasa može ga se naći u Gramusovićima, Sudićima, Dumači, Lukama i Brahama (Pravidur 2014: 35). U okolici Foče u zoni Zelengora-Šćepan polje bakar javlja uz kvarcno-piritne i sideritne žice (Pravidur 2014: 35). Ima ga i na lokalitetima Nekopi, Kopilovo, Osječani, Prača, Ustiprača, Čajniča, Rogatice (Jabuka i Odžak) kao i oko područja Srebrenice i planine Majevice (Pravidur 2014: 35). Tetraedrit se na području istočne i jugoistočne Bosne javlja uglavnom kao rijetko, uglavnom u užoj ili široj okolici Prače, okolici Jabuke, Čajniča i Goražda (Pravidur 2014: 35).

1.3.3. Zapadnobosansko rudonosno područje

Zapadnobosansko rudonosno područje geografski zauzima područje između Vrbasa i Une te područje Sane i Japre kod Blagaja (Pravidur 2014: 34). Ovo područje najpoznatije je po željeznoj rudi s centrom u rudniku Ljubija. Osim željeza na ovom području zabilježeni su minerali olova i bakra (Pravidur 2014: 34). Halkopirit, tetraedrit, kovelin, malahit i azurit se na ovom području pojavljuju u sideritnim tijelima rudišta Brdo, Litica i Kozin (Pravidur 2014: 34). Kvarcno-sideritno-halkopiritna žila zabilježena je kod ležišta željezne rude u Briševu kod Ljubije, dok rudne žile siderita i kvarca zabilježene su kod Bronzanog Majdana kod Sanskog

Mosta, a sadrže nešto tetraedrita i halkopirita (Pravidur 2014: 34). Ležišta tetraedrita zabilježena su na području Stare Rijeke na brdu Runjevica, na potezu Bosanski Novi-Sanski Most-Prijedor, na području istočno od doline Japre, u okolici Ljubije na Adamuši i rudištu Brdo gdje je zabilježen antimonski tetraedrit maslinastozelene boje (Pravidur 2014: 34). Bakrene rude ima i na planini Kozari (Crna rijeka), a tetraedrit je zabilježen na lokalitetu Cerići (Pravidur 2014: 34).

Popis izvora bakrene rude (prema Pravidur 2014: Karta 2)

- **područje Vareša:** Kraljeva jama, Rupice, Rid, Batre, Gradina kod sela Donje i Gornje Borovice, Brgule, Droškovac, Smreka, Veovača
- **područje Gornjeg Vakufa:** Mračaj, Maškara, Seferovići, Cvrće, Bistrica, Dobrošina, Seoca, Rada, Saski Rad, Borova Ravan, Đamuš Brda, Sinjakovo, Zagradine, Čulinove kuće, Bristovi, Točion, Zolotin Potok, Debela Kosa, Žaovine
- **područje Kreševa:** Dusine, Agunte, Olešnja, Sotnica, Glumac, Vidici, Gusta Šuma, Kosice, Vučina, Jelica, Rudna, Trnjač, Dubrave, Dugi Dol, Plana, Grkinja, Vrelo, Kostajnica, Vranka, Toplica, Deževica
- **područje Fojnice:** Trošnik, Čemernica, Zec planina, Batkovići
- **područje Konjica:** Koto, Dobrigošće
- **područje Jablanice:** Orlovac, Doljani
- **područje Ljubije:** Bulina Glava, Brdo, Adamuša, Kozara planina
- **područje Foče:** Šćepan polje, Nekopi, Kopilovo, Osječani, Prača, Ustiprača, Čajniče, Rogatica, Jabuka, Odžak, Vardište, Goražde
- **područje Srebrenice:** Majeвица planina
- planina Čavka i Teslić, dolina rijeke Krivaje, Busovača, Šćitovo, Brestovsko, Travnik, Berberuša, Tarčin.

1.4. Slovenija

Područje današnje Slovenije najpoznatije je po svojim olovno-cinkanim (ležište Mežica i područje Litije) i živinim rudištima (Idrija i Sv. Ana), međutim, poznata su i moga antimonska i bakrena rudišta (Simić 1951: 70–101; Jelenc 1953; Jeršek *et al.* 2007). Rudonsoni pojas antimona nalazi se sjeverno od Save i grada Zagorja, a njegova najzapadnija pojava zabilježena je kod sela Trojana, dok je najistočnija pojava zabilježena kod naselja Znojile (Simić 1951: 97). Pojas ležišta **bakrene rudače** nalazi se na području sjeverozapadne Slovenije, odnosno na prostoru sjeverno i sjeverozapadno od Idrije, u okolici Škofja, uz rijeke

Kopačnicu i Hobovščicu (Simić 1951: 99). Taj prostor sa ležištima bakrene rude dug je oko 90 km, a prostire se od Cerkljanskog (Cerkno) preko brda Škofje Loke do istočnog dijela Posavske doline (Jeršek *et al.* 2007: 106). Zabilježeni podatci govore nam o sigurnoj rudarskoj djelatnosti ovog prostora tijekom 15. st. koje se manjim ili većim intenzitetom nastavlja sve do početka 20.st. (Simić 1951: 99–101; Jeršek *et al.* 2007: 107). Zabilježena je eksploatacija bakra uz rijeku Hobovščicu tijekom sredine 19. stoljeća, sa najvažnijim rudnicima: „Sofija“ u Novinama, „Mala Gospojina“ u dolini rijeke i „Kajzer“ na Podpleču (Simić 1951: 99–101; Jeršek *et al.* 2007: 107). Tijekom 19. st. istovremeno djeluje nekoliko rudnika te je kod Toplica izrađena topionica (Simić 1951: 99–101; Jeršek *et al.* 2007: 107–8). Škofje je rudnik sulfidnih i oksidnih bakrenih ruda kao kovelin, halkozin, halkopirit, bornit, tetraedrit, pirit, hrizokola, malahit, azurit i limonit (Simić 1951: 101; Jeršek *et al.* 2007: 109). Okolna rudišta kao Stara Oselica, Koprivnik, Podjelovo Brdo, Škofja Loka također sadrže halkopirit, bornit i halkozin te njihove oksidacijske produkte malahit i azurit (Jelenc 1953: 18). U rudniku Sveti Križ kod Radeče može se pronaći halkozina, halkopirita, malahita i azurita (Jelenc 1953: 18). Na Stegovniku osnovna ruda je tetraedrit, a može se naći halkopirita i halkozina, cinabarita, limonita, azurita i malahita (Jeršek *et al.* 2007: 116–17).

Popis nalazišta bakrene rude u Sloveniji:

1. Stegovnik (Jelenc 1953: 31 Karta 2; Jeršek *et al.* 2007: 116–17)
2. Koroška Bela (Jelenc 1953: 29 Karta 2)
3. Zavodnje kod Šoštanja (Jelenc 1953: 33 Karta 2)
4. Razbor (Jelenc 1953: 31 Karta 2; Jeršek *et al.* 2007: 55)
5. Hudi Kot kod Ribnice na Pohorju (Jelenc 1953: 29 Karta 2; Durman 1983: 11)
6. Ribnica na Pohorju (Jelenc 1953: 31 Karta 2)
7. Bistriški jarek kod mjesta Muta (Jelenc 1953: 18, 28 Karta 2; Jeršek *et al.* 2007: 290–93)
8. Remšnik (Jelenc 1953: 31 Karta 2; Durman 1983: 11; Jeršek *et al.* 2007: 84–88)
9. Okoška gora kod Oplotnice – Jozlova jama (Jelenc 1953: 18,30 Karta 2; Jeršek *et al.* 2007: 89)
10. „Kajzer“ ili „Cesarski rudnik“ kod Podpleča (Simić 1951: 99–100; Jelenc 1953: 30 Karta 2; Durman 1983: 11; Jeršek *et al.* 2007: 107)
11. Novine kod Cerknem/Novinah/Novinama (rudnik Sofija ili Zofija) (Simić 1951: 99–100; Jelenc 1953: 30 Karta 2; Durman 1983: 11; Jeršek *et al.* 2007: 106–7)
12. Škofje kod Cerkno (Simić 1951: 99–101; Jelenc 1953: 18 Karta 2; Durman 1983: 11; Jeršek *et al.* 2007: 106)

13. Hobovše (Simić 1951: 99–101; Jelenc 1953: 28 Karta 2; Durman 1983: 11; Jeršek *et al.* 2007: 106)
14. Podijelovo Brdo (Jelenc 1953: 18 Karta 2)
15. Stara Oselica (Jelenc 1953: 18,31 Karta 2; Durman 1983: 11)
16. Nova Oselica (Jelenc 1953 Karta 2; Jeršek *et al.* 2007: 106)
17. Koprivnik (Jelenc 1953: 18,29 Karta 2; Durman 1983: 11)
18. Sovodenj (Jelenc 1953: 31 Karta 2; Jeršek *et al.* 2007: 106)
19. Otalež (Jelenc 1953: 30 Karta 2; Jeršek *et al.* 2007: 106)
20. Žirovski vrh (Jelenc 1953: 33 Karta 2)
21. Zminec (Jelenc 1953: 33 Karta 2)
22. Martinj vrh (Jelenc 1953: 30 Karta 2; Jeršek *et al.* 2007: 106)
23. Selca (Jelenc 1953: 31 Karta 2)
24. Češnjice (Jelenc 1953 Karta 2; Durman 1983: 11; Jeršek *et al.* 2007: 53–54)
25. Zlatenek kod Blagovice (Simić 1951: 101; Jelenc 1953: 32 Karta 2; Jeršek *et al.* 2007: 53–54)
26. Krašnja (Jelenc 1953: 29 Karta 2)
27. Zapodje kod Kresnice (Jelenc 1953: 33 Karta 2)
28. Cirkuš kod Vače (Jelenc 1953: 28 Karta 2; Durman 1983: 11; Jeršek *et al.* 2007: 52–54)
29. Sitarjevec kod Litije (Jelenc 1953 Karta 2; Durman 1983: 11; Jeršek *et al.* 2007: 52–65)
30. Kamnica kod Dol pri Ljuljani (Jelenc 1953: 29 Karta 2; Durman 1983: 11; Jeršek *et al.* 2007: 52–54)
31. Marija Reka (Jelenc 1953: 29 Karta 2; Jeršek *et al.* 2007: 56)
32. Pristava kod Celja (Jelenc 1953: 31 Karta 2)
33. Podkraj kod Radeče (Jelenc 1953: 30 Karta 2; Durman 1983: 11; Jeršek *et al.* 2007: 55)
34. Močilno (Jelenc 1953 Karta 2; Jeršek *et al.* 2007: 106)
35. Sv. Križ kod Radeče (Jelenc 1953: 18,32 Karta 2; Durman 1983: 11)
36. Počivalnik pri Trziču (Jelenc 1953: 30; Jeršek *et al.* 2007: 112)

IV POČETAK RUDARSTVA I PRAPOVIJESNI RUDNICI BAKRA

Danas otvaranje rudnika i rudarstvo ovisi o mnogo faktora i uvjeta, međutim, tijekom prapovijesti takvi faktori nisu bili ključni. Zato prapovijesno rudarenje treba sagledavati u

odgovarajućem tehnološkom i ekonomskom kontekstu. Ekonomski pojam **rude** (engl. *ore*) podrazumijeva mineralni agregat u kojem je udio korisne komponente ili korisnih komponenata dovoljno velik da opravdava njegovo ekonomično iskorištavanje (Šinkovec 1988: 696; O'Brien 2014: 2,13). **Rudna ležišta** ili **rudišta** (engl. *orebody*) akumulacije su korisnih mineralnih sirovina koje se nalaze u Zemljinoj kori, a nastale su geološkim procesima (Šinkovec 1988: 696; O'Brien 2014: 2). Kako bi takva akumulacija imala značenje pravoga rudnog ležišta, mora sadržavati neki minimalni udio mineralne komponente – **kvaliteta rude** i neku minimalnu količinu rude – **rudna rezerve** (engl. *grade*), a njezina eksploatacija mora biti tehnički moguća i ekonomski opravdana (Koščec *et al.* 1988; Šinkovec 1988: 696; Evans 2001; O'Brien 2014: 2). Treba napomenuti da nabrojani uvjeti nisu stalni, nego se mijenjaju sukladno s napretkom rudarske tehnike i ovise o potražnji pojedinih mineralnih sirovina (Šinkovec 1988: 696). Odnosno, svode se na činjenicu da što je veća vrijednost mineralne sirovine, to su manje minimalne rudne rezerve potrebne za ekonomsko opravdavanu eksploataciju (Šinkovec 1988: 696). U današnje vrijeme ako rudno ležište nije ekonomski isplativo, naziva se **rudnom pojavom** (Šinkovec 1988: 696). U svrhu usporedbe odnosa, danas minimalne rudne rezerve za ležišta željezne rude moraju iznositi stotinjak tisuća tona, za ležišta obojenih metala desetke tisuća tona, za ležišta rijetkih metala (npr. volfram, molibden, kositar, živa) stotinjak tona, a za ležišta plemenitih metala (npr. zlato, platina) minimalne rezerve mogu iznositi svega nekoliko kilograma (Šinkovec 1988: 696). Rudarstvo možemo definirati kao pronalaženje i vađenje korisnih mineralnih sirovine iz Zemljine kore (Marušić 1988: 588). U širem smislu, obuhvaća sve radove koji takvo vađenje omogućuju i koji dobivene mineralne sirovine pretvaraju u koristan proizvod (Marušić 1988: 588). Istražni radovi rudarstva podrazumijevaju utvrđivanje postojanja, položaja i oblika ležišta mineralnih sirovina, njihove količine i kvalitete te geološko-rudarskih karakteristika neposredne okolice (Koščec *et al.* 1988: 593). Zapravo osnovne metode rudarskih istražnih radova nisu se puno mijenjale od prapovijesti, kada se iz zemlje vadio kamen (Koščec *et al.* 1988: 593). Iskustveno se naučilo da se određena mineralna sirovina (bakar, željezo, zlato) pronalazi u određenoj prirodnoj sredini (Koščec *et al.* 1988: 593). Raskopavanje tla prvo rukama i alatom, danas strojevima, zatim kopanje okana i hodnika u različitim pravcima, bile su glavne i gotovo jedine metode za istraživanje mineralnih sirovina sve do 19. st. (Koščec *et al.* 1988: 593). Revoluciju u rudarskim istražnim radovima unosi tek bušilica (na parni pogon) sredinom 19. st. i dodavanje bušaće krune s industrijskim dijamantima (Koščec *et al.* 1988: 593).

Iako razni čimbenici kao geneza ležišta, njihova klasifikacija i karakterizacija imaju veliku ulogu u modernom rudarenju, oni nisu bili bitni niti poznati prapovijesnom rudaru. Ključnu ulogu imale su druge karakteristike rudišta: vidljivost i fizička manifestacija mineralizacije, količina metala unutar rudišta i tehnička mogućnost izvedivosti eksploatacije rude iz njenog ležišta (O'Brien 2013: 433, 2014: 4). Odlučujući faktor bila je **tehnološka ograničenost**, odnosno da li je zajednica poznavala tehnologiju potrebnu za eksploataciju takvog rudišta te da li su imali tehnologiju potrebnu za preradu tog tipa rudače (O'Brien 2014: 13–14). Iako možemo pretpostaviti da je i mala količina bakra bila bitna prapovijesnom rudaru, njegov udio u mineralu morao je igrati određenu ulogu prilikom odluke o **isplativosti eksploatacije rudišta** (O'Brien 2014: 13). Tako ruda s premalim udjelom bakra i kompleksna ruda koja zahtijeva napredniju tehnologiju obrade nisu bile eksploatirane (O'Brien 2014: 13). Rano rudarenje uključivalo je sakupljanje ruda s površine, kopanje otvorenih jama i rovova ili podzemno rudarenje koje je nastalo praćenjem rudne žile ispod površine (Černych 1978; Jovanović 1978; Durman 1983: 13; Ottaway 2001: 91; Pravidur 2014: 21; Antonović & Dimić 2017: 130). Prva dva načina ne zahtijevaju veliko rudarsko iskustvo, dok treće podzemno rudarenje zahtijeva specijalizaciju, odnosno iskusne pojedince koji rudu mogu sigurno izvući na površinu (Ottaway 2001: 91). Ležište rude u žilama vrlo je važno u prapovijesno vrijeme, zato što je to lokalizirani depozit s visoko koncentriranom mineralizacijom koje je jako uočljivo u matičnoj stijeni zahvaljujući jarko obojenoj površinskoj oksidaciji (O'Brien 2014: 5). Ovakav tip ležišta bio je najvažniji izvor metalne rude sve do 20. st. (O'Brien 2014: 12). Način eksploatacije rudnika ovisi o mnogo faktora (geološko okruženje, koncentracija mineralizacije, vrsta rude i vrsta matične stijene itd.) koji zahtijevaju od rudara da se prilagođavaju okolišu (O'Brien 2014: 199–203) što se jako dobro vidi različitim individualnim metodama korištenim pri eksploataciji prapovijesnih rudnika (Jovanović 1978).

Povijest rudarenja počinje sa eksploatacijom kamena još u vrijeme starijeg kamenog doba (Jovanović 1978: 13, 1979: 42; Ottaway 2001; O'Brien 2014: 1). Paralelno s razvojem tehnologije obrade kamena morala se razvijati njegova sistematska eksploatacija, potom s vremenom i podzemno rudarenje. Naći, prepoznati i iskoristiti pogodnu sirovinu kompleksan je proces koji se postepeno razvijao kroz dugi vremenski period. Iako razvoj metalurgije u eneolitiku dolazi kao novina, rudarenje treba gledati kao prirodni proces razvoja eksploatacije kamena i drugih minerala rudarenjem jer je upravo ono omogućilo prvi kontakt s bakrenim mineralima (Antonović 2006: 85; O'Brien 2014: 196; Pravidur 2014: 24; 2018: 188).

Prapovijesni rudnici nemetalne sirovine i kamenolomi na području Balkana, za sada nisu otkriveni (Antonović 2018: 188), međutim, prva etapa rudarenja bakra morala se razviti i oslanjati na tradiciju i znanja vađenja kamena (Jovanović 1979: 42–43, 1980; O'Brien 2014: 53). Većinu rudarske aktivnosti iz prapovijesti danas je teško otkriti i dokazati. Na samom njenom početku prikupljani su minerali s površine zemlje, a dokazi intenzivnije djelatnosti uništeni su rimskim, srednjovjekovnim i kasnijim rudarskim radovima (Durman 1983: 7; Pravidur 2014: 20–21). Primjere neolitičke eksploatacije kamena i raznih minerala imamo koncentrirane na planini Bakony u centralnoj Transdanubiji, te na planinama Bükk i Mántra na sjeveru Mađarske (Bacskay & Biro 2003: 117–18 Fig.26). Metode i korišteni alati tih rudokopa međusobno su se razlikovali i ovisili su o geološkim uvjetima položaja (Bacskay & Biro 2003: 118 Fig.27,28). Rana eksploatacija cinabarita (HgS) (Slika 11) na planini Avala na položaju Šuplja Stena kraj Beograda govori o početnom rudarstvu na centralnom Balkanu, a zajedno s nalazima iz naselja Vinča pokazuje sklonost vinčanske kulture da eksperimentira s raznim sirovinama (Garašanić 1979: 162; Jovanović 1979: 29,52; Garašanić 1982: 139; Durman 1988a).



Slika 11: Cinabarit sa kvarcom, Avala kraj Beograda, Srbija (preuzeto 12.11.2020.: <https://www.pdpobeda.rs/ekologija/fajlovi/izlozba.html>)

Danas je opće prihvaćeno da rudarenje kovina počinje s ekstrakcijom elementarnog bakra i sekundarnih bakrenih minerala iz površinskog sloja ležišta i iz oksidacijske zone (O'Brien 2013: 441, 2014: 8; Pravidur 2014: 21). Bakreni predmeti balkansko – podunavskog područja dobiveni su od bakra visoke čistoće, odnosno samo iz oksidnih minerala koji nisu zahtijevali kompleksni proces taljenja (Jovanović 1979: 46–47; Pernicka & Anthony 2010: 171). Nakon iscrpljivanja ležišta oksidnih ruda, pokazala se potreba za istraživanjem drugih rudnih

minerala (Jovanović 1979: 47; Durman 1983, 2006: 31; Pravidur 2014: 21). Počelo se razvijati pravo rudarstvo, a potom i niz tehnoloških procesa eksploatacije koja su rezultirala boljom konačnom proizvodnjom (Durman 1983, 2006: 31; Pravidur 2014: 21). Razvoj rudarenja i metalurgije uključivala je upotrebu bakrenih sulfarsenida iz serije tenantit – tetradrit (engl. *falhore*; njem. *Fahlerz*, sinjavci ili sinja ruda) (O'Brien 2013: 441). Rudarenje sulfarsenida započelo je najvjerojatnije tijekom 4. tisućljeća pr. Kr., a prepoznaje se po pojavi arsenske bronce (Durman 1988b: 32; O'Brien 2013: 441). Naročito je povezana s širenjem metalurgije kulture Zvonastih pehara u zapadnoj Europi (O'Brien 2013: 441) i s badenskom kulturom na prostoru Karpatske kotline i Podunavlja tijekom 4. tisućljeća pr. Kr. (Durman 1983: 57, 1997: 7; Hansen 2011: 137, 2013: 153; Siklósi & Szilágyi 2019: 5276). Upotreba ovog tipa rude opada usvajanjem kositrene bronce oko 2000. pr. Kr., ali u srednjoj Europi ostaje razvijena i tijekom kasnog brončanog doba (Durman 2006: 33; O'Brien 2013: 441). Zadnja etapa u ekstrakciji bakra u Europi podrazumijeva sulfidne rude poput borita i halkopirita (O'Brien 2013: 441). Najranija eksploatacija ovog tipa rude nije precizno određena, možda je započela u kasnom eneolitiku ili ranom brončanom dobu (O'Brien 2013: 441). Mnogi rudnici za koje se nekada mislilo da su eksploatirali i obrađivali sulfidnu rudu, naknadno je dokazano da su ipak koristili samo oksidirane minerale (O'Brien 2013: 441). Iako je tehnologija dubokog rudarenja i kompleksnog taljenja razvijena u vrijeme brončanog doba, u većem dijelu Europe nije korištena sve do rimskog doba (O'Brien 2014: 8).

Revoluciju u proučavanju rane metalurgije i rudarenja, u drugoj polovici 20. st., izazvali su nalazi rudnika bakra Ai Bunar i Rudna glava iz 5. tisućljeća pr. Kr. (Černych 1978; Jovanović 1980). Potom, diljem jugoistočne Europe otkrivene su razne rudne pojave te ležišta malahita ili azurita s mogućim naznakama prapovijesnog rudarstva, posebno u istočnoj i središnjoj Srbiji, Transilvaniji i jugoistočnoj Bugarskoj (Pernicka & Anthony 2010: 170). E. N. Černych 1970-ih provodi projekt istraživanja prapovijesnih rudnika na području Bugarske. Tada je zabilježeno 103 potencijalna rudnika od kojih 33 nije imalo nikakve tragove starih eksploatacija, 6 je imalo naznake takvih aktivnosti, a 65 ima sigurne znakove eksploatacije od neolitika do 17 st. (Černych 1978). Poznati bugarski eneolitički rudnik bakra – rudni kompleks **Ai Bunar** otkriven je 1971. godine, a čijim istraživanjem pronađeno je 11 eneolitičkih rudarskih okana u dužini od 1,5 km (Černych 1978 Table 1; O'Brien 2014: 49). Nešto ranije, 1960-ih na području Srbije pronađen je jedan od najstarijih rudnika bakra u Europi **Rudna glava** iz kasnog 6. i ranog 5. tisućljeća pr. Kr. (Jovanović 1979: 31, 1980; Borić 2009: 192,194; O'Brien 2014: 40). Danas, na prostoru Srbije, još uvijek traju

istraživanja rudnika **Prljuša na Malom Šturcu** (Antonović & Dimić 2017: 118; Dimić 2019: 85). Na području jugoistočne Europe pronađeno još prapovijesnih rudnika. Rekognosciranja rudnog polja Rozen u Bugarskoj koncentrirala su se na već ranije poznate rudnike Medni rid, Propadnala voda, Čiplaka, Alepu i Alefo Tumba (Kunze *et al.* 2018). Međutim, to istraživanje nije iznijelo nove sigurne dokazi o rudarenju u vrijeme eneolitika, iako se u njihovoj blizini nalaze kasno neolitička i eneolitička naselja s mnogo nalaza bakrene rude, bakrenog nakita i manjih predmeta (Antonović 2018: 190; Kunze *et al.* 2018). Jedinstveni kompleks ranog rudarstva u jugozapadnoj Srbiji rudnik je Jarmovac, koji je odavno poznat, međutim, njegova iskopavanja započela su tek 2003. godine (Jovanović 1978; Antonović 2018: 196). Nadalje, treba spomenuti rudnik Ždrelo (Slika 12) koji se ističe uočljivom padinom crvene boje u kojoj se vidi miješanje sa žilama malahita i azurita (Šljivar *et al.* 2012: 28; Antonović 2018: 200 Fig. 15). Istraženo je samo jedno prapovijesno okno kojeg nije moguće pobliže datirati (Antonović 2018: 200). Ostali mogući rudnici su suvremeni rudnik bakra Rebelj u sjeverozapadnoj Srbiji, rimski rudnik zlata Lece, suvremeni rudnik bakra Majdanpek i planina Avala (Antonović 2018: 189, 200–206).



Slika 12: Pogled na rudnik Ždrelo, Srbija (preuzeto: Antonović 2018: 200 Fig. 15)

Lokalne rudnike bakra najlogičnije je povezati s vremenskim i geografski bliskim ležištima, međutim, razvojem metodologije takva praksa pokazala se nekad zavaravajućom. Ležišta bakra različitih geoloških dobi i porijekla sadrže različite izotopa olova, zato proučavanjem izotopa olova bakrenih artefakata mogu se ubicirati i razlikovati njihovi geološki izvori (Pernicka & Anthony 2010: 170). Ovakve analize metalnih predmeta sa lokaliteta u Bugarskoj pokazuju da se dio može povezati s rudom iz Ai Bunara, međutim, neki se povezuju s rudom s područja Majdanpeka u Srbiji i sa područja u blizini Burgasa (Medni Rud) na jugoistoku Bugarske (Pernicka & Anthony 2010: 171). Isto tako, na groblju Durankulak, na crnomorskoj obali Bugarske, bakreni artefakti priloženi u istom grobu bili su napravljeni od rude iz različitih izvora (Pernicka & Anthony 2010: 171). Ovakvi rezultati nam govore o širokoj komunikacijskoj, trgovinskoj i opskrbenj vezi koja je bila razvijena tijekom 5. tisućljeća prije Kr. na području jugoistočne Europe.

Ai Bunar

Ai Bunar nalazi se 8 km sjeverozapadno od grada Stara Zagora u centralnoj Bugarskoj. Radi se o polimetalnom ležištu hidratermalnog tipa sa olovom, cinkom i bakrom kao osnovnom mineralizacijom (Černych 1978: 203). Na nekoliko mjesta karbonatna ruda (malahit i azurit) izbija na površinu u dobro definiranoj oksidacijskoj zoni koja može duboka biti i do 25 m (O'Brien 2014: 48–49). Ruda je tu koncentrirana u uskim žilama čija je prapovijesna eksploatacija dovela do stvaranja nepravilnih rudarskih kanala (Slika 13) koji se jako dobro razlikuju od kasnijih okana nastalih u organiziranoj eksploataciji (Černych 1978; O'Brien 2014: 49–50 Fig. 2.7).



Slika 13: Pogled na prapovijesna okna Ai Bunar-a, Bugarska (preuzeto: Černych 1978: Pl.15)

Tijekom istraživanja pronađeno je oko 20 fragmentiranih rogova koji su korišteni za vađenje minerala iz stijene (Černych 1978: 212 Pl.19:1-5; O'Brien 2014: 50). Ovo je bila primarna metoda za ekstrakciju rude ovog rudnika, pošto nema dokaza o korištenju vatre niti nalaza kamenih čekića (Černych 1978: 212; O'Brien 2014: 50). Međutim, ne smijemo zaboraviti da se rudnik najvjerojatnije eksploatirao i mnoštvom alata od organskih materijala koji nam nije vidljiv u arheološkom zapisu. Jako zanimljivo je da, iako nedostaje nalaza kamenih čekića, pronađene su dvije bakrene alatke: sjekira-čekić i sjekira-dlijeto, tipične za karpatsko – balkanski prostor (Černych 1978: 212–13 Pl.20:1a-b,2; O'Brien 2014: 50–51 Fig.2.8). Alatke su lijevane i pokazuju tragove upotrebe što je bio argument za formiranje teze da su u nedostatku kamenih alatki, prapovijesni rudari koristili bakrene (Černych 1978: 212; O'Brien 2014: 51). Pronađena keramika pripada Karanovo IV-Gulmenița kulturi što datira djelovanje rudnika između 4800. – 4300. pr. Kr. (Černych 1978: 203; Antonović 2018: 191). Analizama je dokazana poveznica između minerala bakra pronađenih na eneolitičkim naseljima (npr. Azmaška Moglia, Bereketskaja Moglia, Čatalka...) i rudnika Ai Bunar (Černych 1978: 213 Fig. 7; O'Brien 2014: 52). Isti tip minerala pronađen je i u kasno neolitičkim slojevima obližnjih naselja što upućuje da je ovaj rudnik poznat i korišten istovremeno s Rudnom Glavom (Antonović 2018: 192), ali i mnogo kasnije u vrijeme kasnog brončanog i ranog željeznog doba (Černych 1978: 206–7; O'Brien 2014: 50–52). U istovremenim naseljima ima

nalaza rude, gotovih bakrenih proizvoda čak i tragova usitnjavanja rude, međutim nema nikakvih drugih dokaza koji bi upućivali na pravu metaluršku djelatnost (Černych 1978: 213–16; O'Brien 2014: 52). Zato se pretpostavlja da tehnologija procesiranja rude bakra nije bila poznata lokalnim zajednicama, to je dodatno potvrđeno analizama metalnih predmeta koji nisu produkt lokalne sirovine (O'Brien 2014: 52). S druge strane, postoje dokazi koji pokazuju da sirovina iz Ai Bunara cirkulirala na širem karpatsko-balkanskom prostoru (O'Brien 2014: 52). Procjenjuje se da je ukupna količina rude iz Ai Bunara u bakrenom dobu bila između 2000 i 3000 tona, što bi moglo dati oko 500 tona bakra (Pernicka & Anthony 2010: 170).

Rudna Glava

Rudna Glava do danas je ostala omiljena tema i fokus mnogih istraživanja. Rudnik se nalazi na obroncima brda Okno, 20-ak km jugoistočno od Majdanpeka, suvremenog rudnika bakra (Antonović 2018: 193). Ležište je pokriveno debelim željeznim šeširovom s impregnacijama zeleno obojenog halkopirita koji prekriva zonu sekundarne mineralizacije u kojoj su rude malahit, azurit i kuprit (Jovanović & Ottaway 1976; Jovanović 1979: 43; O'Brien 2014: 40). Od rimskih vremena Rudna Glava je primarno eksploatirana zbog svojih ležišta željeza dok je karbonatna bakrena ruda bila usputna pojava, iako je upravo bakar bio poticaj za prvotnu eksploataciju rudnika (Antonović 2018: 193).



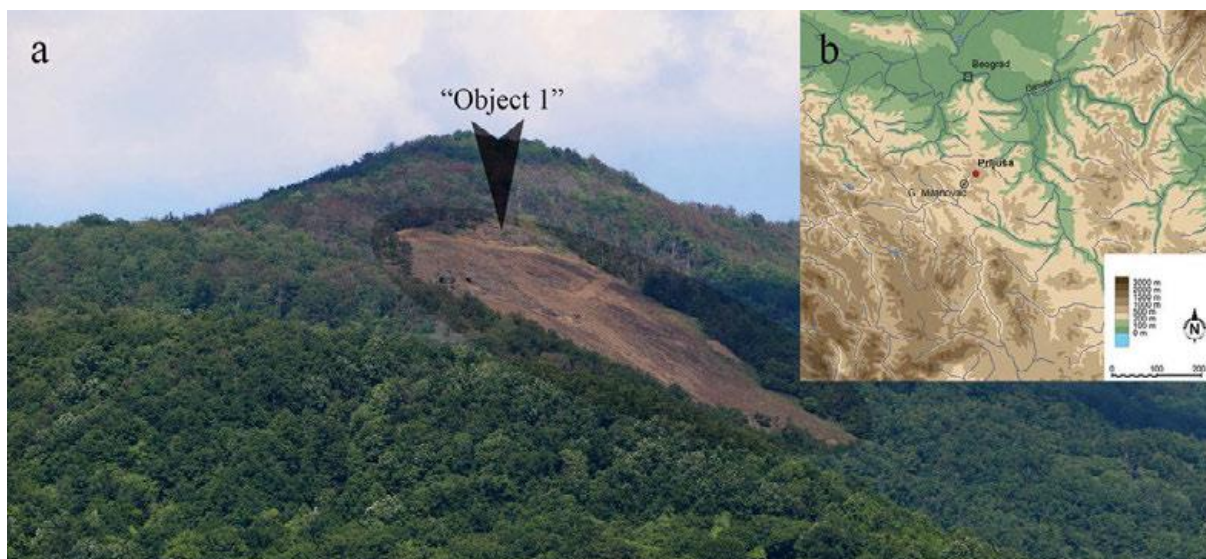
Slika 14: Pogled na prapovijesna okna rudnika Rudne Glave, Srbija (preuzeto: Antonović 2018 Fig.6,7)

B. Jovanović provodi arheološka istraživanja lokaliteta 1968. – 1986. kada je istraženo 8 pristupnih platformi s ukupnim brojem od 30 okana (Slika 14) (O'Brien 2014: 40–41 Fig. 2.2; Antonović 2018: 193). To nisu okna u pravom smislu riječi, već kanali koji su nastali kao rezultat praćenja rudnih žila (Jovanović 1978: 13; O'Brien 2014: 40–43; Antonović 2018: 193 Sl.6-7). Rad se odvijao u 3 zone: pristupna platforma, vertikalni kanali i kanali koji su se otvarali prema horizontalnim rudačom bogatim rasjedima u stijeni (Durman 1983: 13). Iz takve organizacije rada vidi se da su se rani rudari prilagođavali geološkom okruženju i vidljivosti rudnih žila (O'Brien 2014: 42–43). Ruda se vadila iz stijene uz pomoć kamenih sjekira i jelenjih rogova, a vrlo vjerojatno se koristila i vatra (Jovanović 1979: 44–45 T.IV : 1-2,4-5). Izvađena ruda se na površini usitnjavala da bi se izdvojili komadi bakrenog minerala, a otpadni materijal služio je za zatrpavanje iscrpljenih kanala (Jovanović 1978: 13; O'Brien 2014: 43). Apsolutni datumi i arheološki nalazi pokazuju da se Rudna Glava eksploatirala

tijekom cijelog trajanja vinčanske kulture 5400. – 4650. pr. Kr. (Borić 2009: 205). Uporaba rude iz Rudne Glave u najranijoj metalurškoj industriji nije odmah potvrđena analizama izotopa olova, međutim nove analize sa vinčanskog naselja u Belovodama potvrdili su vezu između metalnih nalaza i rudnika (Pernicka & Anthony 2010: 170; Pernicka 2014: 450). Iako Rudna glava nije odmah potvrđena kao izvor rude, analize izotopa olova od početka pokazuju da je cijelo područje istočne Srbije, a naročito Majdanpeka, rudom opskrbljivalo široko područje od Bugarske do središnje Panonije i tako igralo važnu ulogu u razvoju metalurgije (Pernicka & Anthony 2010: 170).

Prljuša na Malom Šturcu

Jedan od novije istraživanih rudnika bakra je **Prljuša na Malom Šturcu** (Slika 15). Planina Rudnik nalazi se u centralnoj Srbiji blizu Gornjeg Milanovca, a eksploatirana je kroz prapovijesno, rimsko i srednjovjekovno doba (Antonović & Dimić 2017: 118; Dimić 2019: 85). Naniži vrh planine je Mali Šturac, a na njegovoj jugozapadnoj padini nalazi komad neplodne zemlje okružene šumom – Prljuša (Antonović & Dimić 2017: 118). Lokalitet je prvi put istraživan između 1981. i 1989. u nekoliko kraćih kampanja, nakon čega slijedi prekid sve do 2010. godine kada se istraživanja ponovno pokreću (Antonović *et al.* 2014; Antonović 2017; Antonović *et al.* 2019). Mineralizacija malahita se na nekim lokacijama pojavljuje površinski, dok se veći depoziti nalaze dublje ispod površine (Antonović & Dimić 2017: 119; Dimić 2019: 87). Do sada su otkriveni samo horizontalni rudarski kanali koji su pratili rudne žile na površini (Antonović & Dimić 2017: 130). Tvrda stijena koja je sadržavala rudu najprije je oslabljena vatrom nakon čega se razbijala kamenim čekićima raznih dimenzija (Antonović & Dimić 2017: 130, 133–34 Fig.14; Dimić 2019: 87). Upotreba vatre za cijepanje stijena koja sadrži rude zabilježena je i u drugim pretpovijesnim rudnicima i čini se da je bila raširena praksa prapovijesne rudarske tehnike (O'Brien 2014: 204; Antonović & Dimić 2017: 130). Proces rudarenja na Prljuši može se rekonstruirati kao sljedeći: stijena je zagrijana vatrom potom naglo ohlađena vodom, ruda se od matične stijene odvaja kamenim maljevima. Takva praksa potvrđena je i arheološkim eksperimentom (Dimić 2019). Možemo pretpostaviti da su korišteni i drugi alati napravljeni od organskih materijala koje ne žalost nemamo sačuvane (Dimić 2019: 87).



Slika 15: a) Vrh planine Rudnik - Mali Šturac s padinom Prljuše b) geografski položaj nalazišta na karti Srbije (preuzeto: Dimić 2019: Fig. 1)

Istraživanjem je pronađeno 15 objekata, od kojih su okna 1,4 i 6 sustavno istraživani (Antonović & Dimić 2017). Najbolji primjer prapovijesnog rudarenja je Okno – „Objekat 1“ na kojem se jasno vidi kombinacija površinskog i podzemnog rudarenja (Antonović & Dimić 2017: 128–29 Fig.9; Antonović *et al.* 2019). U istom oknu pronađena je i keramika koja se samo okvirno datira u period između Bubanj-Hum 1 do Bubanj-Hum 2 (Antonović & Dimić 2017: 128–29 Fig.9; Antonović *et al.* 2019). Način eksploatacije rude, tj. praćenje i pražnjenje malahitnih žila koji iza sebe ostavlja nepravilne rudarske kanale, bio je presudan za svrstavanje ovog okna u rani eneolitik, međutim vrlo je vjerojatno da je rudnik eksploatiran kroz duži vremenski period (Antonović & Dimić 2017: 129; Antonović *et al.* 2019: 73). Prilikom istraživanja Okna 6 pronađena je jama, odnosno najvjerojatnije podzemna galerija. Na zidovima te galerije pronađeni su tragovi kanala, žlijebova za koje se pretpostavlja da ostaci svojevrstne drvene konstrukcije, a slična situacije pronađena je i u galeriji Objekta 1 (Antonović & Dimić 2017: 132–33). Autori pretpostavljaju da se o drvenu konstrukciju objesio veliki kameni malj koji je služio za razbijanje stijene (Antonović & Dimić 2017: 133 Fig.12; Dimić 2019 Fig. 13). Jedan od argumenata za tu tezu, bilo je pronalaženje velikog malja, teškog oko 19 kg, na ulazu u galeriju Objekta 1 (Antonović & Dimić 2017: 133 Fig.13).

V RANA METALURGIJA JUGOISTOČNE EUROPE – PROSTORNI I VREMENSKI OKVIR

Prilikom prerade bakra treba razlikovati "hladnu" obradu od "vruće" (ekstraktivne) metalurgije (Radivojević & Kuzmanović-Cvetković 2014: 8). Treba povući jasnu crtu između **temperiranja**⁴ (engl. *annealing*) – toplinske obrade na nižim temperaturama i **pirometalurgije** – pravog taljenja koji zahtjeva temperature više od 1000 °C (Radivojević & Kuzmanović-Cvetković 2014: 8). Radikalna promjena u svojstvima materijala koje izaziva ta „vruća“ metalurgija razdvaja pirometalurgiju od tehnologije „hladnog“ oblikovanja minerala (Radivojević *et al.* 2010: 2776). Elementarni bakar, malahit i azurit dugo vremena bili su obrađivani rezanjem, brušenjem, struganjem, glačanjem i zagrijavanjem, tehnikama koje su ukorijenjene u neolitičkoj tehnologiji obrade kamena (Craddock 2000: 152; Antonović 2006: 87–88; Radivojević *et al.* 2010: 2776; Pernicka 2014: 448). To vrijeme naziva se „predmetalurškom“ ili „malahnitnom fazom“, a podrazumijeva prve doticaje i eksperimentiranje s metalom (Antonović 2006; Pravidur 2014: 46). Tijekom ove faze nije iskorišten sav potencijal bakra i bakrenih minerala, ne poznaje se ekstraktivna tehnologija ni prava termička obrada rude (Pravidur 2014: 46). Zato se ova faza ne može smatrati dijelom razvoja metalurške proizvodnje. Upotreba zelenih i plavih perli te pigmenta od bakrenih minerala poznata je još od 11. tisućljeća pr. Kr. na području Bliskog Istoka (jugoistočne Azije) na lokalitetima kao što su Shanidar (Irak), Hallan Çemi (istočna Turska) i Rosh Horesha (Izrael) (Solecki 1969; Killick & Fenn 2012: 562; O’Brien 2014: 37; Pernicka 2014: 448–49; Sava 2015: 274). Tijekom sljedećih tisućljeća upotreba bakrenih minerala postala je uobičajena među prapovijesnim zajednicama na Bliskom i Srednjem Istoku (Killick & Fenn 2012: 562; Sava 2015: 274). Krajem 7. i početkom 6. tisućljeća pr. Kr. bakreni predmeti su rijetki, a već u drugoj polovici 6. i tijekom 5. tisućljeća pr. Kr. dolazi do značajnog porasta metalnih nalaza i većeg interesa zajednica za bakar i njegove rude (Hansen 2011: 139). Nekoliko regija na Bliskom i Srednjem Istoku pružaju dokaze o ranoj pirometalurgiji (Tepe Zageh, Cheshme Ali, Tal-i-Iblis, Norşuntepe, Nahal Mishmar, Feinan...) već u 5. tisućljeću pr. Kr. (Pernicka 2014: 450), a istovremeno imamo dokaze o taljenju bakra na prostoru Srbije (Radivojević *et al.* 2010: 2776, 2778; Šljivar *et al.* 2012: 29; Pernicka 2014: 450; Radivojević & Kuzmanović-Cvetković 2014).

Razlog koji je potaknuo ljude da eksperimentiraju s bakrenim mineralima i kako je došlo do spoznaje o njegovom taljenju nikad nećemo sa sigurnošću otkriti. Novija istraživanja idu u smjeru da početak usvajanja metalurgije možemo zahvaliti estetski i društveno-kulturnim

⁴ Naziv engl. *annealing* u hrvatskom strukovnom jeziku može naći preveden kao “popuštanje”, “napuštanje” ili “temperiranje”. Kroz tekst će se koristiti temperiranje kao prijevod po preporuci J. Macan (2015: 292)

utjecajima, a ne tehnološkim ili ekonomskim potrebama (Ottaway 2001; Killick & Fenn 2012: 562; Pravidur 2014: 48). Rani predmeti od bakra, kao nakit i sjekire-čekići, vjerojatnije su imali simboličku nego funkcionalnu vrijednost te smatra se da je metal imao veliku ulogu u raslojavanju društava (Hansen 2011: 56; O'Brien 2014: 38). Do stapanja estetskih i funkcionalnih karakteristika metalnih predmeta dolazi tek mnogo kasnije u povijesti, odnosno razvoj jako složenih metalurških tehnika kao što je proizvodnja damaskijskog čelika i japanskih mačeva omogućava stvaranje visoko funkcionalnih predmeta koji su ujedno i objekti ljepote i predmeti socijalnog statusa (Killick & Fenn 2012: 562).

Jugoistočna Europa jedno je od nekoliko područja na kojima se već tijekom 5. tisućljeća pr. Kr. lijevaju metalni predmeti (Slika 19). No, ono što izdvaja ovo područje od drugih izuzetno je veliki broj nalaza bakrenih i zlatnih predmeta koji premašuju metaluršku proizvodnju svih poznatih istovremenih područja. Na tom području, naročito Balkana i Karpatske kotline, pojava predmeta od samorodnog bakra prisutna je u vrijeme neolitika (Starčevo-Körös-Criş kompleks i lengyelska kultura) tijekom 6. tisućljeća pr. Kr. (Jovanović 1979: 33; Radivojević *et al.* 2010; Hansen 2011: 138–39; Sava 2015: 274; Siklósi & Szilágyi 2019: 2575). Rano upoznavanje s metalom i autohtoni razvoj metalurgije na ovom prostoru posljedica je nekoliko faktora: vrlo bogata ležišta metalne rude centralnog Balkana, poznavanje, tradicija i razvoj rudarstva te razvijena pirotehnologija koja se najbolje vidi u tehnologiji izrade grafitno ukrašene i crno pečene keramika 5. tisućljeća pr. Kr. (Jovanović 1979, 1999: 119; Antonović 2002; O'Brien 2014: 38–39). Često se smatra da je tehnologija pečenja keramike koja se razvila dovoljno da može dosegnuti temperature dovoljne za taljenje bakrenih oksida bila ključno pirotehničko dostignuće za prvu metaluršku preradu. Međutim, ova teza nikada nije dobro i detaljno istražena te se tek odnedavno podobnije preispituje (Craddock 2000: 161; vidi: Amicone *et al.* 2020).

1. Vinčanska kultura- prva metalurška kultura jugoistočne Europe

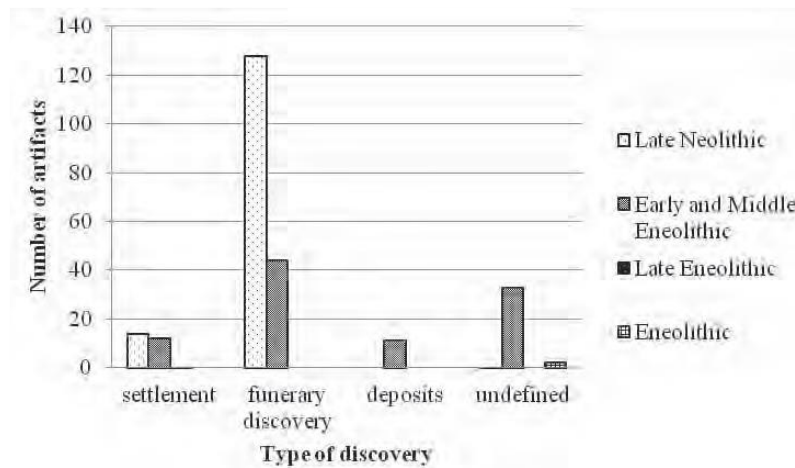
Proizvodnja masivnih, lijevanih predmeta i prvi rudnici bakra na području Karpatskog bazena, Podunavlja i zapadnog Ponta pr. Kr. prvi put su zabilježeni u 5. tisućljeću pr. Kr. (Radivojević *et al.* 2010: 2776; Hansen 2011: 139, 2013: 146–47). Povećanje broja metalnih nalaza i bakreni rudnici vežu se uz kasnoneolitičku vinčansku kultura koja je igrala značajnu ulogu u razvoju europske metalurgije bakra. Kultura je bila rasprostranjena na području centralnog Balkana kroz drugu polovicu 6. i prvu polovicu 5. stoljeća pr. Kr. (Garašanin 1979). Tijekom svog širenja prvo zaposjeda područje istočne pa zapadne Srbije, zatim istočne

Bosne, Kosova i sjeverne Makedonije, te rumunjskog Banata i Transilvanije što znači da se raširila na najznačajnija ležišta bakra južnog i istočnog dijela Karpatske kotline (Durman 1983: 14). Ta kultura, uz iznimke nekoliko lokaliteta, nije prisutna na teritoriju Hrvatske, no vidljiv je njen utjecaj na istovremene kulturne skupine istočne Hrvatske. Važno ju je spomenuti jer Vučedolska kultura kao izraziti predstavnik kasnog eneolitika, neosporni je nasljednik metalurških procesa koje je prije svega u Karpatskoj kotlini započela vinčanska kultura (Durman 1983: 66). Vinčanska kultura isprva poznaje samo hladnu metalurgiju bakrenih minerala za izradu perli (Radivojević & Rehren 2016: 210), a najraniji sigurni dokaz o poznavanju tehnologije taljenja potječe s naselja u Belovodama (Radivojević *et al.* 2010: 2776, 2778; Šljivar *et al.* 2012: 29; Radivojević & Kuzmanović-Cvetković 2014). Naselje djeluje tijekom 5. tisućljeće pr. Kr., odnosno 5350 cal. - 4650 cal. pr. Kr. ili Vinča A-B2 faza (Šljivar 2006: 95–100; Borić 2009: 209). Na lokalitetu nije pronađeno mnogo gotovih bakrenih predmeta, ali pronađene su velike količine malahita, troske i drugih tragova termičke obrade rude (Radivojević *et al.* 2010: 2776, 2778; Šljivar *et al.* 2012: 29; Radivojević & Kuzmanović-Cvetković 2014). Na samom eponimnom lokalitetu Vinča pronađeni su amorfnu grumeni malahita i azurita, manji broj predmeta od bakrenih minerala i dno keramičke posude prekriveno zdrobljenim malahitom koje ukazuje na postojanje procesa obrade bakrene rude (Garašanin 1979: 161–62; Antonović 2002, 2006: 86–87). Razni dokazi o mogućoj metalurškoj aktivnosti pronađeni su i na mnogim drugim naseljima diljem područja rasprostiranja vinčanske kulture, a od važnijih treba spomenuti kalupe za lijevanje metalnih predmeta sa lokaliteta Gornja Tuzla i Grivac (Antonović 2002: 39 Fig.7). Najveći broj metalnih predmeta koje pripisujemo vinčanskoj kulturi potječe iz četiri ostave iz Pločnika gdje su pronađeno 45 masivnih bakrenih predmeta: sjekire-čekići tipa Pločnik i dlijeta datirani u Vinča B2 fazu (Jovanović 1979: 34 T.I:1-5; Durman 1983: 15; Antonović 2002: 34–35, 2006: 88; Šljivar *et al.* 2012). Predmeti su od bakra visoke čistoće, koji je podrijetlom sa raznih depozita diljem Bugarske, Makedonije i Srbije (Radivojević *et al.* 2010: 2777; Hansen 2013: 147). Vinčanska kultura jasan je pokazatelj da na prostoru centralnog Balkana postoji tehnologija metalurške obrade bakra i produkcije metala i prije 5. tisućljeća pr. Kr. (O'Brien 2014: 40). Osim produkcije bakra u tom razdoblju postoji organiziran način pribavljanja i distribucija sirovina što se vidi u nizu prapovijesnih rudnika bakra i širini cirkuliranja minerala iz vinčanskih rudnika (Jovanović & Ottaway 1976; Durman 1983: 1; Šljivar 2006: 28; Antonović & Dimić 2017; Antonović 2018; Antonović *et al.* 2019). Arheometalurška istraživanja stavila su vinčansku kulturu kao prvu dokazanu rudarsku i metaluršku kulturu na prostoru jugoistočne Europe, po novim radiokarbonskim datumima čak raniju od metalurškog

fenomena u Varni (Hansen 2013: 141). Na jugoistoku Karpatske kotline s vinčanskom kulturom započinje eksploatacija i obrada zlata i bakra, koja se prenosi i na kulture Gumelnița, Salcuța, Tiszapolgár i Bodroghkeresztúr, s kojom završava srednji eneolitik (Durman 2009: 250).

Činjenica da specifične tipove lijevanih predmeta u ovom razdoblju na prostoru jugoistočne Europe poznaje nekoliko istovremenih kulturnih skupina (vinčanska kultura, kodžadermen-gumelnița-karanovo III-IV kompleks, precucuteni-tripolye A) čini snažni argument o neovisnoj metalurškoj "industriji" (Radivojević *et al.* 2010: 2776; O'Brien 2014: 53; Sava 2015: 274–77; Radivojević & Rehren 2016: 205). Najstariji rudnici bakra na Balkanu istovremeni su s pojavom najstarijih predmeta od bakra što upućuje da je razvoj metalurgije usko vezan s razvojem rudarstva (Antonović 2018: 188). Analize elemenata u tragovima i izotopa olova pokazuju da bakreni artefakti ovog područja mogu uvjerljivo biti povezani s brojnim nalazištima rude i rudnicima u Srbiji i Bugarskoj (Radivojević *et al.* 2010: 2776; Hansen 2013: 142; O'Brien 2014: 53; Sava 2015: 274–77; Radivojević & Rehren 2016: 205). Vrhunac proizvodnje bakra u jugoistočnoj Europi počelo oko 4700. – 4600. pr. Kr. i trajalo je do oko 4300. - 4200. pr. Kr. (Pernicka & Anthony 2010: 171). Ovakav trend porasta u broju metalnih nalaza na balkansko – karpatskom prostoru upućuje na kvantitativni i kvalitativni iskorak u metalurgiji bakra, iako samih dokaza o bakreno-prerađivačkim djelatnostima na naseljima izuzetno je malo (Sava 2015: 276). Procijenjeno je da u između 4500. – 3800. pr. Kr. preživjela količina bakra koja cirkulira balkanskim prostorom (jugoistočna Europa i Mađarska) iznosi 4,7 tona, odnosno 4300 bakrenih alatki te više od 6 kg zlata (Pernicka & Anthony 2010: 169; Radivojević *et al.* 2010: 2776; O'Brien 2014: 53). Istovremeno na cijelom Bliskom Istoku broj lijevanih bakrenih predmeta manji je od 300 (Radivojević *et al.* 2010: 2776). Nakon perioda sve većeg porasta broja nalaza od bakra i zlata, slijedi značajni pad u metalnim nalazima tijekom druge polovice 4. tisućljeća pr. Kr. (Hansen 2011: 137; O'Brien 2014: 54; Pernicka 2014: 452; Sava 2015: 276). Ovu krizu u metalurgiji u srednjoj i jugoistočnoj Europi i na egejskom području više puta opisali i pokušali objasniti mnogi autori. Neki smatraju da se radi o ocvatu metalurgije i padu proizvodnje (Siklósi & Szilágyi 2019: 5276) dok drugi čvrsto negiraju postojanje metalurške krize (Hansen 2011: 137, 2013: 153).

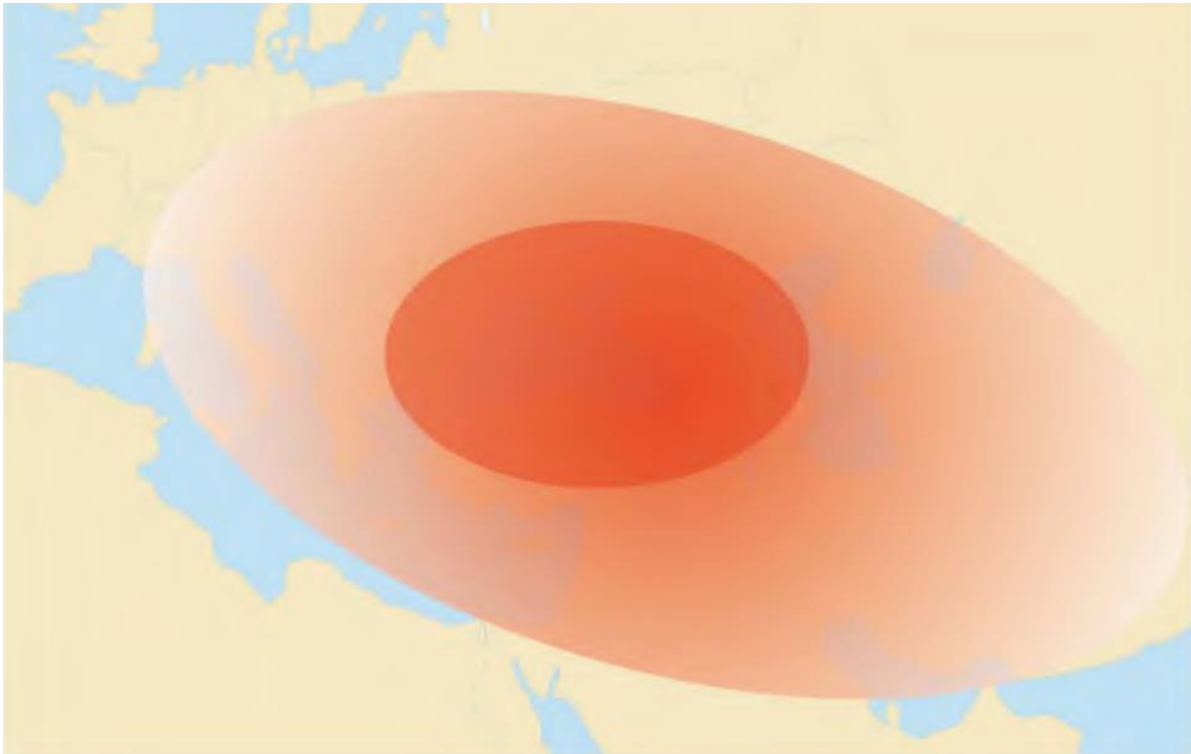
Ovom problemu možda može pridonijeti istraživanje o distribuciji i kontekstu pronalaska bakrenih nalaza. V. Sava (Sava 2015: 289 Fig. 143) radi takvo istraživanje na području doline rijeke Moriš (rum. *Mureş*). Njegovi rezultati pokazuju da je broj nalaza bakrenih predmeta najveći tijekom kasnog neolitika, potom ranog i srednjeg eneolitika dok u vrijeme kasnog eneolitika njihov broj znatno opada (Sava 2015: 284 Fig. 136). Tome treba napomenuti da najveći broj metalnih predmeta kasnog neolitika pripada nakitu (perlama, zatim narukvicama), dok se u vrijeme ranog i srednjeg eneolitika pojavljuje široki spektar tipova od kojih najviše pripada sjekirama (Sava 2015: 285–89 Fig. 137-140). Nadalje, artefakti kasnog neolitika najčešće su pronađeni prilikom istraživanja naselja, iako ih ima i u grobovima, a tijekom ranog i srednjeg eneolitika uočava promjena te postoji veća sklonost prilaganja metalnih predmeta u grobovima, dok nalazi istih postaju rijetki u naseljima (Slika 16) (Sava 2015: 289 Fig. 143).



Slika 16: Raspodjela bakrenih predmeta prema kontekstu pronalaska i kronologiji na području doline rijeke Moriš (preuzeto: Sava 2015: Fig. 143)

Danas prevladava mišljenje, kako se razdoblje između 4500. do 2900. pr. Kr. može se smatrati presudnim za razvoj metalurgije i cirkulaciju metala u jugoistočnoj i srednjoj Europi (Hansen 2011: 137, 2013). Obilježava ga gotovo istodobna pojava arsenskog bakra na prostoru od Bliskog i Srednjeg Istoka do srednje Europe (Hansen 2013: 153; Pernicka 2014: 452). Ovaj fenomen često je objašnjavan jačanjem veza između Anatolije i Europe što je dovelo do formiranja tzv. **Cirkumpontske metalurški kruga ili provincije** (Slika 17) (Pernicka 2014: 452 Fig. 4). Na prostoru jugoistočne Europe arsenska bronca vezana je uz širenje badenske kulture (Durman 1983: 57, 1997: 7; Hansen 2011: 137, 2013: 153; Siklósi & Szilágyi 2019: 5276). Ovo razdoblje se naziva i razdobljem arsenske ili antimonske bronce, a možemo reći da se radi o protobrončanom dobu jer najavljuje novine koje će uslijediti

(Pravidur 2014: 4). No, i dalje nije razjašnjeno da li se radi o namjernom dodavanju arsena ili je on bio prisutan u rudi i prije obrade (Durman 2000a: 91–93; Hansen 2013: 153; Pernicka 2014: 452).

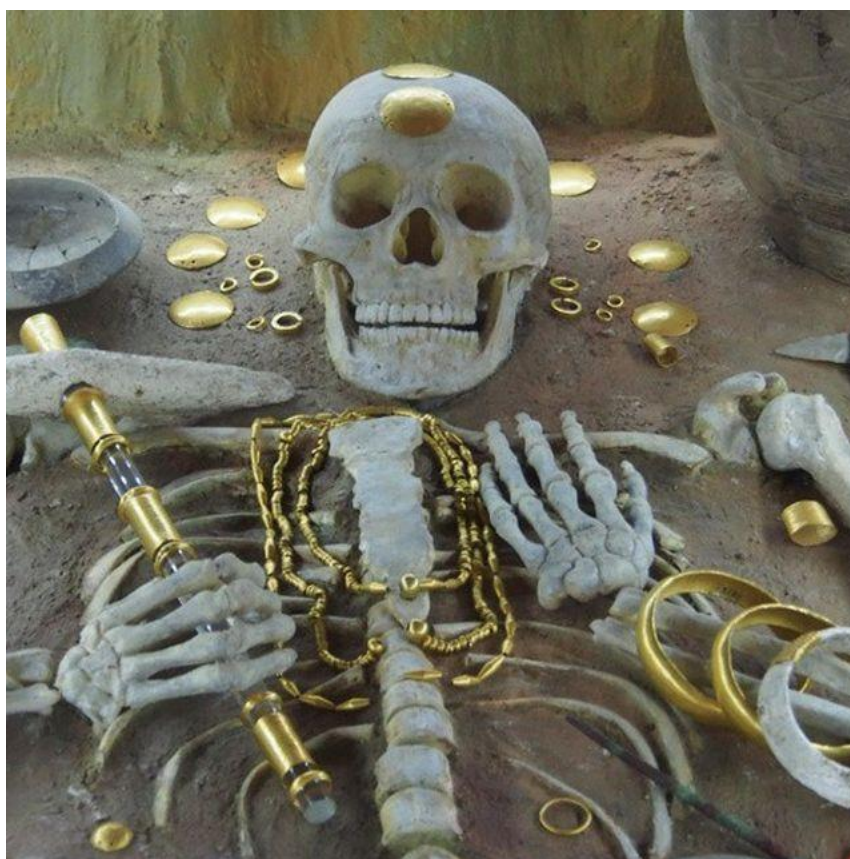


Slika 17: Rasprostranjenost arsenskog bakra u 4. tisućljeću prije Krista (vanjska elipsa). Opseg Cirkumponzanske metalurške provincije (unutarnja elipsa) (preuzeto: Pernicka 2014: 452 Fig. 4)

2. Uloga zlata, srebra i olova u razvoju rane metalurgije

Osim bakra, zlato je drugi metal čija se upotreba često spominje u kontekstu početaka metalurgije tijekom 5. tisućljeća pr. Kr. (Ottaway & Roberts 2008: 197–99; Lazić *et al.* 2010: 56; Killick & Fenn 2012: 562–63; O’Brien 2014: 38). Nalazi od ove kovine pojavljuju se tijekom 5. i 4. tisućljeća pr. Kr. na prostoru jugoistočne Europe, a kao reprezentativni lokalitet uzima se nekropola Varna (kodžadermen-gumelnița-karanovo VI kompleks) na obali Crnog mora (Ottaway & Roberts 2008: 197; Pernicka & Anthony 2010: 173). Istraživanjem te nekropole otkriveno je više od 300 ukopa u kojima je nađeno više od 3000 zlatnih predmeta ukupne težine od oko 6 kg zlata (Slavchev 2010: 201). Nekropola je zanimljiva iz više razloga. Vidi se nagle pojava velike količine zlata u arheološkom kontekstu, ali i njegove neravnomjerne raspoređenosti. Naime, zlatni predmeti pronađeni su priloženi u svega 62 od 300 grobova, a najveći dio mase tog metala – 5 kg potiče iz svega četiri ukopa – grob 1,4,36 i 43 (Slika 18) (Hansen 2011: 139; Pernicka 2014: 452). S metalurške perspektive vidi se

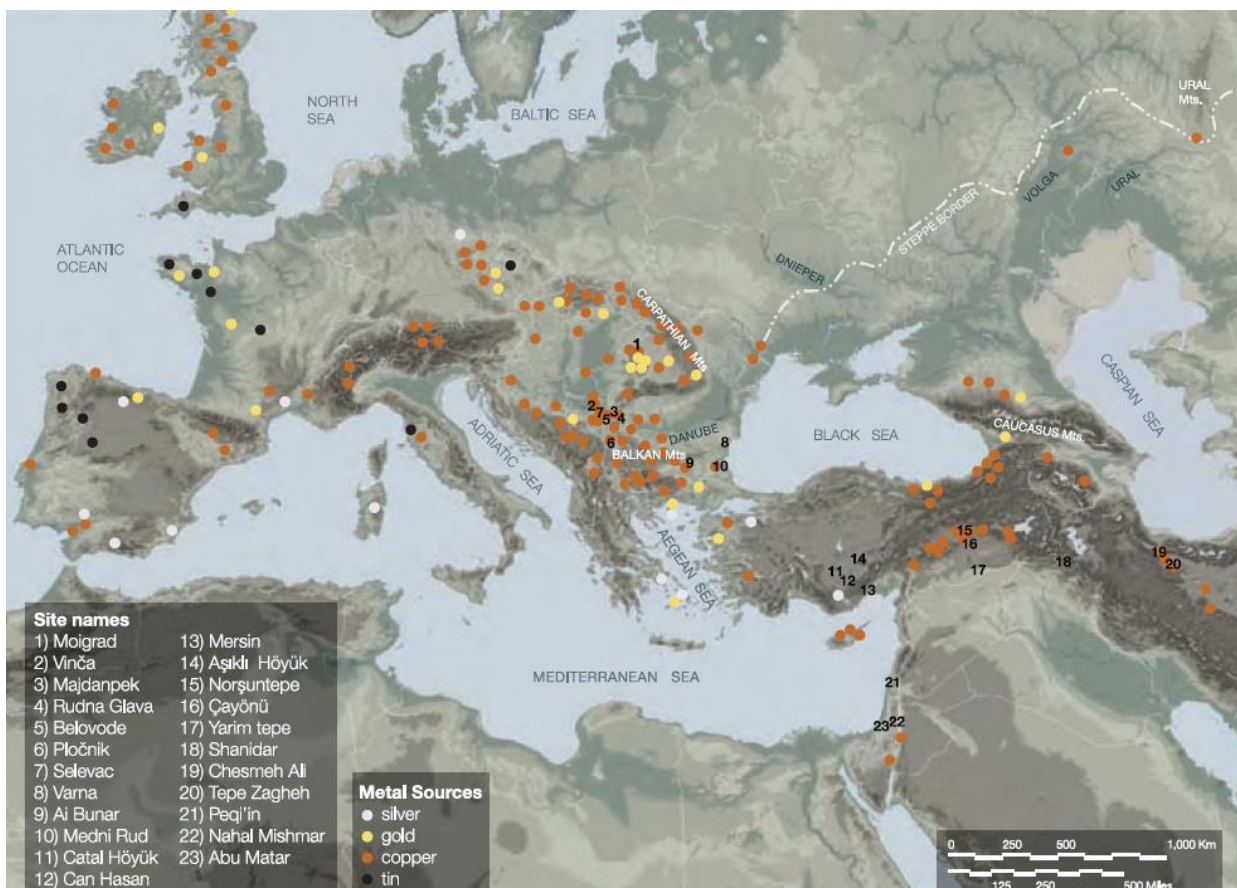
razvoj metalurške tehnologije: mlađi nalazi su naprednije i kompleksnije forme, korišteno je lijevanje raznim tehnikama, a vidi se i određena doza eksperimentiranja s legiranjem metala (Pernicka 2014: 452). Istovremeno, naselja ovih zajednica ne pružaju mnogo informacija o proizvodnji i obradi metala, iako je dokazano da je jedan dio predmeta sigurno napravljen od sirovine iz lokalnih izvora (Hansen 2013: 142). Svo zlato iz Varne sadrži značajne primjese srebra, a po prisustvu ostalih elemenata razlikuju se dva izvora sirovine (Pernicka & Anthony 2010: 174). Prvi izvor nalazi se uz donji tok Dunava i obalu Crnoga mora, a karakterizira ga odsutnost platine u sastavu (Pernicka & Anthony 2010: 174). Izvori rude predmeta koji su u sastavu imali značajne primjese platine isprva su pripisani prostoru južnog Kavkaza, međutim, danas ih se povezuje s istočnim Balkanom, s područjem oko planine Sakar na Turskoj granici (Pernicka & Anthony 2010: 174).



Slika 18: Grob 43 iz Varne (preuzeto 5.2.2021.: <https://i2.wp.com/archaeologyinbulgaria.com/wp-content/uploads/2019/09/Varna-Gold-Treasure-Black-Sea-Coast-Varna-Bulgaria-Worlds-Oldest-Gold-8.jpg?w=640>)

Metalurgija zlata nastaje samostalno na području jugoistočne Europe, na istočnijim prostorima predmeti od zlata pojavljuju se kasnije (Ottaway & Roberts 2008: 197). Dugi

vremenski period između prve pojave bakra i prve pojave zlata može se objasniti kao posljedica nekoliko faktora. Zlato se u Zemljinoj kori pojavljuje rjeđe je i od bakra. Njegova primarna ležišta su magmatske stijene s kremenim žilama (gorsko zlato), dok njegova sekundarna ležišta nastaju erozijom kada se zlato u obliku grumena transportira rijekom na velike udaljenosti (aluvijalno zlato) (Ottaway & Roberts 2008: 200). Takvi nanosi prva su ležišta koje su ljudi otkrili. Zlato je nanoseno u obliku sitnih listića koji su se iz stijene mogu izdvojiti isključivo topljenjem (Killick & Fenn 2012: 563). Točka topljenja zlata je 1064°C što je vrlo blizu temperaturi topljenja bakra koja iznosi 1084°C. Pojava zlatnih predmeta tako se vremenski podudara s pojavom lijevanog bakra na području Euroazije, a posljedica je pirotehnološkog napretka i označavaju početak razdoblja prave metalurgije (Killick & Fenn 2012: 563).



Slika 19: Karta izvora metalnih ruda i lokaliteta s važnim nalazima bakra 8000. - 3500. pr. Kr. (preuzeto: Pernicka & Anthony 2010 Fig. 7-1)

S druge strane, srebreni predmeti se pak prvo pojavljuje na Bliskom Istoku (Pernicka *et al.* 1998; Pernicka 2014: 457–58). Principi drevne metalurgije srebra dobro su poznati, a pretpostavlja se da je postupak kupelacije poznat i implementiran još tijekom 4. tisućljeća pr.

Kr. (Habuba Kabira u sjevernoj Siriji i Fatmali-Kalecik u istočnoj Anatoliji) (Pernicka 2014: 457). Najranija pojava srebrenih predmeta u Europi nalaz je ostave iz špilje Alepotrypa u južnoj Grčkoj datiran u sredinu 5. i rano 4 tisućljeće pr. Kr. (Ottaway & Roberts 2008: 198). Tijekom kasnog 4. i ranog 3 tisućljeća pr. Kr. srebreni nalazi su koncentrirani na području Sardinije, dok se tek povremeno pojavljuju u ostatku Europe (Ottaway & Roberts 2008: 198). Pojava srebra često se podudara s pojavom olova što znači da je najvjerojatnije ekstrahirano iz olovnih ruda kao što su galena i kaserit (Slika 20) (Ottaway & Roberts 2008: 200,208; Pernicka 2014: 457). Olovo se sporadično pojavljuje u jugoistočnoj Europi tijekom ranog 4. tisućljeća pr. Kr., a kasnije ga se može naći z Francuskoj i Engleskoj (Ottaway & Roberts 2008: 199,208).

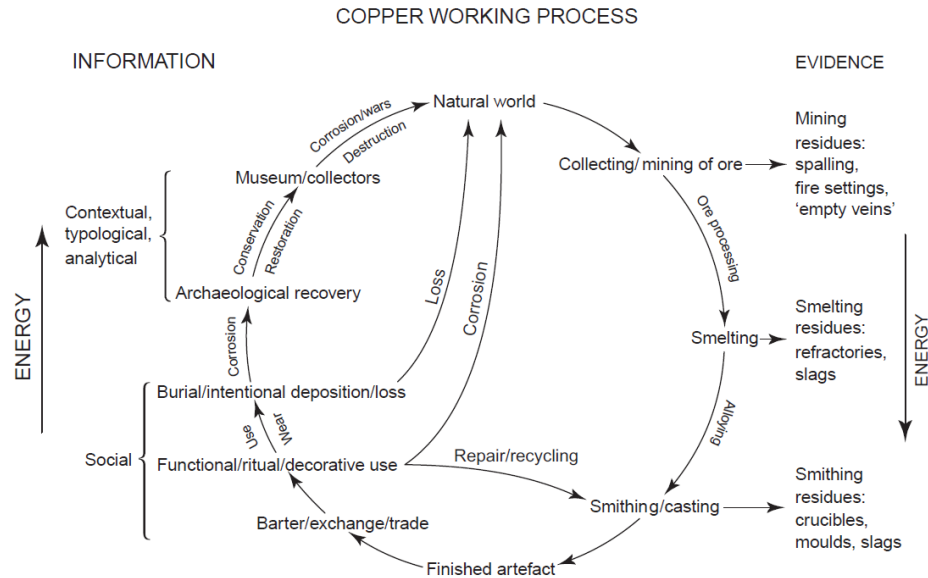


Slika 20: Karta izvora srebra/olova (preuzeto: Ottaway & Roberts 2008: Fig. 4c)

VI TEHNOLOGIJA IZRADE BAKRENIH PREDMETA – od sirovine do konačnog proizvoda

Metalurgija obojenih metala, naročito bakra, specifična je zato što se prerađuju rude raznovrsnog kemijskog i mineraloškog sastava. Od samih početaka obrade bakra, tehnologija njegove proizvodnje neprestano se mijenjala i usavršavala. Danas se primjenjuju tri vrste postupaka: suhi ili pirometalurški (za bogate i srednje bogate rude), mokri ili hidrometalurški (za siromašne rude) i elektrometalurški (ako ima jeftine električne energije) (Đurković *et al.* 1963: 652; Paulin 1982). Pirometalurške metode za dobivanje i rafinaciju metala isključivo su primjenjivane do 20. st., zato i danas pod pojmom ekstraktivna metalurgija podrazumijevamo pirometalurgiju (Đurković *et al.* 1963: 652; Tomašević 2015: 4). Do prije 50-ak godina ovim metodama dobivalo se svo željezo, 75% čelika, 80% bakra, 85% olova, 80% nikla, 40% cinka, gotovo sav kositar, antimon i živa (Paulin 1982: 434). Danas postoje dva osnovna tipa taljenja: redukcijsko taljenje pri kojem se reakcijom metalnog oksida i redukcijskog sredstva, dobiva nečisti metal i rastaljena troska te taljenje na bakrenac ili kamenac, kojim se stvara rastaljena smjesa metalnih sulfida i troska (Đurković *et al.* 1963: 652–53; Paulin 1982: 441–43).

Metalurgija/metalurški proces započinje na samom rudnom ležištu gdje se ruda vadi i separira, za čim slijedi niz tehnoloških koraka u procesu taljenja pri dobivanju metala i otpadnog materijala (troske), a u pravom smislu riječi podrazumijeva visoko termičku obradu ruda te samostalnu i neovisnu industriju bakra koja se može dokumentirati i potvrditi nizom metalurških nalaza koji sugeriraju ovu aktivnost (Pravidur 2014: 47). Kako bi metalna ruda postala gotovi proizvod prolazi kroz nekoliko faza (Slika 21): prospekcija (engl. *prospecting*), rudarenje (engl. *mining*), sitnjenje/koncentracija rude (engl. *beneficiation*), taljenje (engl. *smelting*) oksidnih ruda / prženje (engl. *roasting*) + taljenje sulfidnih ruda, rafinacija (engl. *refining*), legiranje (engl. *alloying*), lijevanje (engl. *casting*) i kovanje (engl. *smithing*) (Ottaway 2001: 90).



Slika 21: Prikaz rekonstrukcije metalurškog lanca operacija (preuzeto: Ottaway 2001: Fig.1)

Prvi korak pri oplemenjivanju i obradi neke rude je njeno mehaničko usitnjavanje – **sitnjenje**. Ruda se usitnjavala ili drobila u prah, nakon čega su se rukom izdvajali veći komadi bakrenog minerala (Craddock & Meeks 1987: 191; Ottaway 2001: 92). Ovakva priprema rude mogla je biti vršena u blizini samog rudnika (npr. prapovijesni rudnici Mitterberg i Great Orme), a mogla je biti izvođena i u samom naselju (npr. lokaliteti Selevac i Tmina) (Ottaway 2001: 92). Nakon takve primarne obrade slijedila je toplinska obrada, odnosno taljenje rude i ekstrakcija željenih metala.

Redukcijsko taljenje proces je koncentriranja, pri kojem se većina nečistoća iz zasipa odstranjuje u otpadni produkt – trosku koja se gravitacijski separira od težeg dijela (Paulin 1982: 434). Teorijski, ovaj način bio bi jednostavan za dobivanje bakra, kada bi na raspolaganju bilo dovoljno **oksidnih ruda bakra** (Đurković *et al.* 1963: 652). Međutim, i ovakav „jednostavan“ način izdvajanja bakra zahtijeva dugotrajno održavanje visoke temperature i redukcijske atmosfere, odnosno zahtijevalo je usavršavanje i prilagođavanje tehnika i metoda kontrole vatre naučene pečenjem keramike (Ottaway 2001: 93; Pernicka & Anthony 2010: 171). Nadalje, za izvođenje procesa taljenja potrebna je određena struktura za držanje šarže⁵ (jama u zemlji sa ili bez glinene obloge, talionik ili peć za taljenje), dobro gorivo (ugljen) i način za visoko kontrolirani dovod zraka (prirodni vjetar, cijev za puhanje, mjevovi i sopaljci), a nekad je bilo potrebno i taljivo (engl. *flux*) koje pomaže odvajanju jalovine i formiranju troske (Craddock & Meeks 1987: 191; Durman 1988b, 1997: 12;

⁵ Zapuna peći

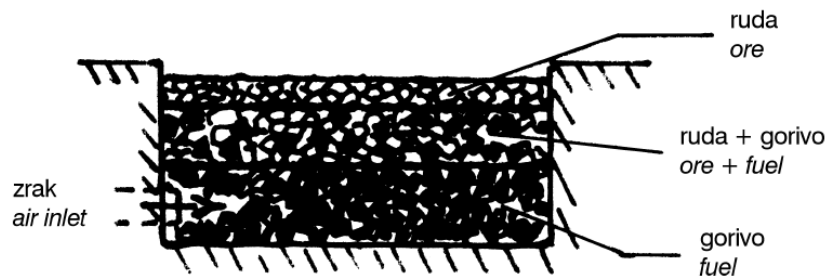
Craddock 2000: 155–56, 161–62; Ottaway & Roberts 2008: 205). Neke od najstarijih poznatih taljiva su natrijev karbonat, potaša (kalijev karbonat), ugljen, koks, boraks, vapno, sulfidno olovo i određeni minerala koji sadrže fosfor, a pri topljenju bakra se kao taljivo koristi se i željezna ruda ⁶. Dosadašnji nalazi upućuju da se prvo taljenje odvijalo u posudama za tu namjenu i malim pećima. Usitnjena ruda miješala se sa ugljenom u maloj posudi za taljene - talioniku (engl. *crucible*) nakon čega bi se zagrijavala u peći na 1000 – 1200 °C u reducirajućoj atmosferi (Durman 1988b; Craddock 2000: 155–56; Hauptmann 2007: 218; Radivojević *et al.* 2010: 2777). Korištenje ugljena kao goriva vjerojatno je otkriveno vrlo rano jer je ono bilo presudno za redukciju bakra (Craddock 2000: 161). Svi ovi uvjeti morali su biti zadovoljeni za uspješnu ekstrakciju bakra, a čak i mala pogreška mogla je dovesti do neuspješnog taljenja (Ottaway & Roberts 2008: 207). Proces taljenja je mogao biti djelomičan zbog nemogućnosti održavanja dovoljno visoke temperature što bi rezultiralo izdvajanjem bakra u obliku rastaljenih kapljica, dok bi se otpadni materijal iz rude pretvorio u trosku ispunjenu mjehurićima (Ottaway 2001: 93; Hauptmann 2007: 227–28; Ottaway & Roberts 2008: 207; Pernicka & Anthony 2010: 166). Troska bi potom bila mehanički usitnjena kako bi se izvadile bakrene kapljice (Ottaway 2001: 93; Pernicka & Anthony 2010: 166). Bolje razumijevanje koncentracije rude i dodavanja taljiva, kao i usavršavanje pirotehnologije radi stalnog održavanja visoke temperature dovelo je do cjelovitog taljenja (Ottaway & Roberts 2008: 207). Tada dolazi do gravitacijskog odvajanja bakra od tekuće troske a proces iza sebe ostavlja velike komade troske (Ottaway & Roberts 2008: 207; Pernicka & Anthony 2010: 166; Radivojević *et al.* 2010: 2777). Zbog nedostatka nalaza troske, naročito u ranim metalnim razdobljima, predložena je i ideja o metalurgiji bez troske. Postavljena je hipoteza da se metalurgija temeljila na vrlo čistim bakarnim karbonatnim rudama, koje zapravo ne ostavljaju gotovo nikakvu trosku (Craddock & Meeks 1987: 187–88; Ottaway & Roberts 2008: 206). Taljenje u jami, unutar posude za taljenje s direktnim dovodom zraka teško je detektirati na arheološkim lokalitetima, upravo zbog nedostatka troske (Craddock & Meeks 1987: 193; Craddock 2000: 152; Ottaway & Roberts 2008: 206). Međutim, ova ideja još uvijek ostaje hipotetična (Radivojević *et al.* 2010: 2777).

Veliki problem u arheometalurgiji predstavlja utvrđivanje početaka **obrade sulfidnih ruda** koje obično zahtijevaju prženje u oksidacijskim uvjetima kako bi ispario sumpor prije taljenja (Ottaway 2001: 96). Vrijeme početka njihove upotrebe vrlo je diskutabilno jer zahtijeva kompleksnu tehnologiju za pretvaranje u kovinu. Sulfidne rude iz serije tenantit –

⁶ [https://en.wikipedia.org/wiki/Flux_\(metallurgy\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Flux_(metallurgy)) (posjećeno: 18.8.2020)

tetraedrit, kao i oksidne, bogate su bakrom i mogu se taliti na niskim temperaturama (O'Brien 2013: 441). Poznato je da tijekom procesa taljenja sulfidnih ruda dio željeza ostaje u bakru. Tako su i povećani postotci željeza unutar bakrenih predmeta odraz promjena u upotrebi sirovine (prelazak na sulfidne rude) i u tehnologiji taljenja (Craddock & Meeks 1987; Craddock 2000: 153–54). Od svih elemenata koji se redovito pronalaze uz bakar u ranim metalnim predmetima, prisutnost željeza najviše ovisi o procesu taljenja (Craddock & Meeks 1987: 189). Treba napomenuti da se prvi procesi stvaranja troske pojavljuju na istočnom Mediteranu i na Bliskom istoku, istodobno s povećanjem sadržaja željeza u bakru (Craddock 2000: 155). U arheološkoj literaturi predloženo je nekoliko načina obrade sulfidnih ruda. Jedno od njih je da ruda prolazili nekoliko ciklusa prženja na nižim temperaturama kako bi ispario sumpor i pretvorio rudu u bakreni oksid za daljnju jednostavnu obradu redukcijom (Craddock 1995: 136; Ottaway & Roberts 2008: 206). Međutim, takva praksa i danas nailazi na mnoge poteškoće. Zbog malog sadržaja bakra u sulfidnim rudama dobila bi se velika količina troske koja bi na sebi imala vezanu veliku količinu bakra u obliku oksida (Đurković *et al.* 1963: 652). Što znači da bi gubici bakra bili veliki. Zbog nečistoće bakrenih ruda izvjesna količina bakra bila bi vezana sa željezom, arsenom, antimonom i drugim primjesama što je kompleksna legura čija je prerada u čisti bakar teška i skupa (Đurković *et al.* 1963: 653). Stoga se proizvodnja bakra postupkom taljenja na bakrenac danas vrši u dva koraka: taljenje sulfidnih ruda u bakrenac i prerada bakrenca u bakar (Đurković *et al.* 1963: 653). U arheološkoj literaturi eksperimentalno je pokazano da su se rude bakrenog oksida i sulfida mogle miješati zajedno u talini kako bi se stvorili auto-redukcijske (engl. *self-reducing*) uvijete, postupak poznat kao "co-smelting" (Ottaway & Roberts 2008: 206). Tako su rude bakrenog sulfida mogle biti taljenje jednostavnim jednofaznim postupkom bez prethodnog prženja (Ottaway & Roberts 2008: 206). Takav tehnološki prijelaz s upotrebe oksidnih i karbonatnih ruda na sulfidne minerale u metalurgiji obojanih metala (ne samo specifično bakra) moguć zbog tzv. pržno-rekcijskog (engl. *roast-reaction*) postupka (Rumenjak 2004: 168). On se izvodi na vrlo jednostavan način u jednom koraku na otvorenom ognjištu: slaganjem sloja goriva, potom sloja goriva i rude, te na vrhu same rude uz povećanje temperature upuhivanjem zraka (Slika 22) (Rumenjak 2004: 168). Istovremeno se odvija prženje i redukcija metala kroz reakciju oksida nastalog prženjem s preostalim sulfidom (Rumenjak 2004: 168). Temperature potrebne za odvijanje tih reakcija, kada parcijalni tlak SO₂ prelazi 1 bar, za bakar su 730 °C, a za olovo 865 °C (Rumenjak 2004: 168). Tako najveći problem kod izvođenja ovog postupka je održavanje dobrog omjera tlaka i temperature.

Važan faktor za odvijanje ovog postupka kod bakrenih minerala je visoki omjer udjela bakra naspram željezu kao kod minerala halkozina i kovelina (Rumenjak 2004: 168,170).



Slika 22: Prikaz pržno-rekcijskog procesa u plitkom ognjištu (Rumenjak 2004 Slika 1)

No, posebno problematična je obrada najraširenije i najvažnije rude za dobivanje bakra **halkopirita**. U arheološkoj literaturi, a pogotovo kada je riječ o halkopiritnoj rudi, proces ekstrakcije bakra često se pojednostavljuje. Rumenjak (2004: 168-169) opisuje da kada bi se pržno-rekcijski postupak provodio na halkopiritnim rudama problem bi stvarao visoki postotak željeza. Bakar od svih metala ima najveći afinitet prema sumporu, dok željezo ima veći afinitet prema kisiku, tako sulfidizacija bakrenih oksida sulfidom željeza sprječavala bi odvajanje bakra uz isparavanje sumporovog dioksida (Rumenjak 2004: 168). Današnje dobivanje bakra iz sulfidne halkopiritne rude može se pojednostavljeno prikazati kroz četiri koraka: prženje rude (oksidacijsko), operacija taljenja rude (prženca) na bakrenac (redukcijsko), prženje bakrenca (oksidacijsko) i taljenje prženog bakrenca na metalni bakar (redukcijsko) (Đurković *et al.* 1963: 653; Paulin 1982: 441; Rumenjak 2004: 167). Obrada halkopirita tijekom prapovijesti, gore opisanim modernim načinom, nailazi na slijedeće probleme. Operacija prženja rezultirala bi djelomičnom oksidacijom sulfida željeza i bakra, a redukcijsko taljenje na bakrenac u šahtnoj peći ili na plitkom ognjištu ne bi bila moguća (Rumenjak 2004: 168). Problem ovog procesa separacija je čvrstih i tekućih produkata operacije taljenja: bakrenca i troske (Rumenjak 2004: 169). Temperature su bile na granici ili ispod potrebnih za prelazak u tekuće stanje i nisu mogle biti dovoljne za stvaranje bakrenca i troske te talitelja i željeznih oksida iz prženca (Rumenjak 2004: 169). Separacija proizvoda redukcijskog taljenja ne bi bila moguća i rezultat bi bio bakrenac pomiješan s troskom i preostalim jalovinom (Rumenjak 2004: 169). Iz te smjese bakrenac bi se mogao vaditi samo mehanički. Takav rezultat je nezadovoljavajući jer takav produkt nije metal koji bi se lako mogao izdvojiti od ostalih produkata taljenja i upotrebljavati bez naknadne rafinacije (Rumenjak 2004: 169). Ali i kada bi se uspješno dobio bakrenac, njegovo ponovno prženje, zatim i taljenje rezultiralo bi onečišćenim bakrenim sulfidom (Cu_2S) koji se tek pržno-

reakcijskim postupkom mogao prevesti u metalni bakar (Rumenjak 2004: 169). Autor napominje da je i u antičko vrijeme proizvodnja bakra preko bakrenca bila više izuzetak nego pravilo. Stoga, predlaže drugačiji način prerade halkopiritne rude na okside, tkz. prženje na „mrtvo“ i redukcija nastalog oksida s ugljikom, specifičnije ugljik II oksidom (Rumenjak 2004: 170). To znači da ovaj postupak podrazumijeva dvije odvojene radnje: postupak prženja na mrtvo i postupak redukcije (taljenja metala). Za taljenje halkopiritne rude, za razliku od bakrom bogatijih ruda, važan je bio proces potpunog, a ne samo djelomičnog prženja rude (Rumenjak 2004: 170). Kod prženja na mrtvo odvija se više različitih kemijskih reakcija gdje halkopirit uz prisustvo kisika daje željezni i bakreni sulfat, ali također, daje bakreni i željezni oksid te sumporni dioksid (Rumenjak 2004: 170). Prženje „na mrtvo“ zahtijevalo je da gorivo bude u kontaktu s rudom. Kako se u postupku kao gorivo koristio ugljen, nastali bakreni i željezni sulfidi spajali su se sa ugljičnim dioksidom i monoksidom. Krajnji produkt ovog procesa je bakreni i željezni oksid uz izdvajanje sumpornog dioksida, ugljičnog monoksida i dioksida (Rumenjak 2004: 170). Oslobođanje velikih količina sumpornog dioksida prepoznaje se po oštrm mirisu koji je prapovijesnim metalurzima mogao biti indikacija faze taljenja (Rumenjak 2004: 170). Cijeli postupak ima funkciju da iz rude uklone sulfati bakra i željeza koji bi prouzročili gubitak metala u drugoj fazi (Rumenjak 2004: 170). Tako da je krajnji produkt ovog procesa bakreni oksid koji ide na daljnju obradu i željezni oksid koji se odbacuje kao troska (Rumenjak 2004: 170–71). Drugi korak je proces redukcije nastalog bakrenog oksida koji u spoju sa ugljičnim monoksidom daje bakreni (I) oksid i ugljični dioksid (Rumenjak 2004: 170–71). Potom se bakreni (I) oksid ponovo se spaja sa ugljičnim monoksidom što rezultira taloženjem bakra i isparavanjem ugljičnog dioksida. Za ovaj postupak nema arheoloških dokaza u prvom redu jer je tragove prženja rude znatno teže sačuvati nego tragove taljenja.

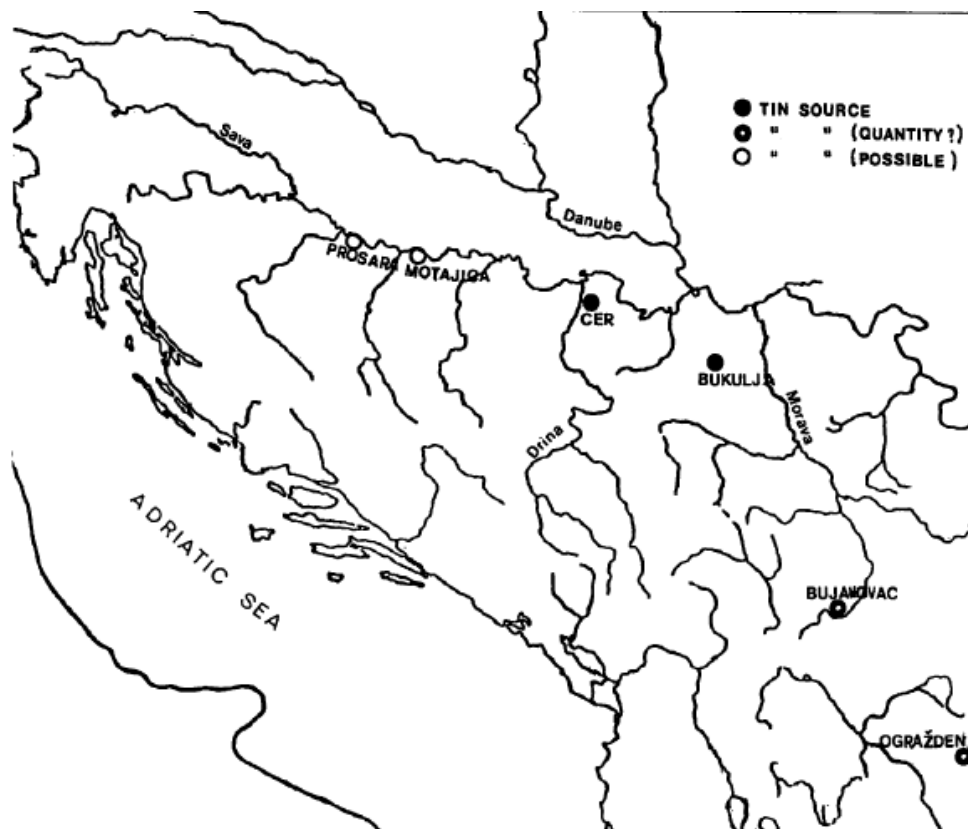
Znamo da ovisno o sirovini i uporabljenom postupku taljenja, proizvodi postupka mogu biti bakrene kapljice, crni bakar (bakar kontaminiran željezom) iz taljenja oksidnih ruda bakra s upotrebom taljiva ili mješavina željeza i bakrenog sulfida (Ottaway 2001: 97). Ovi produkti morali su se dalje obrađivati. **Rafinacija** ili pročišćavanje sirovina u metalurgiji podrazumijeva uklanjanje primjesa iz metala. Promjenom temperature ili tlaka, ili dodatkom reagensa, primjese se odvajaju od metala i prelaze u novu fazu (rafinacijska faza), koja može biti tekuća, plinovita ili čvrsta i koja se ne miješa s metalom ⁷. Koristila se posuda za lijevanje ili taljenje, prekrivena ugljenom koji osigurava redukcijske uvjete i tako sprječava oksidaciju

⁷ <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=51602>

bakra, dok su se kasnije najvjerojatnije koristile male peći (Ottaway 2001: 97). Ovaj postupak izvodio je stručnjak koji je morao posjedovati potrebno znanje i iskustvo kako bi se postigla prava temperatura uz istodobno izbjegavanje oksidacije bakra (Ottaway 2001: 97).

Do kraja 5. tisućljeće pr. Kr. uglavnom se koristi čisti nelegirani bakar uz mnoge dokaze eksperimentacije s legurama (Pernicka & Anthony 2010: 166; Pernicka 2014: 452). Tijekom 4. tisućljeća dolazi do masovne pojave **arsenske bronce**. Njene prednosti u odnosu na čisti bakar su: niža točke taljenja, veća kvaliteta odljevka, povećana tvrdoća, bolja vruća obradivost i dobivanje srebrnije boje (Ottaway 2001: 98). Međutim, još uvijek ostaje otvoreno pitanje jesu li najranije legure namjerne ili slučajne, jeli arsenski bakar proizveden namjernim dodavanjem arsena ili je legura bila slučajno dostupna u rudi (Durman 1983: 4; Ottaway 2001: 98; Pernicka 2014: 453). Brojni su načini koji vode do proizvodnje arsenske bronce uključujući topljenje sinje rude (engl. *fahlore*, njem. *fahlerz*) – kompleksnih sulfosoli iz serije tenantit - tetraedrit, „co-smelting“ elementarnog bakra i bakreno-arsenidnih minerala i svjesno dodavanje minerala bogatog arsenom (npr. arsenopirit) u bakar ili bakrenu rudu (Pernicka 2014: 454). Jedan od načina dobivanja arsenske bronce je obrada ruda kao tenantit ili tetraedrit. Taljenjem tih ruda događa se da uz bakar ostaje vezana velika količina arsena ili antimona, odnosno zbog nemogućnosti metalurga da u potpunosti odvoji sve nečistoće iz bakrene rude slučajno nastaje arsenska bronca (Durman 2006: 30). Upravo je manjkavost u tehnologiji obrade sulfidnih ruda rezultirala dobivanjem tvrdog metala boljih karakteristika, koji se lakše lijeva i obrađuje toplim ili hladnim kovanjem (Durman 2000a: 93; Ottaway 2001: 98; Pravidur 2014: 112). Problem kod namjernog dodavanje arsena leži u njegovoj velikoj hlapljivosti (točka isparavanja je 615 °C), tako da se on, za razliku od kositra, ne može dodati izravno u rastaljeni bakar (Pernicka 2014: 454). Jedan od načina ispitivanja tog problema su metalografske analize metalnih predmeta (Ottaway 2001: 98). Smatra se da ako predmet u svom sastavu sadrži manje od 2 % arsena i prisutni su drugi metali, tada nije riječ o svjesnom legiranju bakra i arsena (Durman 1983, 4). Drugi način je utvrđivanje dosljednosti sastava legure kod određenih tipova predmeta (Ottaway 2001: 98). Čak i da je riječ o slučajnim legurama, to ne znači da su bolje karakteristike arsenske bronce ostale nezapažene i moguće je da su rani metalurzi mogli po boji razlikovati legure (Pernicka 2014: 454). Postoji teza da je srebrna boja predmeta bila presudna u prvom odabiru legure bakra s arsenom (Ottaway 2001: 98). Osim boje, prednosti kositrene bronce u svojoj osnovi su iste kao i arsenske bronce (Ottaway 2001: 98). Moguće je da su prapovijesni kovači aktivno tražili minerale koji sadrže arsen i da je slučajno proizvedeni arsenski bakar korišten u specifične

svrhe i za specifične tipove predmeta (Ottaway 2001: 98; Pernicka 2014: 453). Početkom 3. tisućljeća pr. Kr. arsenski bakar zamjenjuje **kositrene bronca**, iako još uvijek nije jasno gdje i zašto je došlo do takve promjene (Pernicka 2014: 457). Moguće je da je iscrpljivanje dotadašnjih izvora rude bio razlog početka upotrebe halkopirita (Durman 2006: 33). Međutim, produkt taljenja halkopirita je čisti bakar koji je puno mekši od arsenske bronce koja je bila produkt taljenja bakrenih sulfosoli (Durman 2006: 33). Takav mekani bakar zahtijeva dodatak kositra kako bi dobio karakteristike slične arsenskoj bronci. Razlog prevlasti kositrene bronce može biti i sigurniji metalurški postupak. Naime, arsen je vrlo otrovan za ljude, a takve opasnosti nema prilikom legiranja bakra i kositra (Durman 2006: 33). Prve prave bronce imale su niski udio kositra od 1 % do 3 %, koji je se vremenom postupno povećava na 8 % i 11 % (Panza 2016: 18). Glavni problem prave bronce je ograničena dostupnost kositra kojeg, u usporedbi s bakrom, ima mnogo manje u prirodi. On se javlja u dva oblika stanenit i kasiterit. Prva je kompleksna ruda koja osim kositra sadrži bakar, željezo i sumpor, dok je druga jednostavni oksid (Ottaway & Roberts 2008: 201). Izvora kositra ima u Cornwall u Britaniji, na gorju Erzseberg u Poljskoj, gorje Metallifero u Italiji, a u blizine Hrvatske na prostoru Srbije na Ceru i Bukulji, a vrlo vjerojatno i na planini Motajica u Bosni (Slika 23) (Durman 1997; Jurković 2004).

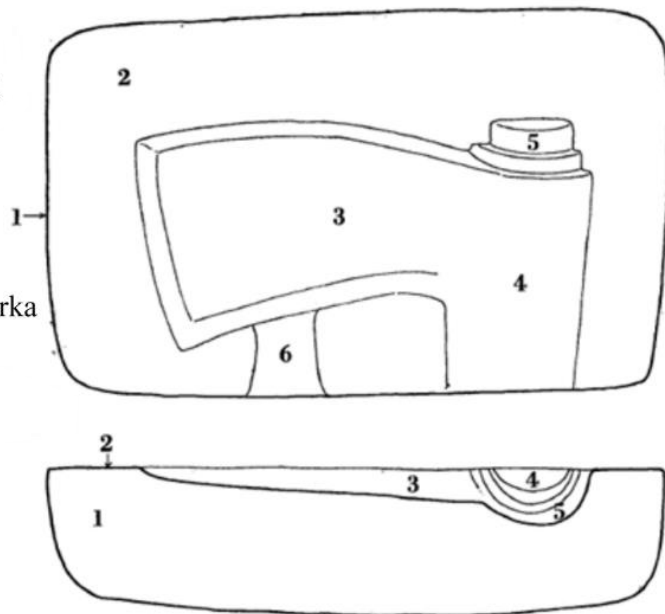


Slika 23: Dokazani i potencijalni izvori kositra (preuzeto: Durman 1997: Fig. 2)

Kako se broj pronađenih **kalupa** u ranim metalurškim razdobljima ne podudara se s brojem pronađenih lijevanih predmeta, otvara se mogućnost da su rani metalurzi koristili kalupe koji se nisu očuvali u arheološkim zapisima zbog materijala od kojih su napravljeni ili su zbog primjenjivane metode morali biti uništeni (Durman 1983: 22; Ottaway 2001: 100; Ottaway & Roberts 2008: 212). Kalupi su bili izrađivani od raznih sirovina: kamena od gline, pijeska i od metala (Ottaway 2001: 99; Karavanić 2006: 28–39; Ottaway & Roberts 2008: 212). Oni od kamena najotporniji su na toplinske promjene, najčešće su bili izrađivani od lako obradivog kamena, određenih vrsta pješčenjaka (Karavanić 2006: 39). Kompozicija metalnog kalupa morala je biti drukčija od sastava slitine koja se u njima lijevala, a na području Hrvatske, koliko je poznato, nije pronađen niti jedan metalni kalup (Karavanić 2006: 39). Najčešći kalupi na prostoru Hrvatske su kalupi od gline. Međutim, još nije razriješena dilema jesu li kalupi bili pečeni prije lijevanja ili su korišteni suhi glineni kalupi koji bi se ispekli u dodiru s otopljenim bakrom (Panza 2016: 8).

Podjela dvodijelnog kalupa

1. Jezgrenik
2. Sljubnica ili diobena površina
3. Kalupna ili ulijevna šupljina
4. Jezgra
5. Jezgrena oslonac ili jezgrena marka
6. Sistem za lijevanje



Slika 24: Opis dvodijelnog kalupa (preuzeto: Durman 1983: 25–26 Slika 1)

Prvo lijevanje bakrenih predmeta u prapovijesti započelo je tehnikom izgubljenog voska - franc. „*a cire perdue*“ (Durman 1983: 22, 2006: 25; Ottaway 2001: 100; Pernicka & Anthony 2010: 167). Prvo bi se napravio prototip željenog predmeta u vosku oko kojeg bi se obložio omotač od fine pročišćene gline, koji bi se potom oblagao s još jednim ili više slojeva gline s grubim primjesama (Pernicka & Anthony 2010: 167). U kalupu su ostavljene rupe kako bi

vosak mogao iscuriti tijekom pečenja kalupa (Pernicka & Anthony 2010: 167). Rastaljeni metal se ulijevao u pečeni kalup, te bi nakon hlađenja poprimio željeni oblik (Pernicka & Anthony 2010: 167). Postoji i druga teza da se u osušeni glineni kalup ulijevao vrući taljeni bakar čija vrućina bi otopila vosak, a bakar zadobio oblik željeni oblik (Panza 2016: 8). Ovakav kalup morao je biti razbijen kako bi se došlo do metalnog predmeta (Durman 1988b: 34). Neke od najranijih dokaza o korištenju ove tehnike na Bliskom i Srednjem Istoku dolaze iz ostave Nahal Mishmar tijekom 5. tisućljeća pr. Kr. (Pernicka & Anthony 2010: 167; Pernicka 2014: 450) dok najstariji primjerci na prostoru Europe nađeni su na otoku Lemnu na lokalitetu Poliohni i datirani su u prvu polovicu 3. tisućljeća pr. Kr. (Durman 2006: 25). Na području Karpatske kotline lijevanje tehnikom izgubljenog voska javlja tijekom ranog i srednjeg eneolitika (Durman 1988b: 32). Tek za vrijeme kasnog eneolitika se razvije tehnika lijevanja u dvojne kalupe (Slika 24) koji nastaju otiskivanjem predmeta u glinu (Durman 1983: 65). Razvoj tehnologije lijevanja bakra u kalupe dovodi do serijske proizvodnje masivnog bakrenog oruđa (Jovanović 1979: 52–53). Korištenjem jednog prototipa koji se utiskuje u glinu mogla se dobiti čitava serija predmeta (Durman 1983: 65). Takva pojava serijske proizvodnje u dvojnim kalupima odredila uvjete za početak brončanog doba (Durman 1983: 4). Pojam serijska proizvodnja podrazumijeva da se od jednog kalupa nije mogao dobiti veći broj istih predmeta, ali se od jednog prototipa mogao otisnuti veliki broj kalupa čiji rezultat bili bi proizvodi istovjetni prvom prototipu (Durman 2006: 49; Pravidur 2014: 3).

Posljednja faza u obradi metalnih alatki je kovanje. Ono uključuje udaranje čekićem, brušenje i poliranje predmeta nakon lijevanja (Ottaway 2001: 100; Ottaway & Roberts 2008: 212). Takva dodatna obrada vidi se na primjeru bakrene sjekire iz sredine 4. tisućljeća pr. Kr. pronađene uz Ötzi-ja (Ottaway 2001: 101; Ottaway & Roberts 2008: 212). Završna obrada ima nekoliko svrha: uklanjanje ostataka i nepravilnosti (pojila i šavova) od lijevanja u dvodijelnim kalupima, očvršćivanje radnog ruba, oštrenje, dodavanje ukrasa i završavanje procesa obrade predmeta (Ottaway 2001: 100).

VII METAL U ŽIVOTU PRAPOVJESNIH ZAJEDNICA SJEVERNE HRVATSKE

1. Rani i srednji eneolitik

Rani eneolitik na prostoru sjeverne Hrvatske obilježen je kasnim razvojnim ili regionalnim stupnjevima sopotske kulture: Sopot IV ili tip Seče koja nastavlja svoj tradicionalni neolitički

način života (Marković 1994: 63,85-86; Težak-Gregl 2018: 17). Ta finalna eneolitička faza sopotske kulture istovremena je sa stupnjem D vinčanske kulture, kulturama Lengyel i Tisapolgar (Marković 1994: 85–86; Balen 2010: 17–18; Rajković 2018). Završetkom neolitika i nastupom eneolitika na odvija se kontinuirani prijelaz iz vinčansko-soptsko-lengyelkog supstrata u lasinjsku kulturu kao ekonomskog, socijalnog i duhovnog nastavljača kasno neolitičke civilizacije (Balen 2010: 21). Mnogo je pojedinačnih i slučajnih metalnih nalaza na područjima Hrvatske, Mađarske i Slovenije čije kulturno pripisivanje je otežano. Ti predmeti se najčešće ne mogu pripisati ni jednoj kulturi nego samo okvirno određenom razdoblju. Metalni nalazi vrlo su rijetki na lasinjskim lokalitetima, a najčešće se radi o iglama, šilima, dlijetima ili sječivima sjekira (Slika 25) (Balen 2010: 37 T.8:2,5; Čataj 2018a: 40 Slika/Figure 8).



Slika 25: Bakreni nalazi lasinjske kulture s lokaliteta Pajtenica kod Đakovačkih Selaca (preuzeto: Čataj 2018a: Fig. 8).

Izuzetno važan nalaz koji je promijenio dosadašnje percepcije lasinjske metalurgije je ostava pronađena tijekom istraživanja lokaliteta Magyaregres-Macskalyuk (Slika 26) (Hornok & Kiss 2017). Pronađena je u naselju, a radi se o 970 predmeta koji su bili pohranjeni unutar keramičkog lonca (Hornok & Kiss 2017). Repertoar ostave sadržavao je najviše bakrenih predmeta : 19 spiralnih svitaka, 3 spiralne narukvice, 2 naočalasta privjeska, 681 cilindričnih privjesaka uz ostalih 265 privjesaka od kamena, mramora ili školjki (Hornok & Kiss 2017 Fig.9; Čataj 2018a: 40).



Slika 26: Repertoar ostave Magyaregres, Mađarska (preuzeto: Hornok & Kiss 2017 Fig.9)

Nakon lasinjske kulture, na prostoru Hrvatske, rasprostranjena je kultura Retz-Gajary. Ona je počela krajem lasinjske kulture, a njezin kraj odgovara početku boheráz faze badenske kulture, uz moguće razdoblje suživota u oba slučaja (Čataj 2018b). Nalazi metalnih predmeta ove kulture vrlo su rijetki, a na prostoru Hrvatske su: bakrena igla/šilo s lokaliteta Čeminac-Vakanjac i komad bakrene pločice s nekropole Pod kotom – jug (Čataj 2018b: 60). O metalurškoj djelatnosti svjedoče nam i nalazi kalupa te talionika iz Hočevarice, Gradeca kod Mirne, Notranjih Gorica i Josipovca Punitovačkog (Velušček 2004a: 51–52, 301 T. 4.1.8: 11, Fig. 3.1.27; Čataj *et al.* 2009: 47–48 sl.37-40,T.36,3; Čataj 2018b: 60).

Veliki broj bakrenih i zlatnih predmeta sa prostora srednje Europe pripisuju se razdoblju srednjega eneolitika koje obuhvaćaju lasinjsku, bodrogeresztúrsku, salcuța i nešto mlađu retzgajarsku kulturu (Balén 2010: 38–39). Ostava s lasinjskog lokaliteta Magyaregres-Macskalyuk povlači pitanje o lasinjskoj produkciji metalnih predmeta te otvara mnoga pitanja o kulturološkoj pripadnosti ovih slučajnih metalnih nalaza (Velušček 2004a: 302–3; Balén 2010: 38–39). Jedni od takvih problematičnih nalaza su zlatni diskovi tipa Stollhof-Csáford gdje ih većina autora radije pripisuje retzgajarskoj nego lasinjskoj kulturi (Marković 1994: 57; Glogović 2004; Balén 2010: 38; Čataj 2018a: 40–41). Sličan problem kulturne pripadnosti imamo i s nalazima bakrenih križnih sjekira koje se također datiraju od 4000. do 3600. pr. Kr. (Marković 1994: 112; Balén 2010: 38–39).

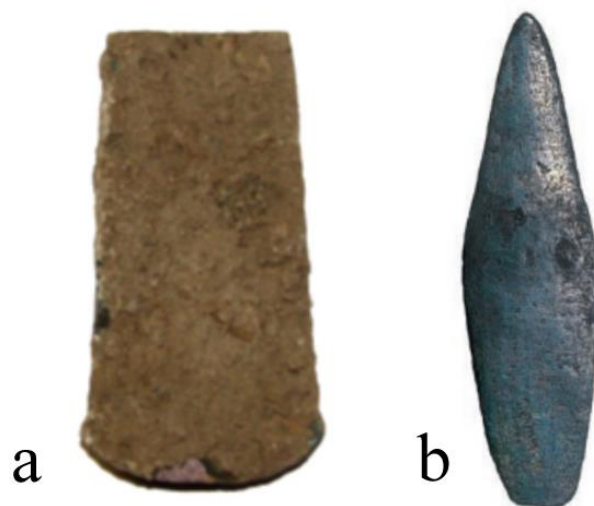
2. Kasni eneolitik

Prava obilježja kasnog eneolitika vide se tek kroz prvu Indoeuropsku zajednicu badenske kulture, zatim kostolačku i na kraju vučedolsku koja već nagovještava početak brončanog doba (Težak-Gregl 2018: 17). Pojavom badenske kulture kronološki se određuje početak kasnog eneolitika, dok sam kraj tog razdoblja završava s krajem vučedolske kulture (2500.-2400. pr.Kr) (Durman 2006: 31).

Badenska kultura

Prvom pravom metalurškom kulturom na prostoru Hrvatske smatra se badenska kultura. Ona ima široko područje rasprostiranja preko teritorija današnje sjeverne i istočne Austrije, Moravske, Češke, južne Poljske i Slovačke, čitave Mađarske, sjeveroistočne Hrvatske i dijelova Vojvodine u Srbiji (Dimitrijević 1979a: 184–85; Balen 2010: 59, 2018a). Badenska kultura rezultat je osvajačkog pohoda Indoeuroljana i prva je indoeuropska kultura zapadno od Dunava (Durman 2006: 27–29). Na prvi pogled odavala je dojam jedne od najsiromašnijih panonskih kultura po pitanju metalurgije gdje dolazi do ocvata metalurške proizvodnje, a metalnih predmeta je malo i izgledaju nedoraslo ranijim primjerima (Dimitrijević 1979a: 220; Durman 1983: 20; Težak-Gregl 1987: 73). Međutim, upravo s badenskom kulturom dolazi i do široke upotrebe arsenske bronce (Hansen 2011: 137, 2013: 153; Siklósi & Szilágyi 2019: 5276). Tako se i predmeti od arsenske bronce pojavljuju na prostoru Hrvatske oko 3500. pr. Kr. sa dolaskom badenske kulture (Durman 2006: 31).

Nalaze sa prostora Hrvatske koje pripisujemo ovoj kulturi su plosnate sjekire. One su pravokutnog ili elipstastog oblika, jedna strana im je zaobljenja, a druga je ravna što je posljedica lijevanja u jednodijelnim kalupima (Durman 2000a: 91–92, 2006 kat.br. 9-17). Najveći broj takvih sjekira slučajni su nalazi s prostora Slavonije. Njih pet ima preciznije lokacije pronalaska u Sotinu, Oroliku, Boboti i Kutjevu (Mihalje i Brdo) (Durman 2000a: 91–92, 2006 kat.br. 9-17). Ovim nalazima možemo pridružiti i sjekiru sa Sarvaša koja se čuva u Gradskom muzeju Vukovar (Balen 2005: 56; Durman 2006 kat. br. 18) te sjekiru pronađena tijekom probnih arheoloških istraživanja Sotin – Trojstva (Slika 27:a) (Ložnjak Dizdar & Dizdar 2015 Sl.3). Osim sjekira, u sklopu badenske kulture pronalazimo metalna šila i male triangularne bodeže (Težak-Gregl 1987 Sl.1; Balen 2005 Sl.43 kat.br.229, 2010: 76, 2018a: 79–80).



Slika 27: a) Badenska plosnata sjekira, Sotin – Trojstvo (preuzeto: Ložnjak Dizdar & Dizdar 2015: Sl. 3); b) Bodež nepoznatog mjesta pronalaska, fundus Arheološkog muzeja u Zagrebu (preuzeto: Balen 2005: 56 Sl.43)

Istraživanjima Vučedola – Vinograda Streim pronađena su dva trokutasta bodeža tipa lamele bez pojačanog središnjeg rebra. Jedan je imao oštećene rupice za nasad na dršku, dok je drugi pronađen kao prilog badenskom ukopu (Težak-Gregl 1987: 74 Sl.1; Durman 2000a: 95; Težak-Gregl 2017: 157). Analizama sastava vidi se da je u oba slučaja riječ o predmetima od arsenske bronce (Težak-Gregl 1987: 74 Sl.1; Durman 2000a: 95; Težak-Gregl 2017: 157). Njima možemo pripisati i bodež iz fundusa Arheološkog muzeja u Zagrebu (Slika 27:b) za kojeg nemamo bližih podataka o mjestu pronalaska. Međutim, njegov sastav pokazuje veliki udio arsena, može se povezati s primjerima sa lokaliteta Vučedol i zato ga je moguće pripisati badenskoj kulturi (Balen 2005: 56 Sl.43 kat.br.229).

Badensko naselje Okukalj u Gornjoj Berbini smješteno je na staroj obali Save u blizini Slavonskog Broda. Tijekom iskopavanja lokaliteta pronađeni su zanimljivi nalazi. Zemunica s ovalnim ognjištem (0,90x0,60 m) oko kojeg su pronađeni komadi metalne troske i ostatci plitkih posuda (Durman 2000a: 95). Posude su imale izljev i naslage metala na unutrašnjoj stjenke (Durman 2000a: 95). Analizama se zaključilo da je troska ostatak neuspješnog pokušaja taljenja rude bogate bakrom, nakon čega je bilo sigurno definirat ovaj objekt kao metaluršku radionicu (Durman 2000a: 95–96).

Najveći doprinos mijenjanju percepcije metalurške sposobnosti badenske kulture bila su istraživanja lokaliteta Saloš u Donjoj Vrbi iz 1898. g. (Ložuk 2006; Balen 2010: 76, 2018a: 79–80). Pronađen je objekt, odnosno zemunica s inventarom metalurškog pribora: ostatci četiri kalupa, talionik, komadi rude i metala (Durman 2000a: 97). Zemunica je bila okružena s pet peći od kojih su tri najvjerojatnije imale metaluršku ulogu, a druge dvije (nešto su većih

dimenzija – 2 m u promjeru) definirane su kao moguće krušne peći (Lozuk 2006). Sveukupno je na lokalitetu pronađeno 13 cijelih ili fragmentiranih ulomaka kalupa za lijevanje plosnatih sjekira raznih dimenzija (Slika 28), 2 talionika i još 6 posuda s oštećenjima od visoke temperature s unutrašnje strane stjenke, uzorci troske i rude (Durman 2000a T.1;2). Prva peć (promjera 1 m) s očuvanim ostatcima kupole položena je u jamu i stoji pod kutom od 45° (Durman 2000a: 97; Lozuk 2006). Druga peć duplo je većih dimenzija i prekrivala je cijelu jamu. Nadalje, pokazivala je tragove jakog gorenja i bila je zatrpana ruševinom od nekakve nadzemne konstrukcije (Durman 2000a: 97; Lozuk 2006). Sama peć je opisana kao da više podsjeća na vatrište, dok su uz nju pronađeni komadi bakra i kalupa (Durman 2000a: 97). Durman (2000a: 97) pretpostavlja da su opisane peći bile dio istog kompleksa. Smatra da su služile za dva različita koraka pri procesu ekstrakcije bakra iz sulfidne rude. Treća peć, ovalnog je oblika (promjerom od 0,8 m) i ima dobro sačuvanu kupolu uz koju je pronađen kalup (Durman 2000a: 97). Svi pronađeni kalupi su jednodijelni, imaju zaobljene rubove i sužavaju se prema proksimalnom rubu (Durman 2000a: 98).

Komadi rude pronađeni na lokalitetu su zapravo jalovina, odnosno odbačeni, neželjeni komadi koji nisu bili dovoljno vrijedni da uđu u daljnji proces taljenja rude (Durman 2000a: 97). Analize rudače sa lokaliteta pokazuju da ona u svom sastavu ima visoke postotke željeza, a nema arsena (Durman 2000a: 97–98). Takvi rezultati doveli su do dva problema. Prvo, visoki postotak željeza bi značio da se u ovoj metalurškoj radionici prerađivala sulfidna ruda (kao halkopirit, pirotin ili kubatin) čija tehnologija obrade se ne poznaje do brončanog doba (Durman 2000a: 97–98). Nadalje, specifičnost metalnih proizvoda badenske kulture je prisutnost arsena u njihovom sastavu, što je i slučaj s analiziranim komadićem bakra s ovog lokaliteta (Durman 2000a: 97–98). Nedostatak istog tog arsena u rudači vodi do zaključka da je on naknadno i namjerno dodavan u bakar (Durman 2000a: 97–98). Takvo namjerno legiranje bakra s arsenom krši se s glavninom današnjih mišljenja arheometalurga (Durman 2000a: 97–98).



Slika 28: Glineni jednodijelni kalupi za lijevanje bakrenih plosnatih sjekira s nalazišta Saloš u Donjoj Vrbi i Đakovo-Štrosmajerovac-Pustara (preuzeto: Balen 2018a: Fig.7)

Tragovi metalurške djelatnosti (talionik i kalupi za lijevanje) pronađeni su i na lokalitetima Ruščica-Glogove-Praulje (Bednjanec 2012a: 127, b: 129–30, c: 131), a nalaz iz Velikog polja mogao biti kalup ili posuda za lijevanje (Čataj *et al.* 2009: 121 T.7:1; Balen 2010: 76, 2018a: 79–80). Ovim lokalitetima možemo pridružiti nalazište Novačka Čuprija, u blizini Smederevske Palanke, poznato po otkriću komada troske arsenske bronce, a nalaza talionika ima na nalazištima Lanycsok, Zók i Slepčany (Sava 2015: 277). Trebalo bi spomenuti i jedan stari nalaz - peć za lijevanje bakra iz Dobanovaca (Tasić 1959: 229). Osnova joj je u obliku potkove, ukopana je u zdravicu, djelomično oštećena no sačuvali su se dijelovi zida kupole (Durman 1983: 23). Dno joj je bilo napravljeno od dva sloja – nabijene zemlje s komadima kamena, te glinenog premaza debelog 3 cm (Durman 1983: 23).

A. Durman (1983;2000a;2006) pokušava dokazati da je badenska kultura ovladala eksploatacijom i metalurgijom prve sulfidne bakrene rudače – tenantita ili tatraedrita. Badenskoj kulturi, koja je rezultat seoba naroda sjeverno od Kavkaza gdje nema oksidnih ruda, tetraedriti i tenantiti su prve rude bakra na koje su oni nailazili (Lazić *et al.* 2010: 56). Nadalje, Durman (2006: 31) smatra da arsen u badenskoj bronci nije namjerno dodan element, već ostaje u spoju kao nužno zlo zbog nedovoljne sposobnosti metalurga da ga izbaciti iz spoja. Prijelaz na eksploataciju sulfidne rudaču rezultirao je značajnim pomacima u čitavoj povijesti metalurgije: otvara se mogućnost eksploatacije znatno većih količina metala, redukcijski proces u kupolastim peći zamjenjuje se otvorenim ognjištima (odvajanje sumpora zahtijeva veću količinu kisika), zbog nalaza veće količine metala javlja se potreba za jednodijelnim, a nešto kasnije i dvodijelnim kalupima (Durman 2006: 31).

Nalazišta badenske kulture na prostoru Hrvatske zapravo su bila na periferiji njezinog rasprostiranja. Zbog velikih udaljenosti između zaposjednutih prostora, tijekom B2 stupnja slabe badenski utjecaji te uzdiže nova kultura koju nazivamo kostolačkom (Dimitrijević *et al.* 1998: 126; Panza 2016: 53).

Kostolačka kultura

Kostolačka kultura je u ranim fazama bila rasprostranjena na prostoru istočne Slavonije, Srijema, sjeverne Bosne, središnje Srbije i Pomoravlja uz kojeg se širi na prostor Karpatske kotline, srednjega Balkana i rumunjskoga Podunavlja, odnosno na današnji prostor istočne Hrvatske, središnje i istočne Srbije, sjeverne Bosne, Rumunjske, Mađarske i dijelove Slovačke (Tasić 1979: 237–38; Balen 2010: 85). Pitanje podrijetla kulture problematično je od početka, međutim, opće prihvaćeno mišljenje je da nastaje djelovanjem badenske kulture na neolitičku osnovu na prostoru istočne Slavonije i Srijema i traje do formiranja vučedolske kulture (Dimitrijević 1979a: 230; Durman 1988c: 13; Balen 2010: 86–89). Nova istraživanja potvrđuju od prije naslućenu istovremenost kostolačke i klasične badenske kulture (Tasić 1979: 242–46; Nikolić 2000: 78–79; Balen 2010: 91, 2011 tab. 6; Đukić 2018: 88–89). Nadalje, rezultati radiokarbonskih datuma potvrđuju djelomičnom preklapanje kostolačke i vučedolske kulture (Tasić 1979: 242–46; Balen 2010: 91, 2011 tab. 6; Đukić 2018: 90).



Slika 29: Bakrena šila, Đakovo-Franjevac (preuzeto: Balen 2011: 121–23)

Iako se radi o bakrenodobnoj pojavi, metalni nalazi ove kulture su malobrojni. U kontekstu ove kulture spominju se nalazi bakrenih šila i igala s Gomolave i iz Pivnice (Tasić 1979: 257–58). Od novijih istraživanja na prostoru istočne Hrvatske važno je spomenuti lokalitet Đakovo-Franjevac (Balen 2010: 91, 2011). Na lokalitetu je pronađeno šest bakrenih predmeta od kojih su tri šila četvrtastog presjeka (Slika 29) s kratkim trnom s paralelama na Gomolavi, dio bodeža sa zaobljenom prikovnom pločicu s tri zakovice i dva nedefinirana komada bakra (Balen 2011: 121–23). Omjer arsena u nabrojanim predmetima je između 1,5 – 4 % što je badenska metalurška tradicija (Balen 2011: 157). Nadalje, važan je nalaz četvrtastog keramičkog kalupa za lijevanje dlijeta s lokaliteta Osijek-Frigis 1 (Tresić Pavičić 2014: 24;

Đukić 2018: 103 Fig. 4). Međutim, mali broj nalaza vezanih uz metalurgiju kao i neistraženost kostolačke kulture otežava pravilno definiranje uloge metalurgije te pitanje da li nositelji kostolačke kulture sami izrađuju metalne predmete ili su u Franjevac dospjeli trgovinom i dalje ostaje otvoreno (Balén 2011: 157).

VIII VUČEDOLSKA KULTURA

1. Povijest i stanje istraživanja

Izraz vučedolski kulturni kompleks koristi se za kulturno i stilističko jedinstvo na širokom području srednje Europe: od područja Slovačke i Austrije, alpskoga područja Slovenije (Ljubljansko barje), Srijema i Slavonije do centralne Srbije, Bosne i jadranske obale (Tasić 1995: 76). Jedinstvo ove pojave bazira se na keramičkim oblicima i njihovom ukrašavanju. Geneza i podrijetlo vučedolske kulture bili su dugo predmet opsežnih rasprava (Dimitrijević 1979b: 299–303), a danas se većina autora slaže da su unutar vučedolske kulture vidljivi su jaki utjecaji kostolačke i badenske kulture, preko njih i elementi starijih kultura sopotske te vinčanske kulture (Dimitrijević 1979b: 300–304; Balén 2010: 109), dok je na zapadnom dijelu njena rasprostiranja utjecajna Retz-Gajary kultura (Marković 1981: 111; Dimitrijević 1988: 21). Kroz nju vidimo i snažne indoeuropske utjecaje koji su na ovom prostoru započeli s badenskom kulturom i svoj vrhunac doživljavaju pri kraju klasične faze vučedolske kulture (Durman 1988c: 13, 2000a: 94, 2006: 27; Balén 2010: 109; Težak-Gregl 2018: 17). Indoeuropski utjecaj očituju se u nalazima kao što su kupe na nozi, vežu se uz pojavu dvodijelnih kalupa te se odražavaju u promjeni društvene strukture i ekonomije (Balén 2010: 109). Treba spomenuti i južne utjecaje na vučedolsku kulturu koji se vežu uz pojavu vrčeva s jednom ručkom (Balén 2010: 109).

Kultura je dobila ime po lokalitetu Vučedol koji se nalazi 5 km nizvodno od Vukovara na desnoj obali Dunava. Poznata su nam četiri položaja: Vinograd i Kukuruzište Streim, Vinograd Karasović i Gradac. Prva arheološka istraživanja na lokalitetu na vinogradu Streim proveo je 1897. godine, tadašnji ravnatelj Narodnog muzeja, Josip Brunšmid (Dimitrijević 1979b: 268; Solter 2018: 161). Prošlo je četrdesetak godina do sljedećeg arheološkog istraživanja ovoga lokaliteta. Radi se o svjetski poznatoj kampanji iz 1938. godine kada njemački arheolog R. R. Schmidt istražuje položaj Gradac. Schmidt objavljuje svoja rezultate istraživanja 1945. čime lokalitet postaje prihvaćen kao centar metalurške produkcije sa talioničkim pećima i metalurškim priborom. Istraživanja eponimnog lokaliteta opet nema sve

do 1960-ih godina kada S. Dimitrijević sondira tri položaja: Vinograd Streim i Karasović te Kukuruzište Streim (Dimitrijević 1979b: 283). Tada se provelo prvo i jedino istraživanje Vinograda Karasović po kojem je zaključeno da plato nije bio naseljen u vučedolsko vrijeme (Dimitrijević 1979b: 271), no postoje i drugačija mišljenja (Durman 2009: 254). Pod vodstvom Aleksandra Durmana, 1981. godine provedeno je još jedno istraživanje Kukuruzišta Streim, a potom 1984. godine započinju sustavna istraživanja Vinograda Streim koja su prekinuta ratnim zbivanjima 1991. g. (Durman 1984a, 1985, 1987a; b; Durman & Forenbaher 1989). Istraživanja na tom položaju nastavljena su od 2001. do 2008. g. (Durman *et al.* 2003; Durman & Balen 2005; Balen 2006a, 2007). 2011.g. provodi se zadnja faza istraživanja, nakon čega je slijedila gradnja Muzeja vučedolske kulture (Hutinec 2011, 2012). Slijedeće 2012. godine započela su sustavna istraživanja Kukuruzišta Streim koja bez prekida traju do danas (Durman *et al.* 2013, 2014, 2016a; Hutinec & Roksandić 2019). Schmidt je, osim Gradaca na Vučedolu, istraživao još jedan važan vučedolski lokalitet – Sarvaš, u kampanji 1942./43. Nalazi, među kojima ima dokaza o metalurškoj aktivnosti, nisu u cijelosti objavljeni sve donedavno (Balen 2005; Rajković & Balen 2016). Nadalje, treba spomenuti i istraživanja Karla Deschmanna (Dragotin Dežman) sojениčarskih naselja na Ljubljanskom barju (Ig) iz 1875. godine. Dugo vremena cjeloviti materijal njegovih istraživanja nije objavljen, a izuzetno je važan je uključujući brojne nalaze metalurškog pribora. P. i J. Korošec (1969) objavljuju katalog, iako se nije uvijek moglo sa sigurnošću utvrditi pripadnost građe određenom sojениčkom naselju (Leghissa 2018). Sličnu sudbinu sa Sarvašem i Ljubljanskim barjem dijeli kasnoklasični lokalitet Zók u mađarskoj Baranji. Istraživao ga je Dušan Karapandžić 1920. godine, a materijal se čuva u Nacionalnom muzeju u Beogradu. Danas, gotovo 100 godina nakon istraživanja, postoji tendencija da se taj važan materijal objavi (Mitrović & Vitezović 2017; Vitezović 2019). Jedan od najznačajnijih istraživanja lokaliteta Vučedolske kulture su istraživanja u Vinkovcima – Hotel iz 1977./78. g. (Dimitrijević 1979b: 267–341). Danas se zna da je riječ o dijelu naselja tipa Vinkovci – Trznica. Zahvaljujućim tom istraživanju S. Dimitrijević uspostavlja periodizaciju i klasifikaciju vučedolske kulture (Dimitrijević 1956: 418–19, 1966: 24–28, 1979b: 267–343, 1988). Istraživanjem Vinkovaca u zadnjih 30-ak godina otkriveno je još jedno vučedolsko naselje – Ervenica (Gale 2002; Miloglav 2016). Iznenadujuće je da se velikim zaštitnim istraživanja tijekom posljednjih nekoliko desetljeća na velikom području Hrvatske otkrio samo mali broja novih vučedolskih lokaliteta (Miloglav 2018: 118–19).

Vučedolska kultura se prati kroz tri vremenska horizonta, a dijeli se na 4 stupnja (Dimitrijević 1979b: 278, 1988: 21):

- Rana faza vučedolske kulture ili Vučedol A
- Ranoklasična faza vučedolske kulture ili Vučedol B1
- Kasnoklasična faza vučedolske kulture ili Vučedol B2
- Kasna faza vučedolske kulture ili Vučedol C.

Prvi horizont čini vrijeme pretklasične i klasične faze, drugi obuhvaća razdoblje kasne vučedolske kulture i njezinih regionalnih varijanata, dok treći horizont podrazumijeva postvučedolske manifestacija koje već pripadaju ranom brončanom dobu (Balen 2006b: 73, 2010: 109–10). Vučedolsku kulturu, po dosadašnjim apsolutnim datumima, datiramo između 2900. i 2500./2400. pr. Kr. Apsolutni datumi hrvatskog prostora poznati su nam s lokaliteta Vučedol, Vinkovci, Stari Mikanovci te jedan datum s Rudina (Durman & Obelić 1989 Tab.1; Forenbaher 1993: 247–48 Fig.6; Balen 2010: 110–12 Tab. 8, 2018b: 70). Datumi sa položaja vinograd Streim kreću se uglavnom između 2900. i 2500. pr. Kr. i potvrđuju da je naselje postojalo u vrijeme rane i obje klasične faze vučedolske kulture (Balen 2018b: 70). Dva datuma iz Vinkovaca (2668.-2467. i 2632.-2408. pr. Kr.) također pripadaju kasnoklasičnom stupnju B2 (Durman 2000b: 96; Balen 2018b: 70). Noviji datumi s vinkovačkog prostora potvrđuju trajanje vučedolske kulture od 2900. do 2600./2500. god. pr. Kr. (Miloglav 2016: 106 Tablica 1). Najmlađi datum je s lokaliteta Rudine, kreće se između 2340. i 2030. pr. Kr. i već pripada razdoblju brončanoga doba (Marković 2002: 151; Balen 2018b: 70). Nasljednik vučedolske kulture i prvi predstavnik brončanog doba je vinkovačko-somogyvarska kultura (Durman 2006: 31). Najnoviji još neobjavljeni nalazi datiraju položaj Kukuruzište Streim u ranu i kasnu klasičnu fazu (B1 i B2 fazu). Prema apsolutnim datumima vučedolska kultura prestaje oko 2400. g. pr. Kr. te tada na njenim naseljima i tradiciji svoj život počinje vinkovačka kultura (Balen 2010: 128–29; Panza 2016: 87).

Matično područje rasprostiranja kulture prostor je Slavonije i Srijema iz kojega kultura, u svojoj kasnoj fazi, počinje ekstenzivno širenje u svim smjerovima (Dimitrijević 1979b: 274, 1988: 21). Najranija faza vučedolske kulture najmanje je poznat i arheološki dokumentiran period. Zabilježeni lokaliteti ovoga najranijeg razdoblja pokazuju opće karakteristike naseljavanja vučedolske populacije kakva se nastavlja i dalje u klasičnoj fazi (Miloglav 2018: 116). Obično se iskorištavaju već postojeći fortifikacijski elementi položaja koji se s lakoćom mogu dodatno utvrditi (Dimitrijević 1979b: 281; Durman 1988c: 15; Dimitrijević *et al.* 1998:

135). Promjena nastupa krajem klasične i tijekom kasne faze vučedolske kulture kada se nastanjuju istaknuti visoki strateški položaji i osnivaju se gradinska naselja (Dimitrijević 1979b: 305–6; Durman 1988c: 15; Dimitrijević *et al.* 1998: 135). Takva promjena u naseljavanju govori o mogućem nemirnom razdoblju kada fortifikacija igra važnu ulogu (Dimitrijević *et al.* 1998: 136).

Dugotrajno naseljavanje i utvrđivanje naselja govore u prilog postojanju zemljoradničke privrede kakvu su poznavali nositelji badenske i kostolačke kulture, a nalazi kamenih žrvnjeva i njima pripadajućih rastirača govore nam o mehaničkoj obradi hrane (Durman 1988c: 19; Miloglav 2018: 120). Međutim, glavno obilježje eneolitičkih kultura i opći trend na području Panonije je prevlast stočarstva i revolucija sekundarnih proizvoda (Sherratt 1981). Stočarstvo dobiva važnu ulogu u ekonomiji, međutim, kod većine eneolitičkih kultura prevladava mješovito gospodarstvo. Osim za dobivanje primarnih proizvoda (mesa), životinje služe za proizvodnju mlijeka i mliječnih prerađevina, vune, za vuču u prijevozu i obradu zemlje. Govedo u vučedolskoj kulturi ima iznimnu ulogu, a druga po važnosti je svinja (Jurišić 1988: 24; Miloglav 2016: 131–32). Osim goveda i svinja, postoji značajan broj ovaca i koza, relativno brojni su i ostatci pasa koji su ponekad ritualno ukopavali te prisutni su ostatci konja (Jurišić 1988: 24; Miloglav 2016: 131–32). Posebni značaj u vučedolskoj kulturi ima jelen koji uz govedo, ima i religijsku, a ne samo ekonomsku ulogu (Jurišić 1988: 26). Višestruka iskoristivost stoke čini stočarstvo vrlo akumulativnim što omogućava zajednicama lakše i brže stvaranje viškova, a time intenzivniju trgovinu i bolju mrežu komunikacija, te stvaranje materijalnog bogatstva (Težak-Gregl 2017: 146–47, 155, 2018: 10). Vučedolska kultura koja nastaje u ravninama Slavonije i Srijema gdje nema pogodnih izvora rude, najvjerojatnije je s metalom upoznata zahvaljujući materijalnom bogatstvu i trgovinskim putevima (Durman 1983: 16-17,22,38). Za vrijeme klasične faze, vučedolska kultura se intenzivno počinje okretati metalurgiji kao gospodarskoj grani (Durman 1983: 38). Stvaranje jakih komunikacijskih i trgovinskih veza bili su preduvjet za ekspanziju kulture. Kraj klasične faze vučedolske kulture obilježen je drastičnim promjenama u ekonomiji i naseljavanju. Dolazi do masovnog napuštanja većeg broja strateški važnih i dugotrajno naseljenih položaja iz nama još nepoznatih razloga. Dimitrijević (1979: 305) smatra da kada se vučedolska populacija povlači na uzvišenja, gubi zemljoradničku komponentu i počinje se oslanjati na stočarstvo što je omogućilo veću mobilnost i bržu ekspanziju. Balen (2010: 119) na sličnom tragu, misli da napuštanje dugotrajnih naselja je odlika ponašanja kakva se očekuje kod stočara i zemljoradnika koji su iscrpili svoje resurse, svoju zemlju. Durman (1991a: 90)

napominje da kultura nije istisnuta iz svoga matičnog područja, već ga napušta jer je zamijenila stočarstvo i zemljoradnju mnogo profitabilnijom eksploatacijom rudače i metalurgijom bakra.

Gospodarska strategija kakvu ima vučedolska kultura a sastoji se od zemljoradnje, stočarstva, lova i ribolova zajedno s uzdizanjem metalurške djelatnosti, uvjetovalo je intenzivne procese raslojavanja društva. Ono je najviše vidljivo u ukopima vučedolske kulture, poglavito tijekom kasne faze. Na području rasprostiranja vučedolske kulture nisu nam poznate nekropole, već kulturu poznajemo isključivo iz naselja, a ukope iz skeletnih grobova unutar naselja (Dimitrijević 1979b: 284). Takvi ukopi su izolirani i specifični slučajevi, izgleda da su ukopavani samo specifični pojedinci u različitim ritualima, a zajednička komponenta im je najčešći ukop u duboke jame. Na perifernim područjima rasprostiranja vučedolske kulture situacija je nešto drugačija. Pojavljuju se paljevinski ukopi pod tumulima s urnama vučedolskih obilježja (Batajnica, Vojka, Moldova Veche, Mala i Velika Gruda, Boljevića Gruda), a ukopi imaju obilježja tzv. kneževskih tumula (Dimitrijević 1979b: 285; Tasić 1995: 78–79; Guštin 2006). Ovi tumuli pokazuju uzdizanje aristokratskog sloja i vladara iz rodovskog plemstva. Nalazi iz Male i Velike Grude su tipično muški grobni prilozi: sjekire, bodeži, ukrasne karičice za glavu od kamena, zlata i bakra (Guštin 2006: 89–93). Keramički oblici mogu se pripisati ogranku vučedolske kulture (Durman 2009: 258–59). Iako na području Hrvatske nije pronađen ni jedan vučedolski tumul, slučajni nalazi para srebrnih sjekira iz Starih Jankovaca otvara mogućnost postojanja, najvjerojatnije već uništenog, monumentalnog ukopa (Balen & Mihelić 2003; Težak-Gregl 2017: 161–62).

2. Metalurgija vučedolskog kulturnog kruga

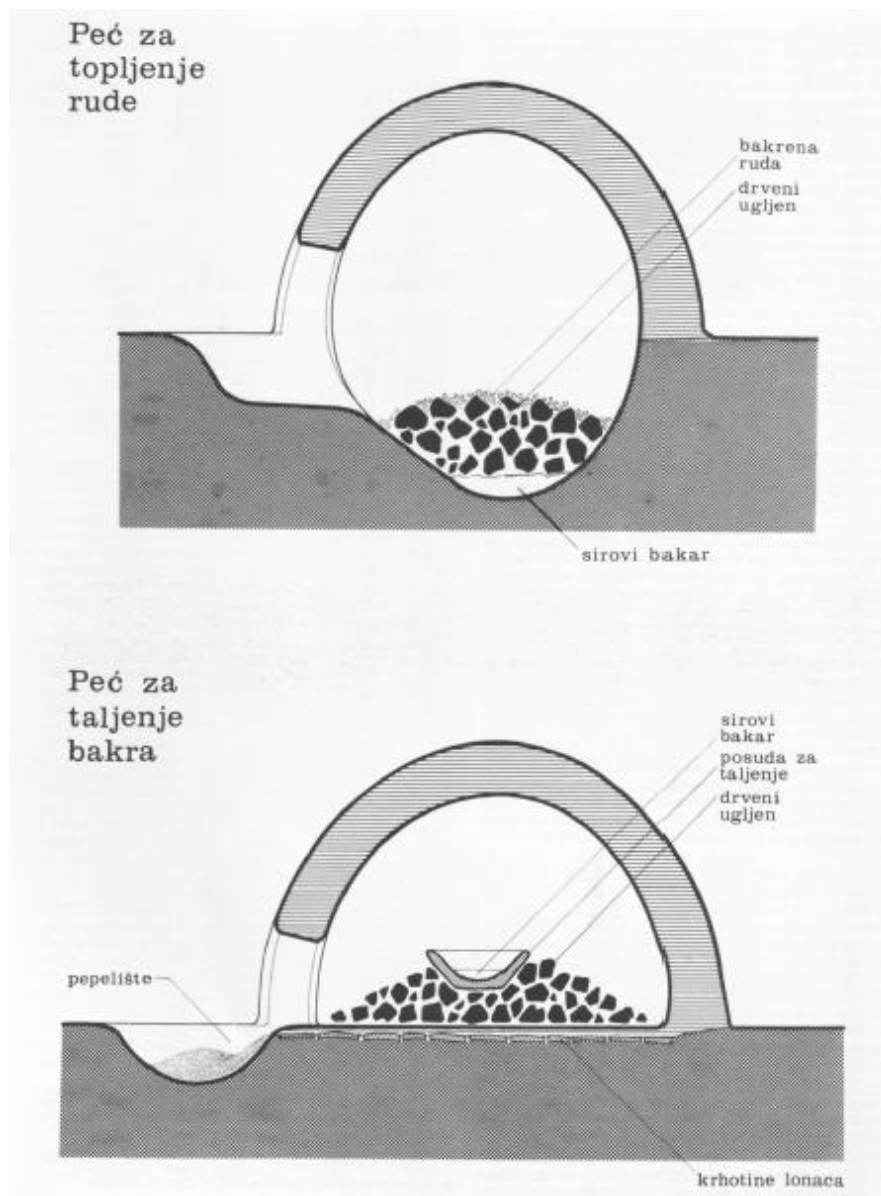
Vučedolska kultura, njeni metalni predmeti i metalurgija bili su neiscrpna tema mnogih radova još od otkrića lokaliteta na Ljubljanskom barju. Mnogi autori pisali su o ulozi vučedolske kulture i njene metalurgije u regionalnom i u širem europskom kontekstu (literatura prema: Dimitrijević 1979b: 267–72; Durman 1983: 3–5; Pravidur 2014: 4–16, 122–23). Veći pomaci u proučavanju metalurgije i metalnih predmeta, kako vučedolske kulture, tako i cijelog eneolitika, događaju se 70-ih godina prošlog stoljeća. Sistematski uvid u metalurgiju eneolitika daje B. Jovanović (1971a) objavom knjige „Metalurgija eneolitskog perioda Jugoslavije“. Potom, isti autor (1979), ovu temu nešto sažetije objavljuje u sklopu Praistorije Jugoslavenkih zemalja III. U sklopu iste monografije, S. Dimitrijević (1979b: 296–297, 315, 324) daje općeniti pregled kulture i svoj osvrt na njenu metalurgiju te objavljuje tada nove nalaze iskopavanja u Vinkovcima (Tržnica-Hotel, 1978). U to vrijeme B. Čović

(1976, 1984) fokusira se na metalurške djelatnosti na području Bosne i Hercegovine prvo vučedolske kulture, a poslije i cijelog eneolitika. Sveobuhvatno djelo na temu vučedolske metalurgije, s analizama sastava vučedolskih bakrenih predmeta piše A. Durman (Durman 1983) u sklopu svog magistarskog rada „Metalurgija vučedolskog kulturnog kompleksa“. Durman (1991b) kasnije istraživanje nastavlja u širem kontekstu sa doktorskom disertacijom „Metal u prapovijesnom društvu jugoistočne Europe“. Kontinuirano se nastavlja baviti metalurgijom bakra s posebnim naglaskom na kasni eneolitik, badensku i vučedolsku kulturu (Durman 1988b, 1991a, 2000a, 2006). Unatoč atraktivnosti vučedolske kulture i velikog interesa za njeno proučavanje metalni nalazi i metalurgija najčešće se spominju usputno u širem kontekstu kulture, razdoblja ili geografskog područja (Marković 1994; Tasić 1995; Dimitrijević *et al.* 1998; Jovanović 2002; Marijanović 2003; Balen 2005, 2010, 2018b; Težak-Gregl 2017; Miloglav 2018). Međutim, važno je spomenuti diplomske i doktorske radove pod mentorstvom A. Durmana. U sklopu doktorske disertacije A. Pravidur (2014), bavi se izvorima bakrene sirovine, razvojem metalurške aktivnosti i rekonstruiranju komunikacijskih i trgovinskih putova prapovijesnih zajednica na području Bosne i Hercegovine, a P. Panza (2016) u svom diplomskom radu daje pregled dosadašnjih istraživanja razvoja metalurgije bakra na Hrvatskom prostoru i opisuje prelazak na upotrebu bronce unutar kojeg ističe važnost uloge vučedolske kulture.

Znamo da vučedolska kultura u vremenu svoj postojanja poznaje i ovladava s tri izvora bakrenih ruda: oksidne, sulfidne i halkopiritne rude (Durman 1983, 1988b). Metalni predmeti vučedolske kulture, uz bakar, sadrže velike količine srebra što znači da su rađeni od bogatih oksidnih ili karbonatnih ruda čije izvore možemo tražiti na hrvatskom prostoru (Durman 1988b: 35). S druge strane, predmeti koji u svom sastavu nemaju srebra, a imaju drugih primjesa (arsen, cink, željezo) smatramo da dolaze s bosanskih rudnih ležišta i svjedoče o ekspanziji kulture krajem klasične faze (Durman 1988b: 35). Takva ruda je prvenstveno antimonski, a potom i arsenski sinjavac iz serije tenantit – tetraedrit koji se mogu pronaći južno od Save (Durman 1983: 52, 1988b: 35; Pravidur 2014: 28–39). Metalografska slika skupine nalaza vučedolske kulture iz Ljubljanskog barja ukazuje na veću upotrebu antimonskog bakra (Pravidur 2014: 137).

Durman (1988b) na osnovi arheoloških nalaza predlaže rekonstrukciju više različitih procesa taljenja i lijevanja ovisno o korištenoj sirovini. Obradu oksidnih ruda rekonstruira po uzoru na nalaze peći s vučedolskog Gradca (Slika 30,35). Prva faza odvijala se u zatvorenoj peći sa zaobljenim dnom gdje se talila oksidna ruda. Trebalo je postići jako visoke temperature zbog

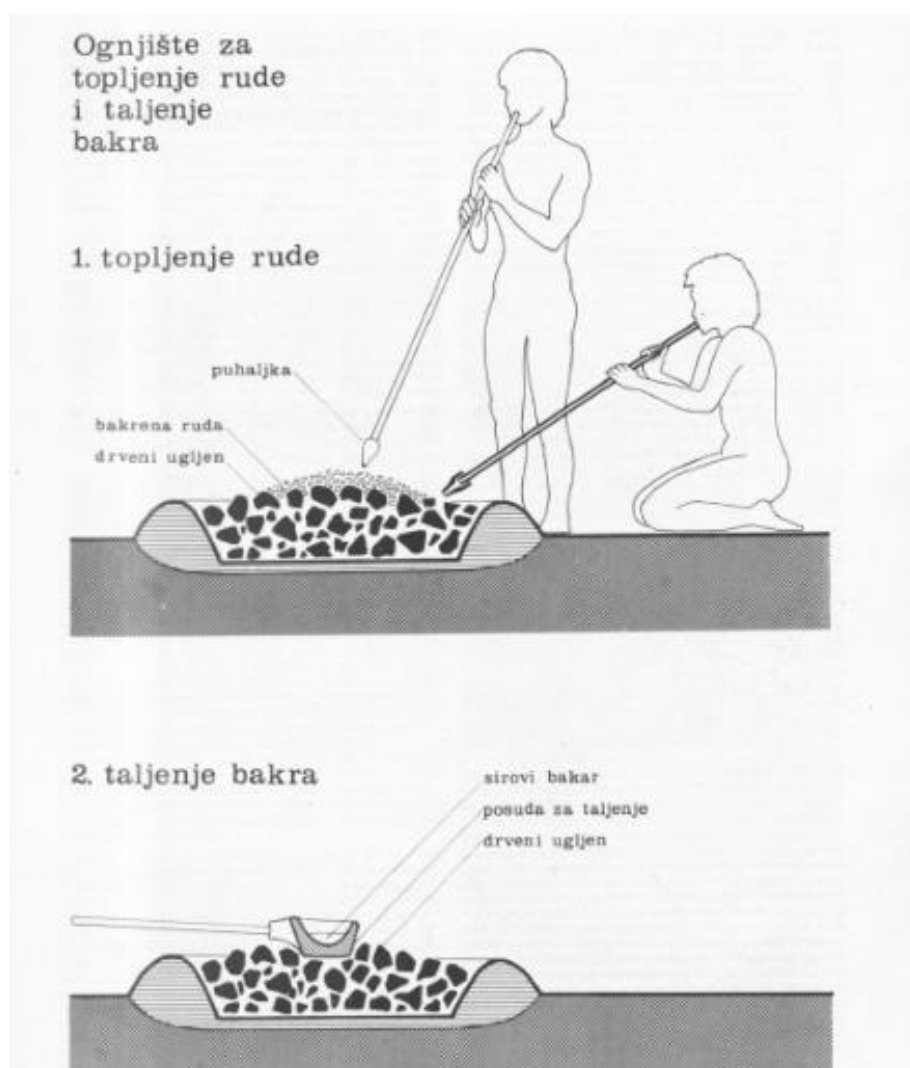
čega se koristilo kalorično gorivo kao drveni ugljen (Durman 1988b: 38). Kada bi se postigla dovoljno visoka temperatura odvijali su se procesi odvajanja kisika, koji se veže uz ugljikom, od bakra (Durman 1988b: 38). Rezultat bi bio relativno čisti bakar koji se nataložio na dnu peći (Durman 1988b: 38). Druga faza bila je topljenje dobivenog produkta, odnosno bakra, u posebnoj posudi i unutar peći s ravnim dnom (Durman 1988b: 38). Rastaljeni bakar se potom mogao lijevati u kalupe.



Slika 30: Prikaz procesa topljenja oksidne bakrene rude (gore) i taljenja dobivenog bakra za lijevanje (dolje) (preuzeto: (Durman 1988b: 36)

Kako obrada sulfidne rude ostavlja veliku količinu otpada, ona je morala biti obrađena prije nego li se transportira (Durman 1983: 67). Ta činjenica objašnjava intenzivnu ekspanziju vučedolske kulture i razvoj novih značajnih kasnovučedolskih naselja koja su bliže izvorima

rude (Durman 1983: 67). Zato metalurške aktivnosti kasne vučedolske kulture najbolje poznajemo sa bosansko hercegovačkih gradina: Zecovi kod Prijedora, Debelo Brdo kod Sarajeva, Gradina Alihodže u dolini Bile, Velika gradina u Varvari (Durman 1983: 32; Pravidur 2014: 122–51) i sa Ljubljanskog barja u Sloveniji (Korošec & Korošec 1969). Durman (1988b) rekonstruira i metalurški proces obrade sulfidnih ruda. Potrebna je bila velika količina kisika koja bi se osiguravala puhaljkama za zrak ili mijehova (Slika 31) (Durman 1988b: 38). Na temperaturi od 700 °C u oksidacijskim uvjetima dolazi do isparavanja sumpora, antimona ili arsena i bizmuta koji se vežu s kisikom (Durman 1988b: 38). Rezultat takve obrade bio bi bakrenac, a njegovom daljinom obradom dobivao bi se čisti bakar za lijevanje u kalupe (Durman 1988b: 38).



Slika 31: Prikaz procesa taljenja sulfidne bakrene rude uz pomoć puhaljki (gore) i taljenja dobivenog bakra za lijevanje (dolje) (preuzeto: (Durman 1988b: 37)

Ruda koja sadrži arsen problematična je za taljenje upravo zbog prisustva arsena. Taljenjem arsenske rude na 500 – 600 °C, arsen se spaja s vodikom i isparava kao otrovni plin arsini

(AsH₃) (Durman 2006: 34). Pretpostavlja se da je specifičan miris tog plina po češnjaku drevnim metalurzima bio znak da se odmaknu od vatre (Durman 2006: 34) kao i indikacija visine temperature, odnosno faze taljenja. Proces taljenja usavršavao se iskustveno te su se određene faze tog procesa mogle raspoznavati na osnovu boje, okusa, mirisa i drugih oblika ponašanja rude u određenim uvjetima (Radivojević & Rehren 2016: 228–29). Međutim, dugotrajno izlaganje i malim dozama arsena dovodilo je do mnogih problema kao oduzimanja osjeta u vrhovima prstiju, oduzimanja udova, paralize te smrti (Durman 2006: 34). Iz tog razloga dolazi do premještanja metalurških radionica izvan naselja ili na povišene dijelove, a same peći su prebačene su na otvoreno izvan same radionice (Durman 1988b: 35). Ta činjenica očituje se u nalazima s vučedolskih metalurških radionica. Lijevanje na Vučedolu izvođeno je u pećima, dok se na gradini Zecovi metalurška djelatnost odvijala na otvorenim ognjištima uz pomoć puhaljki ili mjehova (Durman 1983: 32, 1988b: 35–36, 2006: 80; Pravidur 2014: 136–37). Postoji različita terminologija za keramičke nastavke puhaljki koji se u bosanskoj i hrvatskoj literaturi nazivaju se *sopalj*, u francuskoj *tuyérs*, u engleskoj *tuyere*, u njemačkoj *Düse*, a u ruskoj *soplo* (Karavanić 2006: 42–43). Arheološki nalazi uglavnom potvrđuju da su na hrvatskom prostoru korištene puhaljke, iako mjehovi nisu isključeni (Durman 1988b: 35). Nalazi puhaljki, odnosno sopalja prisutni su i na Zecovima, Debelom Brdu, Velikoj gradini u Varvari i Ljubljanskom barju (Durman 1983: 35, 1988b: 36). Na Ljubljanskom barju, osim mjehova pronađeno je i pet zdjela s kljunastim izljevom za izlijevanje metala u kalupe (Durman 1988b: 35). Još jedna potencijalna posuda za lijevanje ili taljenje pronađena je u vučedolskom sloju na lokalitetu Podastinje kod Kiseljaka (Pravidur 2014: 134).

Vučedolcima je na samom kraju njena postojanja pripisan i početak upotrebe halkopiritne rude (Durman 2006: 80). Isprva, Durman za sve sulfidne rude, opisuje jedan proces taljenja i posebno se fokusira na arsenske i antimonske bakrene sulfosoli (1983: 57–58, 1988b) dok u kasnijim radovima izdvaja obradu halkopirita kao zasebnu (1997: 12, 2006: 78–80). Halkopirit je najraširenija i najvažnija ruda za dobivanje bakra, ali njena obrada je vrlo kompleksna i zahtjevna zbog velike količine željeza u rudi. Željezo zahtjeva jako visoke temperature (oko 1500 °C) za taljenje. Međutim, ono se jednim dijelom topi i na nižoj temperaturi zbog djelovanja ugljika iz drvenog ugljena kao katalizatora koji snižava temperaturu (Durman 2006: 79). Korištenjem puhaljki i mjehova u peć se dovodi dodatni kisik koji ugljik pretvara u ugljični dioksid čime bi se topljenje željeza zaustavilo (Durman 2006: 80). Tako se iz halkopiritne rude (CuFes₂) izdvaja bakar u obliku oksidne rude.

Prilikom procesa taljenja halkopirita smijesi se dodavao fluks kako bi se pospješilo izvlačenje nečistoća (Durman 1997: 12). Za razliku od taljenja sinjavaca, taljenje halkopiritnih ruda rezultirala je mekanim bakrom kojem je bilo potrebno dodati kositar kako bi se poboljšala njegova svojstva (Durman 1997: 12). S druge strane, nedostatak otrovnih arsenskih plinova učinilo je cijeli postupak dobivanja metala puno sigurnijim (Durman 2006: 33). Zato se pretpostavlja da je ova činjenica bila jedna od glavnih razloga prelaska s arsenske bronce na kositrenu broncu, iako u jednom razdoblju koegzistirale (Durman 2006: 33).

Kod neuspješnog taljenja halkopiritne rude velika količina željeza ostaje u metalu. Željezo se u bakru ili bronci smatra nečistoćom jer remeti strukturu metala zbog koje ona postaje krta i lako puca. Željezo se u bakru može tolerirati u iznimno malim koncentracijama, ispod 4 % ukupnog udjela u masi predmeta (Durman 1997: 12; Ottaway & Roberts 2008: 205). Takav spoj bakra i željeza morao se dogoditi prilikom razvoja metalurgije bakra u početnoj fazi eksperimentiranja s obradom halkopiritne rude. Durman (Durman 2006: 79–80) smatra da nam je ovaj dio prapovijesti ostao upisan u grčkoj, kasnije i rimskoj mitologiji. Afroditu ili Veneru boginju ljepote, koja je često i simbol za bakar, u braku je sa bogom Hefestom ili Vulkanom koji je metalurg i kovač bogova. Ova situacija predstavlja logičnu metaforu obrade i lijevanja bakra ili bronce. Međutim, Venera u jednom trenutku prevari svog muža s bogom rata Aresom ili Marsom kojeg se često uzima kao simbol željeza. Taj kratkotrajni spoj bakra i željeza vrlo vjerojatno opisuje neuspješne rezultate taljenja halkopirita čiji produkt je nepoželjna slitina bakra i željeza.

Dokaze o ranom korištenju halkopiritne rude Durman pronalazi prilikom istraživanja Vinkovaca u sloju koji dijeli vučedolsku B2 fazu od vinkovačke A faze (Durman 1997: 12). Tamo su pronađena četiri metalna predmeta: amorfni komad lijeva koji je zapravo ostatak od lijevanja, jedno šilo, izduženi predmet zašiljen s obje strane i tanka pločica (Durman 1997: 12 Tab.1). Njihov sastav pokazuje značajan udio željeza u predmetima i namjerno dodavanje kositra (Slika 32) (Durman 1997: 12). Ovi predmeti rezultat su taljenja halkopiritnih ruda gdje je uz bakar zbog nedovoljne vještine metalurga zaostala određena količina željeza i drugih elementa, ali je također namjerno dodavan kositar (Durman 1997: 12).

Metalni predmet	Sn	Pb	As	Sb	Ag	Cu	Bi	Au	Zn	Fe
Amorfni komad	0,048	2,4	0,472	0	0,39	94,934	0	-	0,475	2,199
Šilo	0,024	1,112	0	0,125	0,045	97,569	0	-	0,264	0,848
Zašiljeni predmet	0,039	0,538	0,183	0	0,044	89,074	0,003	-	0,23	9,525

Pločica	7,23	0,281	0	0,203	0	88,501	0	-	0,282	3,433
----------------	------	-------	---	-------	---	--------	---	---	-------	-------

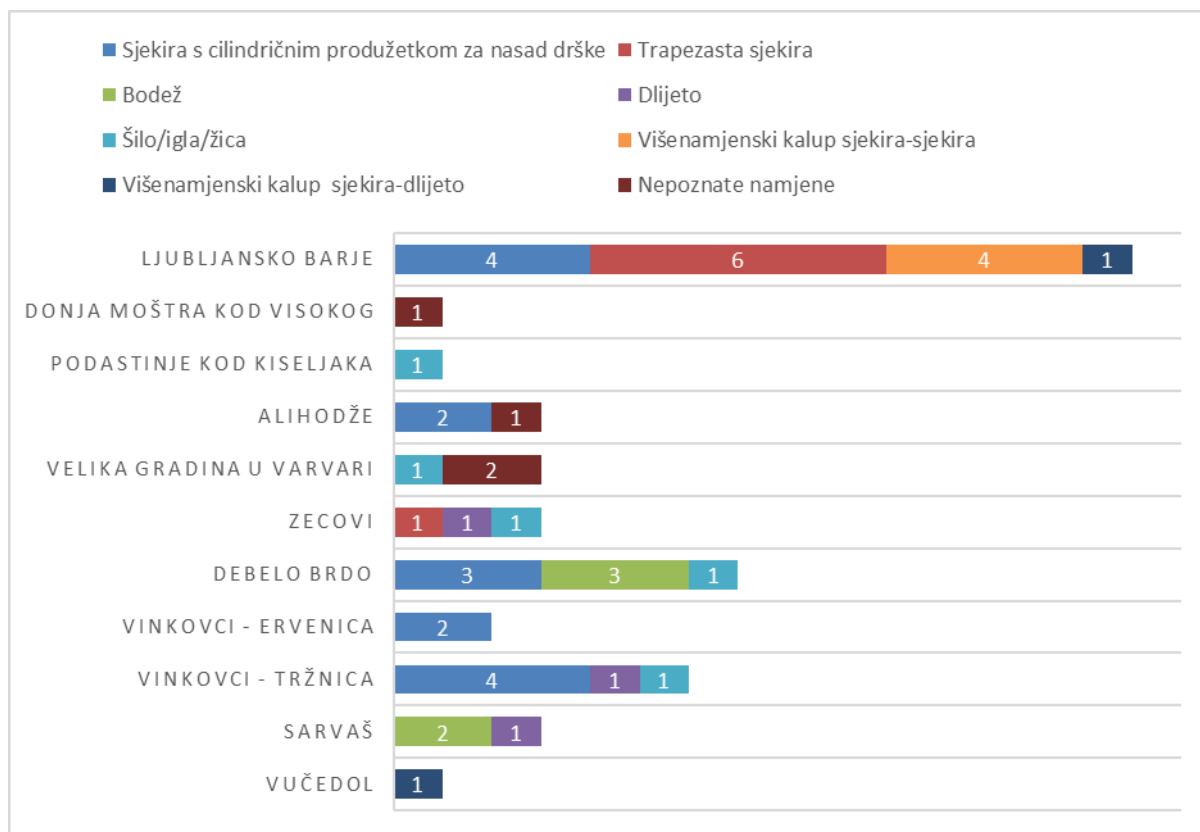
Slika 32: Tablica 1. Spektralna analiza četiri metalna predmeta iz sloja na dodiru Vučedolske i Vinkovačke kulture, Vinkovci – Tržnica (Durman 1997: 12; prema: Panza 2016: 88)

Razvoj metalurgije može se pratiti i po razvoju kalupa. Tijekom ranog i srednjeg eneolitika u Karpatskoj kotlini koristila se tehnika lijevanja „a cire perdue“ koja zahtijeva da se prototip svakog predmeta prvo izradi u vosku (Durman 1983: 31). Osnova kasnog eneolitika je uvođenje nove metode lijevanja u jednodijelne i dvodijelne kalupe, čije prisustvo na vučedolskim lokalitetima sigurno svjedoči o lokalnoj proizvodnji (Slika 33) (Jovanović 1979: 48). Njihova upotreba omogućila je revoluciju jer otvara mogućnost svojevrsne serijske proizvodnje nekog predmeta (Jovanović 1979: 48; Durman 1983: 31, 1988b: 32, 2006: 49). Svi glineni kalupi su jednokratne upotrebe (Durman 1983: 30). Lijevanje vrućeg tekućeg bakra u glineni kalup oštećuje njegove stjenke nakon čega kalup gubi svoju funkciju (Durman 1983: 30). Pojam serijska proizvodnja mora se shvatiti uvjetno jer se od jednog kalupa nije mogao dobiti veći broj istih predmeta, nego se od jednog prototipa mogao utisnuti veliki broj kalupa (Durman 2006: 49; Pravidur 2014: 3). Značaj tog napretka mogućnost je izrade neograničenog broja primjeraka prema najuspješnijem prototipu (Jovanović 1979: 48). Serijska proizvodnja ne zahtijeva dodatne tehnološke promjene i prilagodbe svakom posebnom predmetu kao što je slučaj sa individualiziranom izradom (Jovanović 1979: 48). Karakteristika ranijih kalupa iz klasične faze je da su masivnog i robusnog izgleda (npr. Vinkovci), a kalupi iz kasne faze znatno su tanjih stjenki, manjih dimenzija i smanjene mase kalupa što ubrzava proces lijevanja (Durman 1983: 33; 1988b: 32).

	Šilo, igla, žica	Sjekira s cilindričnim nasadom	Bodež	Dlijeto	Plosnata sjekira	Višenamjenski kalup sjekira-sjekira	Višenamjenski kalup sjekira-dlijeto	Kalup nepoznate namjene	
Vučedol							1		Vučedol B1
Sarvaš			2	1					
Vinkovci - Tržnica	1	4		1					Vučedol B2
Vinkovci - Ervenica		2							
Debelo Brdo	1	3	3						Vučedol C
Zecovi	1			1	1				
Velika Gradina u Varvari	1							2	
Alihodže		2						1	
Podastinje kod Kiseljaka	1								
Donja Moštra kod Visokog								1	
Ljubljansko Barje		4			6	4	1		
Ukupno	2	15	4	3	7	4	2		37

	Dvodijelni kalup
	Jednodijelni kalup

Slika 33: Tablica nalaza kalupa vučedolske kulture (prema: Durman 1983: Slika 2, nadopunjeno prema: Gale 2002, Pravidur 2014)



Slika 34: Grafički prikaz zastupljenosti kalupa u vučedolskim naseljima (autor: S. Bošnjak)

2.1. Metalurške radionice vučedolske kulture

Na kraju eneolitika neupitno je postojanje već razvijene metalurgije bakra na prostoru Karpatske kotline, Podunavlja i Balkana s nalazima radionica prvo badenske, a onda i vučedolske kulture (Durman 2000a, 2006; Sava 2015: 277). Međutim, dokazivanje ekstraktivne metalurgije na lokalitetima još uvijek vrlo je problematična i nailazi na mnoge prepreke. Najbolji arheološki dokazi o taljenju rude su troska, komadi rude, ostatci peći ili ognjišta za taljenje, razni metalurški pribor kao kalupi, posude za taljenje ili lijevanje i alati za dovoz zraka, odnosno keramički dodatci puhaljkama za raspirivanje vatre (Težak-Gregl 2006: 36; Pernicka & Anthony 2010: 166; Radivojević & Kuzmanović-Cvetković 2014: 9). Svi alati korišteni pri lijevanju na lokalitetu svjedoče nam o tehnološkim odlukama koje su donesene

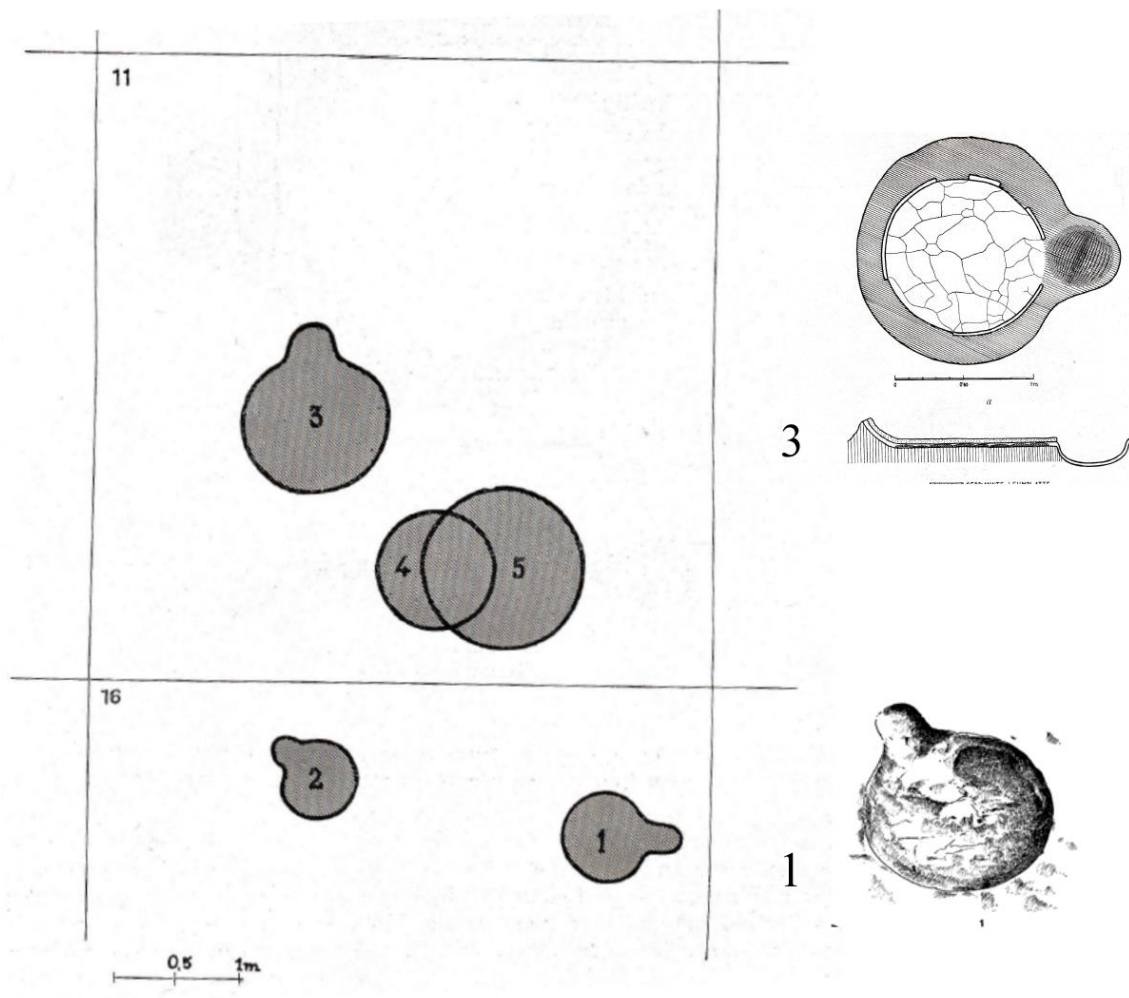
prilikom prerade bakra (Radivojević & Kuzmanović-Cvetković 2014: 9). U sklopu vučedolske kulture možemo razlikovati nekoliko vrsta dokaza o vučedolskoj metalurgiji: slučajni metalni nalazi, pojedinačni metalni nalazi u kontekstu naselja ili kao grobni prilog, ostave metalnih predmeta te ostatci bakreno prerađivačkih djelatnosti na naseljima kao što su peći, troska, kalupi i drugi metalurški pribor.

Vučedol Gradac (Vučedol B1 i B2)

Najbolji dokazi o vučedolskoj metalurškoj djelatnosti dolaze s lokaliteta Vučedol tj. položaja Gradac. On se nalazi na uzvišenom položaju između Vinograda i Kukuruzišta Streim na desnoj obali Dunava. Cijeli plato bio je u vučedolsko vrijeme odvojen od ostatka naselja s jarkom, a nije riječ ni o klasičnom naselju nego je najvjerojatnije obnašao funkciju svojevrsne akropole (Dimitrijević 1979b: 282; Durman 1988c: 15, 2006: 52; Dimitrijević et al. 1998: 136). Gradac, odvojen od naselja, istaknut i djelomično nepristupačan, bio je idealan položaj za metaluršku radionicu. U cijelosti je istražen pod vodstvom R.R. Schmidta kada je pronađen veliki vučedolski objekt građen u dvije faze. Riječ je o nadzemnoj kući pravokutne osnove dimenzija: 15,40 m x 9,50 m s dvije prostorije i bočnim trijemom – oblik megarona (Schmidt 1945: 21–30 Textbild 18; Dimitrijević 1979b: 282; Dimitrijević et al. 1998: 136). Prva faza naseljavanja datira se u rani klasični stupanj (Vučedol B1) kada je pronađen metalurški radionički centar – „Megaron ljevača bakra“ ili „Megaron I“ sa pet peći (Schmidt 1945: 21; Dimitrijević 1979a: 282; Durman 1983: 31; Dimitrijević et al. 1998: 136). Druga faza gradnje objekta „Megarona II“ datira se u kasno klasični stupanj (Vučedol B2), unutra kojega je „Megaron II, sudeći po bogatstvu nalaza, kulturnih predmeta te ritualnom kosturnom ukopu poznatim kao „grob bračnog para“ pokazuje veći profani karakter od radioničkog Megarona I (Dimitrijević 1979b: 332). S. Dimitrijević zato zaključuje da se na primjeru Gradca vidi proces ekonomske i duhovne transformacije te društvenog raslojavanja kada utilitaran položaj metalurške radionice dobiva drugačiji kulturni i čak religiozni smisao (Dimitrijević 1979b: 332).

Prvoj fazi gradnje pripadaju dvije jame pronađene unutar objekta opisane da su u ravnini podnice. Jedna jama (Grube A G1), širine otvora 1,90 x 1,50 m, bila je zapunjena kostima i fragmentima ukrašenih i neukrašenih vučedolskih posuda (Schmidt 1945: 21 Taf.35 Abb.6, Taf. 33 Abb. 2, Taf.51 Abb.1) dok je druga jama (Grube Mi G4), nešto užeg otvora 0,75 x 0,70 m, bila zapunjena pepelom i velikim brojem neukrašenih posuda, uz izuzetak nekolicine ukrašenih fragmenata (Schmidt 1945: 21). Istoj fazi pripada i 5 mogućih talioničkih peći od

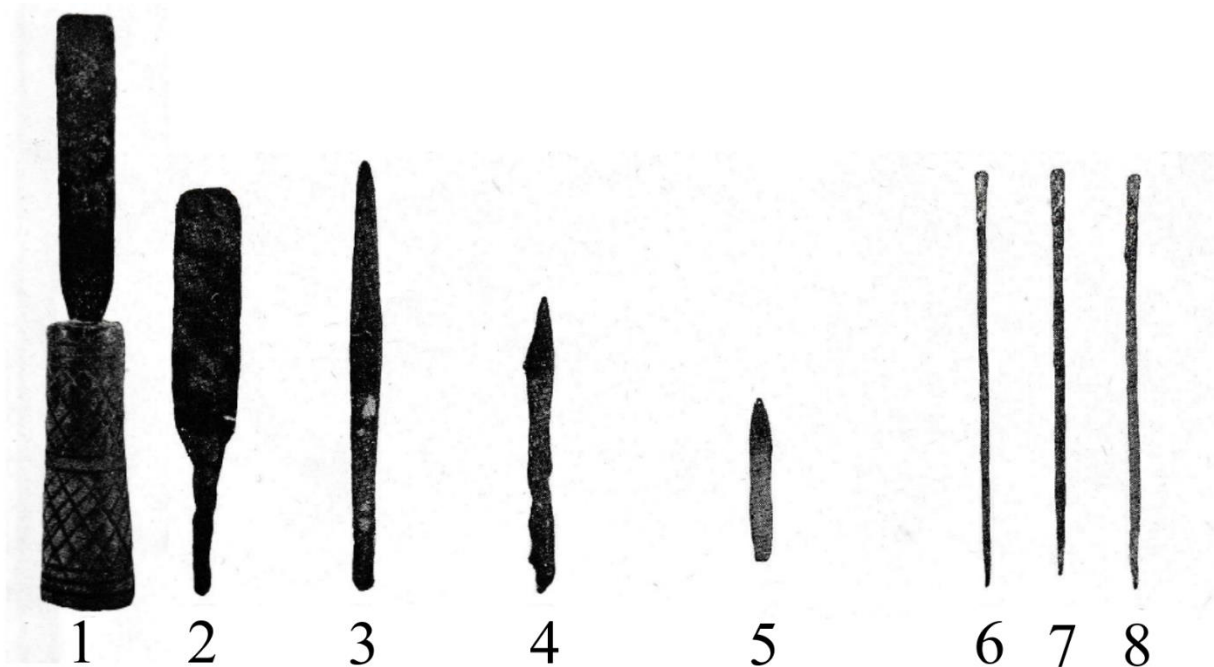
kojih su tri bile unutar, a dvije izvan objekta uz sami njegov zid (Slika 35) (Schmidt 1945: 22–23 Textbild 10; Dimitrijević 1979b: 282,296; Dimitrijević et al. 1998: 136). Tri imaju tlocrt koji podsjeća na „oblik rimske lampice“, a dvije su jednostavnog kružnog oblika (Dimitrijević 1979b: 282). Peć 1 sastoji se od dva dijela i podsjeća na oblik rimske lampice. Prvi dio je kružnog konkavnog oblika ukopan 20 cm u les (u literaturi tzv. „bazen“), na koji se nastavlja mogući otvor peći (u literaturi tzv. „kljun“ ili „nos“) za smještaj mijeha (Slika 35: peć 1) (Schmidt 1945: 22 Taf.9 Abb.3; Durman 1983: 33–34 T.7:1). Duga je 90 cm, a cijela konstrukcija obložena je slojem zapečenog lesa (Schmidt 1945: 22; Durman 1983: 33). Na dnu kružnog dijela, odnosno dna peći bila su tri duboko urezana žlijeba ili kanala (Schmidt 1945: 22; Durman 1983: 33). Kružni dio peći obrubljen je s 12 cm debelim zapečenim slojem koji je najvjerojatnije zid kupole ili konusa (Schmidt 1945: 22; Durman 1983: 33). Peć 2 slične je konstrukcije nešto manjih dimenzija (80 cm dužine) te bila je zapunjena slojem ruševine od konstrukcije kupole (Schmidt 1945: 23; Durman 1983: 34). Najbolje očuvana peć unutar kuće je peć 3, dok su peći 4 i 5 prilično oštećene (Schmidt 1945: 23; Durman 1983: 34). Peći 4 i 5 kružnog su oblika, respektivnih promjera 1 i 1,30 m, te su nasjele jedna na drugu (Schmidt 1945: 23 Textbild 10). Peć 3 iako, tlocrtom podsjeća na peći 1 i 2, nešto je drugačije konstrukcije (Schmidt 1945: 23 Textbild 11; Durman 1983: 34 T7:2). Sastoji se od jako zapečene ravne podnice kružnog tlocrta (u literaturi tzv. „tave“) dužine 1,10 m u promjeru na koji se nastavlja konkavni otvor peći (Slika 35: peć 3) (Schmidt 1945: 23 Textbild 11; Durman 1983: 34). Konstrukcija peći u svom temelju ima slojeve gline, popločenja od ulomaka keramike i vapnenca, a 20 cm debeli obrub vjerojatno je nosio kupolu peći (Slika 35: peć 3) (Schmidt 1945: 23 Taf.9 Abb.2; Durman 1983: 34). Osnovna razlika peći 1 i 3 je u konstrukciji dna i otvora. Peć 1 ima konkavno dno s 3 urezana žlijeba, dok peć broj 3 ima ravno dno. Otvor peći 1 postepeno se spušta prema dubini dna, dok je kod peći 3 on kompletno ispod razine dna.



Slika 35: Metalurške peći sa lokaliteta Vučedol - Gradac (prema: Schmidt 1945, Durman 1983: 33–34 T.7:1).

Uz peći je pronađen višenamjenski kalup za lijevanje plosnatih sjekira i dlijeta te jedna sjekira koja odgovara spomenutom kalupu (Schmidt 1945 Taf.49 Abb.1,2). Sastav sjekire je 99 % čistog bakra (Durman 1983: 47). Nešto više metalnih predmeta pripada sitnim alatkama. Pronađena su tri nedefinirana predmeta, odnosno štapića bakra koja je Schmidt smatrao ingotima (Slika 35:3-5) (Schmidt 1945: 103–4 Taf.48 Abb.21-23; Durman 1983: 37). Nažalost ovi predmeti izgubljeni su za vrijeme 2. svjetskog rata, ali na sreću njihov opis ostao je sačuvan u inventarnoj knjizi. Četvrtastog su presjeka, jedan kraj im je zašiljen, a dužina im je između 2,6 i 6,9 cm, a debljine od 3,5 x 3 mm do 5x5 mm (Durman 1983, 37–38). Durman pretpostavlja da su u pitanju klinovi radije nego ingoti. Pronađene su i tri igle četvrtastog presjeka, 6,7-6,8 cm duge, 1 mm u promjeru presjeka (Slika 35:6-8) (Schmidt 1945: 104 Taf.48 Abb.24-26). Pronađena je i jedna bakrena spatula nasađena u koštanu dršku (Slika 35:1), duga 6,8 cm, široka 1 cm i pripada prvoj fazi gradnje (Schmidt 1945 Taf. 48 Abb.19).

Druga spatula nađena bez ikakve drške (Slika 35:2), duga je 6.6. cm, a široka 1.1 cm i pripada drugoj fazi gradnje (Schmidt 1945 Taf. 48 Abb.20).



Slika 36: Izbor metalnih nalaza s Gradaca (preuzeto: Schmidt 1945)

Kukuruzište Streim (2012.-2020.) – preliminarni rezultati istraživanja

Prva istraživanja na Kukuruzištu Streim odvila su se 1968. g. pod vodstvom S. Dimitrijevića. Podatke imamo samo iz usmene priče A. Durmana koji tvrdi da je Dimitrijević otvorio probni rov veličine 5 x 2,5 m uz južni rub platoa. Tom prilikom pronašao vrlo poremećene slojeve vučedolske kulture kao rezultat kopanja vojnih rovova iz 2. svjetskog rata. Daljnja istraživanja provodio je prof. A. Durman 1981. g. kada je otvorio 3 probne sonde na južnom platou kukuružišta. Dokumentacija nije sačuvana. Sonda (V-12) otvorena je 2012. g. na samom jugoistočnom dijelu platoa, dimenzija 20 x 30 m, površine oko 600 m², orijentirana sjever-jug. Istraživanja su trajala do 2016. g. (Durman et al. 2013, 2014, 2015, 2016b), nakon čega je 2017. g. sonda proširena u svrhu izgradnje zgrade planetarija. Prema usvojenom idejnom rješenju Arheološkog parka Vučedol, iskop nove sonde (V-17) nastavlja se na sjeverni i zapadni profil otvorene i nedovršene sonde V-12 i obuhvaća površinu od 600 m² (Durman et al. 2018; Hutinec & Roksandić 2019). Istraživanja od 2012.g. provodi Gradski muzej Vukovar i Odsjek za arheologiju Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a 2015. g. nositelj istraživanja postaje novootvoreni Muzej vučedolske kulture. Istraživanja sonde V-

12 i V-17 još uvijek su u tijeku, nalazi su u procesu obrade a u ovom diplomskom radu predstavljeni su samo preliminarni rezultati.⁸

Na samom telu evidentirano je nekoliko kulturnih horizonata: srednjovjekovno razdoblje, kasno i srednje brončano doba, rano brončano doba (Vinkovačka kultura) i najdominantniji horizont kasnoeneolitičkog doba (Vučedolska kultura). Tijekom istraživanja vučedolskih slojeva zaključeno je da pripadaju ranoj klasičnoj (Vučedol B1) i kasnoj klasičnoj (Vučedol B2) fazi po Dimitrijeviću (1979b: 278). Međutim, takva podjela se pokazala nedovoljnom. Izdvaja se još jedan mlađi sloj kasno klasične faze (Vučedol B2) koji se radno naziva Vučedol B3. Na taj horizont nastavlja se ranobrončanodobna Vinkovačka kultura (Hutinec & Roksandić 2019).

Tijekom istraživanja vučedolskih slojeva pronađeni su tipični objekti vučedolske kulture. Radi se o nalazima nadzemnih objekata (kuća) građenih tehnikom pletenja šiblja oko drvene konstrukcije omazanog glinom, jamskim objektima raznih funkcija te grobovima. Zapažene su značajne tehnološke promjene u gradnji i temeljenju, te prostornom rasporedu unutar objekata (Durman et al. 2017, 2018; Hutinec & Roksandić 2019). Takva situacija znatno se razlikuje od uniformiranih kuća istraživanih na susjednom položaju – Vinograd Streim (Forenbaher 1994; Dimitrijević et al. 1998). Nadalje, inventar nalaza s Kukuruzišta, u usporedbi s Vinogradom Streim, razlikuje se u omjeru količine i učestalosti određenih vrsta nalaza te njihovoj tipološkoj raznolikosti (Durman et al. 2017, 2018; Hutinec & Roksandić 2019). Prema podacima o nalazima, ali i prostornom rasporedu i organizaciji objekata i odnosima među njima autori/istraživači upućuju na određenu radioničku djelatnost na ovome prostoru (Durman et al. 2017:12-20;2018:15-23; Hutinec & Roksandić 2019). Poveznicu između Kukuruzišta Streim i Gradca možemo vidjeti u nalazima peći te metalurškom inventaru. Gotovo svaki vučedolski objekt na Kukuruzištu Streim ima centralno ognjište, ali u nekim objektima su pronađene i peći raznih konstrukcija. Sveukupno je u istraživanjima od 2012.-2020. g. pronađeno šest peći nepoznate namjene. Sve peći se nalaze u vrlo jasnim kontekstima unutar nadzemnih objekata s tipičnim vučedolskim inventarom, najčešće smiješene u uglu objekta uz zid. Sve peći pokazuju tragove gorenja. Unutar objekata uz peći se najčešće nalazilo i ognjište. Peći su najvećim dijelom grupirane na jugoistočnom rubu vučedolskog naselja u objektima koji su u blizini fortifikacije. Prema dostupnim izvještajima

⁸ Ovom prilikom želim zahvaliti ravnateljici Muzeja vučedolske kulture Mireli Hutinec i dr.sc. Danijeli Roksandić što su mi omogućile pristup materijalu, neobjavljenim izvještajima i dokumentaciji s istraživanja Kukuruzišta Streim te na usmenim konzultacijama i pomoći.

autori opredjeljuju te peći kao metalurške (Durman et al. 2018:20; Hutinec & Roksandić 2019:20).

Prva peć (Slika 37) pronađena je 2014. g. unutar nadzemnog objekta u dokumentaciji nazvanog „Kuća 6“ koji pripada drugom horizontu vučedolskih kuća. Peć se nalazila u sjeverozapadnom uglu kuće i bila je naslonjena, priljubljena uz zapadni zid. Imala je ravno zapečeno dno s popločenjem od keramičkih fragmenata u temelju. Nadalje, izuzetno dobro sačuvani su bili zidovi kupole znatne debljine stjenki (5-8 cm). Sam oblik peći podsjeća na tipično vučedolske keramičke nalaze interpretirane kao modele krušnih peći (Dimitrijević 1979b: 287, 1988: 21; Dimitrijević et al. 1998: 143).



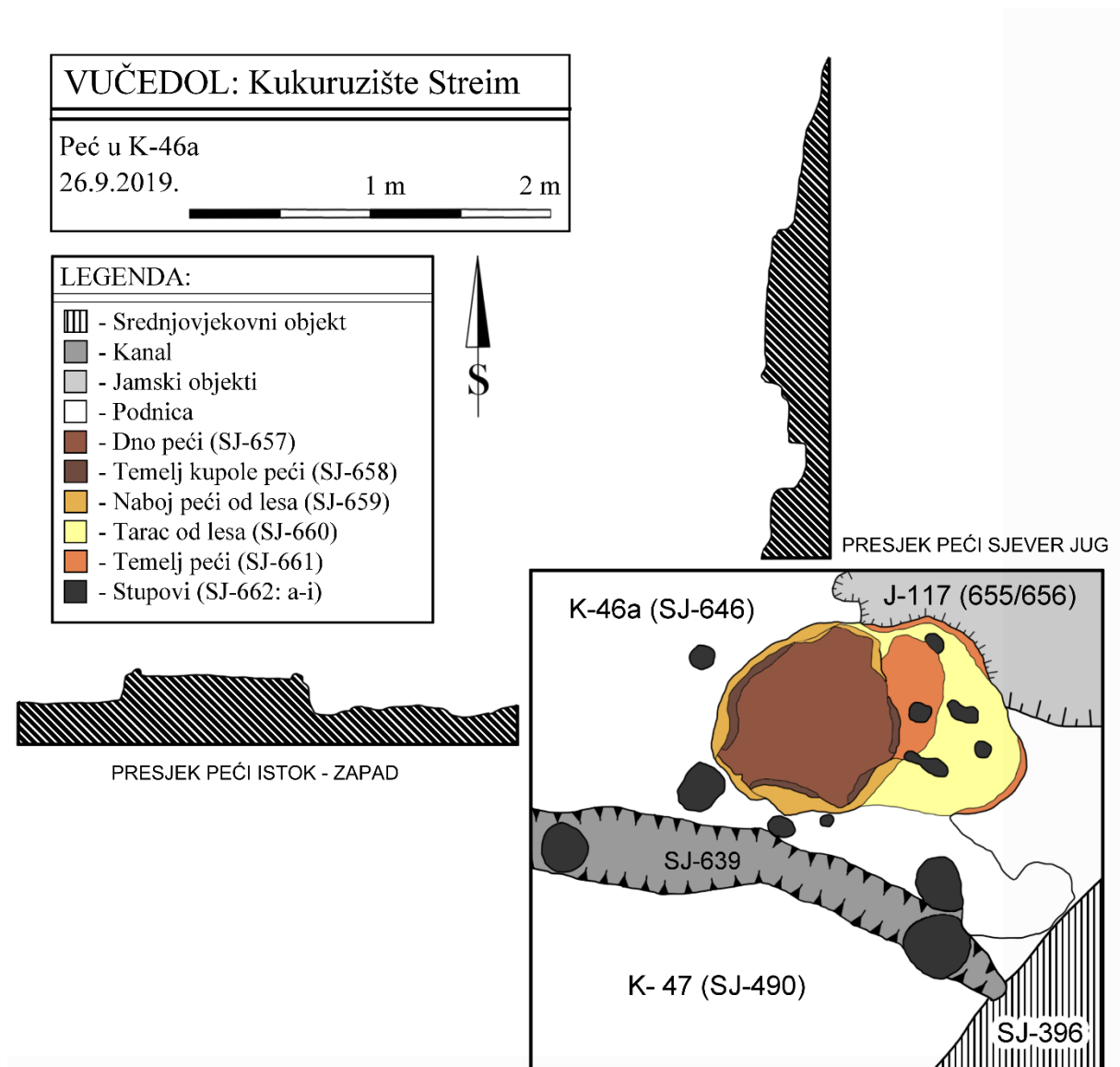
Slika 37: Kupolasta peć iz objekta Kuća 6 (preuzeto: Durman et al. 2015: 91)

2017. g. istraživanjima sonde V-17 pronađen je objekt „Kuća 3“ koji, kao i prethodni objekt pripada drugom horizontu kuća (Durman et al. 2017). Najveći dio, odnosno više od pola kuće, uništen je sa sjeverne strane kasnijim srednjovjekovnim probojima. Objekt je bio djelomično definiran unutar sonde V-12/2014, a u potpunosti je istražen unutar sonde V-17/2017. Radi se o izdvojenom objektu na istočnom rubu naselja, dimenzija 8 x 4 m, orijentacije sjeveroistok-jugozapad. Zanimljivost objekta je ognjište tj. peć (Slika 38) u jugozapadnom kutu objekta koje je vrlo neobičnog četvrtastog oblika, ograđeno keramikom i lesnim naslagama u dva dijela, sa pomičnim „dimnjakom“ tj. keramičkim kubusom koji je služio kao zatvoreno tijelo ili kupola, peka za podizanje temperature na ognjištu. Uz keramički kubus ostao je očuvan jako zapečen dio zida peći. Peć je građena u dvije faze, gdje starija faza podrazumijeva ognjište s vijencem od lesnih lutaka na koje je, u drugoj fazi nadograđen ostatak konstrukcije.



Slika 38: Peć iz objekta Kuća 3 (Durman et al. 2018: Sl.23)

2017. g. pronađen je još jedan objekt s peći – Kuća 46, koji je u cijelosti istražen 2018. g., a pripada četvrtom horizontu kuća (Durman et al. 2018). Dimenzije objekta su 8 x 4 m, a orijentacija je zapad-istok. Radi se također o radioničkom objektu sa vjerojatno dvije prostorije. Ovaj objekt kao i nalazi unutar i uz objekt upućuju na metalurški karakter ovog objekta. U centralnom dijelu nalazi se veliko ognjište tj. njegov obris na zapečenom podu, dok u istočnom dijelu, uz južni zid kuće nalazi se kupolasta peć. Peć je promjera 80 cm, sa sačuvanim unutrašnjim prostorom, taracem od zapečene zemlje, te tankom stjenkom kupole koja je sačuvana u visini do 2 cm, debljine 1 cm (Slika 39). Peć je u imala konstrukciju na što upućuje nekoliko ukopa kanala i rupa od stupova koja je činila neku vrstu predprostora. Isto tako sa sjeverne i zapadne strane vidi se prekid na stjenkama kupole i ljevkasta proširenja, što bi moglo upućivati na ozračne rupe tj. rupe za upuhivanje zraka prilikom nekog pečenja ili lijevanja metala. Sa sjeverne strane kuće 46 definirana je jama čija funkcija je bila vezana uz peć. Možda je služila kao otpadna jama za izgoreni ugljen i materijal iz peći. Na metalurški karakter ove peći upućuju nas nalazi u njenoj neposrednoj blizini kao ostaci pepela, gareži i komadi troske. U jami je nađena brončana spatula i komadići zgure, a u samoj kući pronađeno je bakreno šilo. Najsličnija opisanoj metalurškoj radionici je objekt definiran u jesen 2020. godine. Riječ je od nadzemnom objektu „Kuća 61“. Koja ima peć vrlo sličnu peći iz K-46, okružena je jamama zapunjenima garom i pepelom, pokazuje intenzivne znakove gorenja te u njenoj naporednoj blizini pronađeni ostatci troske te dva metalna šila.

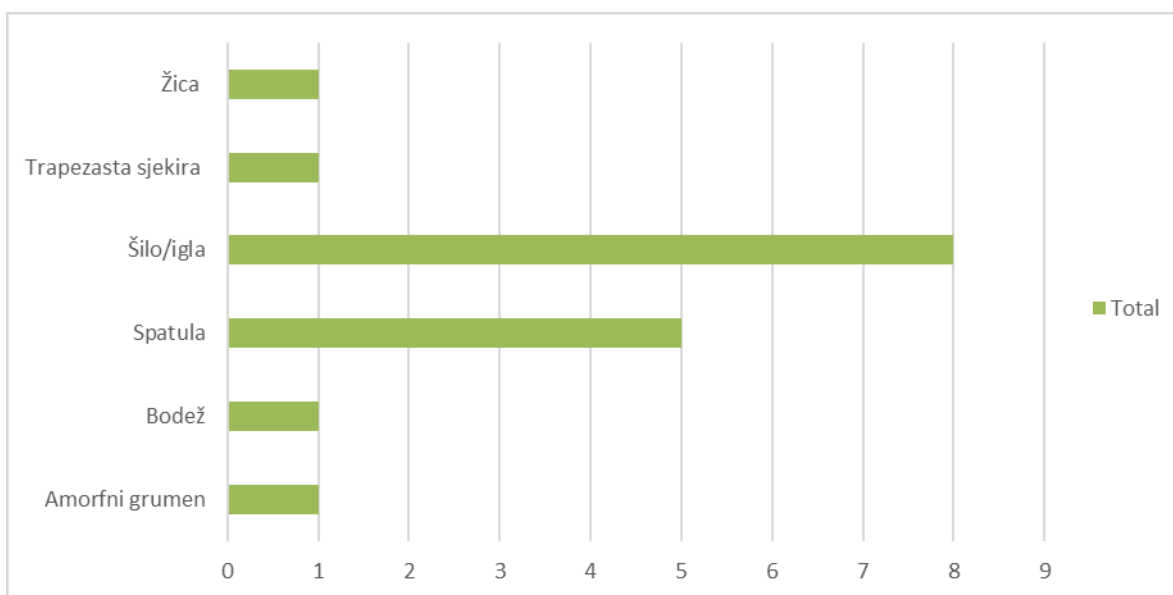


Slika 39: Tlocrt i profil peći iz objekta Kuća 46a, Kukuruzište Streim (arhiva Muzeja vučedolske kulture)

Sveukupno je istraživanjima Kukuruzišta Streim između 2012. i 2020. pronađeno 17 metalnih predmeta koji se mogu pripisati vučedolskoj kulturi, od toga je 8 šila ili igala od kojih je jedna nađena u koštanim koricama (futrola), 5 spatula, jedna trapezasta sjekira, komad žice, vrh bodeža i amorfni komadić metala (Slika 40, 41). Svi predmeti su neobjavljeni i još su u procesu obrade.

/	PN	Tip predmeta	SJ	Kontekst	Presjek	Dužina	Širina	Debljina	Debljina trna
1	129	Trapezasta sjekira	5a	Vinkovački bedem		8,5 cm	3-4,3 cm	0,9-0,4 cm	
2	541	Žica	101	kanal uz K-6		10 cm	0,3 cm	0,1 cm	
3	1044	Šilo	224	K-19	čtvrtasti	9,2 cm	0,2-0,6 cm	0,4 cm	0,3 cm
4	1094	Spatula	176	K-13		5,1 cm	1 cm	0,2 cm	0,35 cm
5	1201	Spatula	240	J-49		10,3 cm	1,2 cm	0,35 cm	0,5 cm
6	1886	Šilo	36	vučedolski sloj	čtvrtasti	6,9 cm	0,6-0,3 cm	0,4 cm	0,4 cm
7	2260	Igla	447	K-39	okrugli	5 cm	0,5-0,3 cm	0,5-0,3 cm	
8	2478	Spatula	450	K-50		6 cm	1 cm	0,1 cm	0,35 cm
9	2502	Šilo	477	K-46	čtvrtasti	11,6 cm	0,6-0,1 cm	0,4 cm	0,4 cm
10	3046	Šilo	540	K-52	čtvrtasti	7,7 cm	0,6-0,4 cm	0,5 cm	0,4 cm
11	3146	Spatula	647	K-25		5,7 cm	1-0,5 cm	0,2 cm	0,4 cm
12	3299	Spatula	533	J-103		5,3 cm	1 cm	0,1 cm	0,2 cm
13	3300	Vrh bodeža	533	J-103		4 cm	3,5 cm	0,15 cm	
14	3417	Šilo	504	J-99	čtvrtasti	9,6 cm	0,5-0,2 cm	0,5 cm	0,4 cm
15	3634	Amorfni komad	563	J-105		1,5 cm	0,7 cm	0,2 cm	
16	3700	Šilo	748	J-136	čtvrtasti	9,2 cm	0,5-0,1 cm	0,3 cm	0,4 cm
17	3718	Šilo	748	J-136	čtvrtasti	8,6 cm	0,6-0,3 cm	0,4 cm	0,5 cm

Slika 40: Popis metalnih predmeta, Kukuruzište Streim 2012.-2020. (arhiva Muzeja vučedolske kulture)



Slika 41: Grafički prikaz broja metalnih predmeta po tipu, Kukuruzište Streim 2012.-2020. (autor: S. Bošnjak)

Nalaza metala u vučedolskim grobovima, ne ubrajajući tumule, nema. Čini se da je takva situacija i na Kukuruzištu Streim, jer od pet istraženih ukopa, u ni jednom nije bilo metala. Međutim, prilikom obrade materijala iz ritualnog ukopa (u terenskoj dokumentaciji „Grob 3“) na bedrenim kostima jednog od pokojnika primijećen je intenzivan zeleni trag (Slika 42). Pretpostavlja se da se radi o bakrenoj patini koja je obojala kost uz koju se predmet nalazio (Durman et al. 2016a).



Slika 42: Mogući trag patine bakra na ljudskoj kosti, Kukuruzište Streim 2015. (foto-arhiva Muzeja vučedolske kulture)

Sarvaš B1

Lokalitet Gradac na Sarvašu nalazi se na istaknutom položaju (Vlastelinski brijeg), na južnom rubu suhog rukavca rijeke Drave. Prvo veće arheološko iskopavanje proveo je R. R. Schmidt 1942. i 1943. godine (Balen 2005: 15; Rajković & Balen 2016: 22). Prilikom tih istraživanja pronađena su dva kalupa za lijevanje listolikih bodeža (Dimitrijević 1979b: 296 T.XLIII:1,2; Durman 1983: 31 T.4:2,3; Rajković & Balen 2016: 51 sl.39) te dvodijelni kalup za dlijeto (Dimitrijević 1979b: 296 T.XLIII:3; Durman 1983: 31 T.4:4,5; Rajković & Balen 2016 sl. 40). R. R. Schmidt (1945: 141–42) ih prvo pripisuje badneskoj, a potom S. Dimitrijević (1979b: 296) vučedolskoj kulturi. Revizijom materijala zaključeno je da se radi o nalazima Vučedol B1 stupnja iz vučedolske jame koja je ukopana u badenski sloj (Dimitrijević 1979b: 296; Durman 1983: 31; Rajković & Balen 2016: 51).

Vinkovci B2

Lokalitet Vinkovci – Tržnica naselje je tipa na kojem su utvrđeni nalazi starčevačke, vučedolske i vinkovačke kulture, zatim i lasinjske, salcuța i bodrogkeresztur kulture (Durman 1983: 23). Iskopavanjima 1978. godine unutar stambenog objekta, vučedolske kuće, pronađena je jama koja je sadržavala kolekciju kalupa za lijevanje (Dimitrijević 1979a: 296–97; Durman 1983: 23–24, 1988b: 32). Jama je ljevkastog oblika (jama u obliku vinske boce), a poznata pod nazivom „Jama ljevača“ (Dimitrijević 1979b: 297; Durman 1983: 23). Prvotno je služila kao ostava, a poslije je izgubila svoju funkciju i zatrpana je slojevima pepela, gara,

životinjskim kostima i fragmentima keramike, a u nekoliko navrata i slojevima kućnog lijepa (Durman 1983: 23). Na njenom dnu, u bočnom proširenju, pronađena su četiri dvojna kalupa za lijevanje sjekira s cilindričnim produžetkom za nasad drške, dio dvodijelnog kalupa za lijevanje bakrene žice, jednodijelni kalup za dlijeto i dio kalupa nejasne namjene (Dimitrijević 1979b: 297 T.XLIII:5; Durman 1983: 24). Sastav kalupa se ne razlikuje znatno od onoga za keramiku, dok je u jednom slučaju kalup obogaćen kvarцитом (Durman 1983: 24). Kalupi su dvodijelni i jako masivni što je zahtijevalo njihovo dugotrajno sušenje (Durman 1988b: 32). Jedan od tih kalupa pokazuje i tragove korištenja, nakon čega je bio toliko oštećen da je morao biti odbačen (Durman 1988b: 32). Uz glinene kalupe nađena je bogato ukrašena posuda i kadionica (Dimitrijević 1979b: 297 T. XXXII:2,4). Objekt, odnosno kuća je u centralnom dijelu imala ognjište i dva vatrišta, no nema tragova odvijanja metalurške djelatnosti (Durman 1983: 24). Stoga se jama definira kao ostava ljevača datirana u kasno klasični ili Vučedol B2 stupanj (Durman 1983: 24). U Vinkovcima, u istom sloju kojem pripada kolekcija kalupa, pronađena su 2 bakrena predmeta: šilo koje se može povezati sa šilima s Ljubljanskog barja (Durman 1983: 46 T.16:5) dok je drugi predmet teško prepoznatljiv i možda se može povezati s nalazima sa Gradaca koje Schmidt naziva ingotima (Durman 1983: 46).

Kasnijim istraživanjima Vinkovaca pronađeno je još jedno vučedolsko naselje na Ervenici. Prilikom iskopavanja nađena su dva dvodijelna kalupa za lijevanje bakrenih sjekira sa cilindričnim produžetkom za nasad drške koji se, kao i kalupi s Tržnice, datiraju u B2 fazu (Gale 2002: 57 T.5:5).

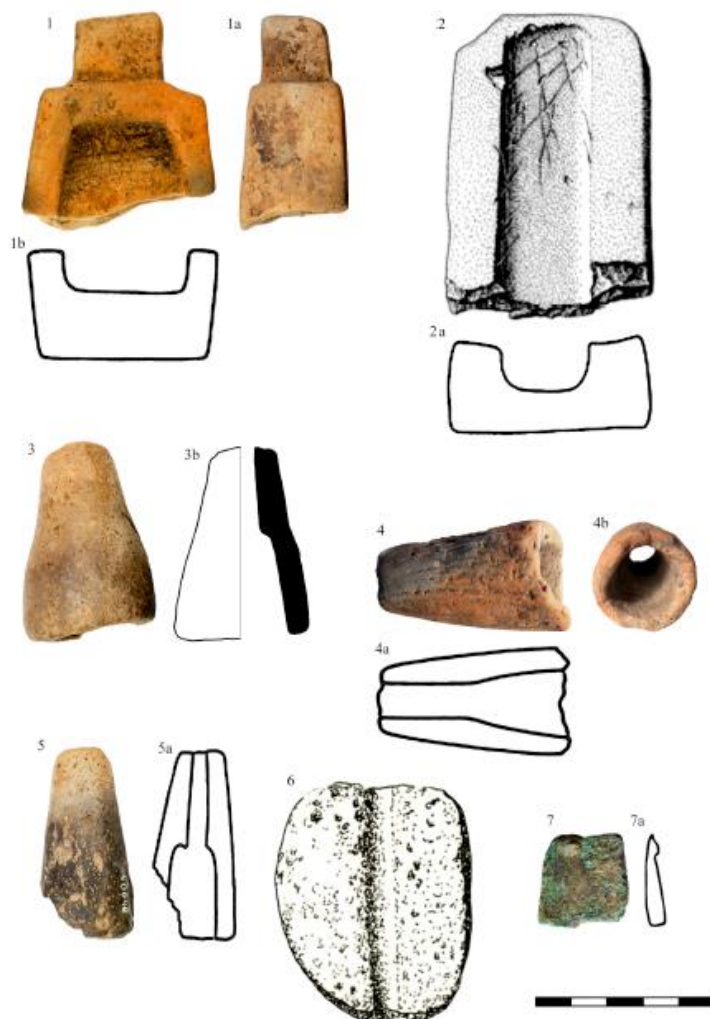
Zecovi kod Prijedora

Gradina Zecovi smještena je sedam kilometara južno od Prijedora i zapadno od rijeke Sane. Lokalitet je prvi put spominje V. Radminsky 1891. godine, prvo arheološko iskopavanje započinje 1953. godine, a tek A. Benac a 1954. istražuje prapovijesne slojeve (Benac 1959: 13; Tasić 1995: 127). Najniži slojevi (V – IV) ovog lokaliteta pripadaju kasnoj fazi vučedolske kulture (Tasić 1995: 127). Važni nalazi vezani uz metaluršku djelatnost ove kulture isprva nisu prepoznati (Benac 1959), već su izdvojeni naknadnim revizijskim istraživanjima (Čović 1976: 106–7 T.1; Durman 1983: 34–36, 1988b: 32,35; Pravidur 2014: 124). U kasnovučedolskom sloju (V/2) centralni položaj u naselju imala je kuća s očuvanom podnicom i četvrtastim ognjištem (Benac 1959: 18-19,21 P6; Durman 1983: 34). Ognjište O-1 pravilnog je i pravokutnog oblika, ali se cijela građevina ne može rekonstruirati zbog brojnih

oštećenja (Benac 1959: 19; Durman 1983: 34; Pravidur 2014: 126). Kuća je na jednom djelu oštećena gradnjom velikog ognjišta O-2 koje je napravljeno nad jamom koja je zapunjena ostacima od gorenja – garom (Benac 1959: 20 P7; T.II:1; Durman 1983: 34 T.7:3; Pravidur 2014: 126). Potom je zapečaćena slojem sitnog kamena koje je služilo kao temelj ognjišta nad kojim je bio sloj premaza (Benac 1959: 20; Durman 1983: 34; Pravidur 2014: 126). Središnji dio ognjišta je konkavan, a čitavo ognjište prekriveno/omazano je slojem ilovače/gline i pijeska s ojačanim izdignutim obrubom (Benac 1959: 20; Durman 1983: 34). A. Benac tvrdi da je uz premaz bilo „prilijepljeno“ mnoštvo fine vučedolske keramike te napominje da ognjište ima intenzivne tragove gorenja (Benac 1959: 20). Autor također opisuje da su ognjište i prostor oko njega bili pokriveni ruševinom kućnog lijepa te da su oko njega rupe od stupova iz čega izvodi zaključak da je ognjište bilo unutar nekakve kružne građevine lake konstrukcije (Benac 1959: 20). U istom nivou s ovim ognjištem ležalo je još jedno kružno ognjište (O-3) s ravnim zapečenim dnom (Benac 1959: 20 P7; Durman 1983: 35; Pravidur 2014: 126). Iznad opisane situacije, u mlađoj građevinskoj fazi definirano je pet ognjišta (O-4-8) čiji način gradnje je sukladan s prethodno opisanim ognjištima (Benac 1959: 20 P8; Durman 1983: 35; Pravidur 2014: 126).

Tijekom istraživanja pronađeni su nalazi koji spadaju u kategoriju pribora koji se koristi u metalurškoj djelatnosti, odnosno dijelovi kalupa za lijevanje i keramički nastavcima za puhaljke – sopalji (Slika 43) (Čović 1976: 106–7; Pravidur 2014: 124). Dio jednodijelnog glinenog kalupa za lijevanje plosnatih trapezastih bakrenih sjekira pronađen je u mlađoj građevinskoj u blizini jednog od pet ognjišta (Čović 1976: 106 T.1:1; Pravidur 2014: 124 Sl.12.1). Kalup od čiste gline ima glačanu vanjsku površinu dok njegova unutrašnja stijena ima urezan mrežasti motiv (Pravidur 2014: 124). Naime, urezivanje na stjenke omogućuje bolje prijanjanje mase za izolaciju koja se nanosila na unutrašnju stranu kalupa (Pravidur 2014: 124). Opisani kalup ima analogije s jednodijelnim trokutastim kalupima za plosnate trapezaste sjekire iz Ljubljanskog barja i jednim kalupom za lijevanje istog tipa sjekire sa Vučedola (Pravidur 2014: 124). Pronađen je i dio jednodijelnog kalupa nešto je većih dimenzija za izlivanje dlijeta (Čović 1976: 106 T.1:2; Pravidur 2014: 124 Sl.10:2). Kao i prethodno opisani kalup izrađen je od gline bez primjesa, glačan je s vanjske i unutrašnje strane te ima djelomično mrežasti motiv urezan na površinu s otvorom za ulijevanje (Čović 1976: 106; Pravidur 2014: 124–25). U istom sloju pronađen je i manji četvrtasti fragment bakrene pločice nepoznate namjene (Čović 1976: 106 T.1:6; Pravidur 2014: 125 Sl.12:7). Pronađena su i tri keramička nastavka za puhaljke – sopalji raznih dimenzija, od grube

keramike, cilindričnog oblika koji je na jednoj strani širi, a na drugoj uži (Benac 1959: 30 T.XII:5; Čović 1976: 106–7 T.1.3-5; Pravidur 2014: 125 Sl.12:3-5). Keramička struktura ovih sopalja odgovara funkciji ovih predmeta koji zbog izloženosti visokim temperaturama zadržavaju otpornost i cjelovitost (Pravidur 2014: 125). Ovoj zbirci nalaza metalurškog pribora možda bi se mogao dodati i još jedan predmet prvo definiran kao brus (Benac 1959: 30 T.XV:5) koji bi mogao biti kalup za lijevanje bakrene žice (Pravidur 2014: 125 Sl. 12: 6).



Slika 43: Metalurški nalazi vučedolske kulture s gradine Zecovi kod Prijedora (1) fragment kalupa, (2) fragment kalupa, (3) sopalj, (4) sopalj, (5) sopalj, (6) kalup bez mjerila; (7) bakrena pločica (preuzeto: Pravidur 2014: Sl.12)

Situacija na lokalitetu Zecovi usporediva je s Vučedolom: radi se o centralnom prostoru i o većem broju peći te nalazima jednodijelnih kalupa (Durman 1983: 35; Pravidur 2014: 126–27). A. Durman najprije uspoređuje konstrukciju ognjišta (O-2) s peć br. 1 sa Vučedola-Gradac, potom na osnovu nalaza sopalja pretpostavlja kako se metalurška aktivnost na ovom

lokalitetu odvijala u otvorenim ognjištima (što je zahtijevalo puhaljke ili mijeh) za razliku od Vučedola gdje se istovjetni proces odvijao u pećima (Durman 1983: 35–36). Odnosno, cjelokupna slika pokretnih i nepokretnih nalaza vezanih uz metalurgiju ukazuju na postojanje metalurške djelatnosti je kroz ljevačku djelatnost na ovom lokalitetu rezultirala samostalnom bakrenom industrijom (Pravidur 2014: 127). Usporedba nalaza sa gradine Zecovi i s vučedolskog Gradca omogućuje usporedbu razvitka i stupnja metalurške aktivnosti u vremenu klasične i kasne faze vučedolske kulture (Pravidur 2014: 127).

Debelo Brdo

Debelo brdo u Sarajevu najjužnije je nalazište vučedolske kulture na području Bosne i Hercegovine. Na ovom lokalitetu metalurški nalazi vučedolske kulture su bili poznati još s kraja 19. stoljeća (Čović 1976: 107; Dimitrijević 1979b: 267; Tasić 1995: 75; Pravidur 2014: 129). Nalazi nisu stratificirani, međutim revizijom i tipološko-kronološkom analizom Debelo brdo je definirani kao jedan od glavnih metalurških centara ove kulture (Čović 1976: 107–10; Durman 1983: 32; Pravidur 2014: 129). Specifičnost ovih nalaza omogućuje rekonstrukciju i stupanj metalurške aktivnosti, koja se i na Debelom brdu kao i na Zecovima odvijala u otvorenim ognjištima što je tehnološka karakteristika mlađe faze vučedolske kulture (Durman 1983; Pravidur 2014: 129). S ovog lokaliteta poznata su nam tri fragmenta kalupa za lijevanje sjekira s jednom oštricom i cilindričnim produžetkom za nasad (Čović 1976: 109 T.II:1;2,2a;3,3a; Durman 1983: 32 T.5:7; Pravidur 2014: 130 Sl. 13: 1, 1a; 2, 2a; 3, 3a), dva fragmenta kalupa za lijevanje bodeža sa zadebljanim središnjim rebrom i jedan je kalup vrha bodeža pa ne možemo odrediti koji tip (Čović 1976: 109 T.III:1,2,3; Pravidur 2014: 130 Sl. 13: 5, 6, 7) te kalupi za lijevanje šila ili žice (Čović 1976: 109 T.II:4,4b; Durman 1983: 32; Pravidur 2014: 130). Na lokalitetu su pronađena i dva primjera sopalja (Čović 1976 T.III:5,6; Pravidur 2014: 129 Sl. 13: 4). Ovaj lokalitet donio nam je tipološki najraznolikiji repertoar kalupa namijenjenih izradi različitih bakrenih alatki (Slika 44) zabilježenih na lokalitetima vučedolske kulture sa područja Bosne i Hercegovine zbog čega se smatra jednim od najznačajnijih proizvodnih metalurških centara vučedolske kulture (Pravidur 2014: 130). Mnogi nabrojani primjerci kako kalupa tako i sopalja mijeha ukrašeni su urezanim motivom „riblje kosti“ što nas upućuje na njihovu pripadnost istom vremenu (Čović 1976: 109–10).



Slika 44: Metalurški nalazi vučedolske kulture sa Debelog brda u Sarajevu (1-3) kalup za sjekire sa jednom oštricom i cilindričnim produžetkom za nasad drške (4) sopalj (5) veći fragment gornjeg dijela kalupa za bodež (6-8) manji fragment donjeg dijela kalupa za bodež (9) dio kalupa za izlijevanje igala ili šila (preuzeto: Pravidur 2014: Sl.13)

Velika Gradina u Varvari

Metalurški inventar na Velikoj Gardini u Varvari sastoji se od tri ulomaka kalupa (Durman 1983: 32; Čović 1984: 121; Ludajić 2005: 67 T.IV:1; Pravidur 2014: 130). Samo jedan od njih ima sa široki i plitko urezani žlijeb za koji se može pretpostaviti da je služio za izlijevanje

šila, igala ili žice (Durman 1983: 32; Pravidur 2014: 130 Sl. 13: 9, 9a). Nalazi sopalja ukazuju da se na lokalitetu vršila metalurška djelatnost i da je riječ o još jednom proizvodnom centru vučedolske kulture na području Bosne i Hercegovine (Pravidur 2014: 130).

Lokaliteti srednjobosanskog područja

Na Gradini u selu Alihodže pronađeni su nalazi kalupa u sloju s tipičnom vučedolskom keramikom (Čović 1976: 111). Dva ulomka kalupa služila su za lijevanje sjekira s jednom oštricom i cilindričnim završetkom za nasad, jedan fragment kalupa je nepoznate namjene i moguće je da je služio za lijevanje trapezastih sjekira (Čović 1976: 111 T.II:4,5,6; Durman 1983: 32; Pravidur 2014: 133–34 Sl.14). Posuda za lijevanje metala s ostacima troske i mogući ulomak kalupa od sitnozrnog pješčenjaka pronađeni su na lokalitetu Podastinje kod Kiseljaka (Pravidur 2014: 134). Poznata je i skupina metalurškog materija vučedolske kulture s lokaliteta Donje Moštre, uz lijevu obalu Bosne kod Visokog, odakle potječu nalazi kalupa i bakrenog šila (Pravidur 2014: 135).

Ljubljansko barje

Ljubljansko barje močvarno je područje jugozapadno od Ljubljane (Tasić 1995: 142). Poznato je po nizu sojeničkih naselja (Ig, Resnikov prekop, Maharski prekop, Parte, Notranje Gorice, Blatna Brezovica, Veliko Mostišče, Prevalje, Kamnik, Hočevarica, Črešnja pri Bistri, Stare gmajne), različite kulturne i kronološke pripadnosti od kasnog neolitika do brončanog doba (Korošec & Korošec 1969; Trampuž-Orel 1988; Tasić 1995: 142; Velušček 2004b, 2008: 34). Prva planska arheološka istraživanja ovog prostora započeta su 1875. u blizini sela Ig (Trampuž-Orel 1988). Istraživanjima ovog prostora pronađena je velika količina kalupa za lijevanje te, iako nemamo stratigrafskih podataka možemo ih povezati s vučedolskom kulturom (Durman 1983: 32). Dominiraju jednodijelni kalupi za lijevanje plosnatih trapezoidnih sjekira (Durman 1983: 32 T.6:1), ali nađena su i četiri jezgrena za lijevanje sjekira s jednom oštricom i cilindričnim produžetkom za nasad drške (Durman 1983: 32 T.6:6.7). Od svih kalupa, 50 % su višenamjenski jednodijelni kalupi (Durman 1983: 32 Slika 2). Izuzmemo li jedan jedini nalaz takvog kalupa iz klasičnog vučedolskog stupnja dolazimo do zaključka da se ona ovom području razvija ideja višenamjenskih kalupa koji time predstavljaju tehnički napredak gdje se jedan kalup može upotrijebiti više puta (Durman 1983: 32–33). Pronađeno je i pet zdjela za lijevanje metala s ravnim dnom (Durman 1983: 37 T.8:8). Zdjele su imale pojačanja u obliku apliciranih traka koje su povećavale čvrstoću, a nisu bitno zadebljale stjenku (Durman 1983: 37). Imale su cjevasti nastavak za dršku, dok

jedan primjer ima očuvan i kljunasti izljev (Durman 1983: 37). Takva zdjelica mogla je sadržavati 5 400 grama tekućeg bakra (Durman 1983: 37).

Na Ljubljanskom barju postoji hijatus koji počinje krajem 4. tisućljeća pr. Kr., nakon čega počinje intenzivna aktivnost od 2900./2800. do 2400. pr. Kr. (Velušček 2004b: 77–78). Na osnovi tipoloških obilježja keramičkih posuda, naseljavanje u ovom periodu vrlo je brzo povezano s vučedolskom kulturom za koju se smatralo da dolazi u potrazi za bakrenom rudom (Korošec & Korošec 1969; Dimitrijević 1979b: 307; Durman 1983: 32–37; Tasić 1995: 143). Danas prevladava mišljenje da ovaj prostor ima lokalni razvoj autohtone kulture koja održava intenzivnu komunikaciju i bliske veze s vučedolskom kulturom (Velušček 2004b: 78–79). Nova istraživanja pokazuju da je sami razvoj Ljubljanskog barja usko vezan s metalurškom djelatnosti. Prva intenzivna metalurška aktivnost zabilježena je tijekom 4. tisućljeća pr. Kr. prije dolaska utjecaja vučedolske kulture, nakon čega zbog pretpostavljene smanjene potražnje, dolazi do napuštanja ovog prostora da bi se metalurška aktivnost obnovila sredinom 3. tisućljeća pr. Kr (Velušček 2008).

2.2. Tipološko-kronološki okvir metalnih izrađevina

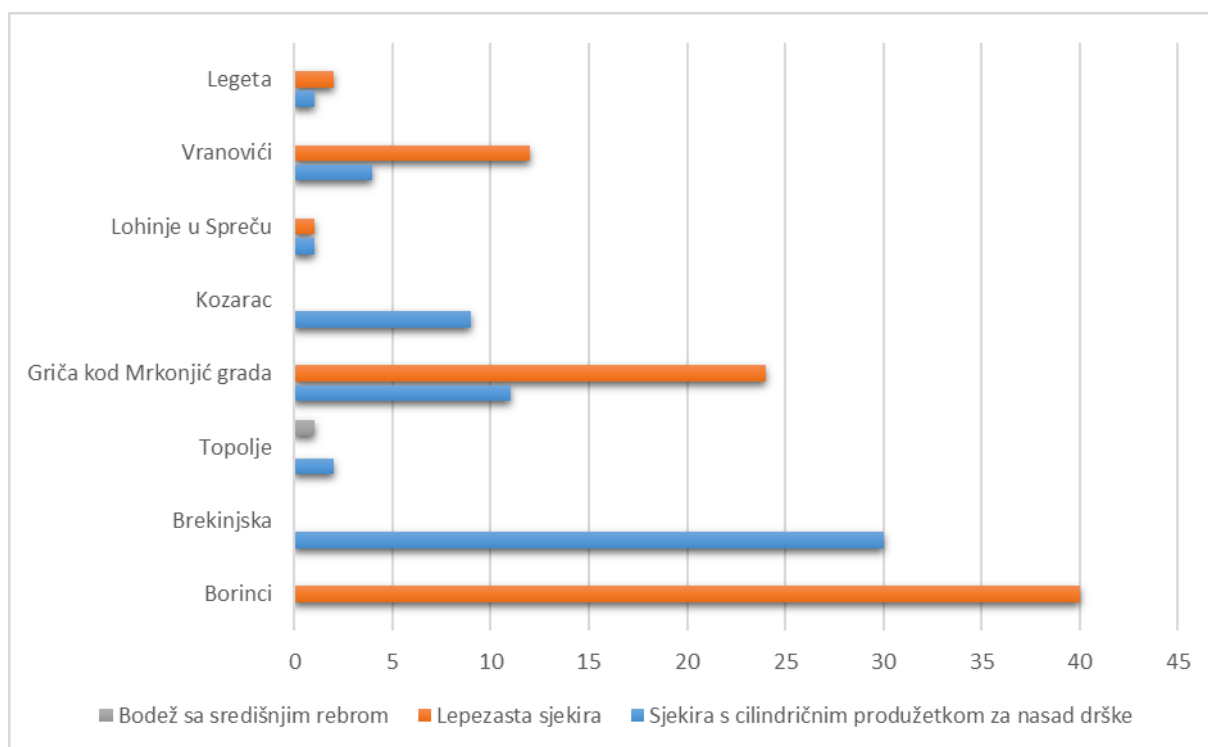
Najveći broj bakrenih alatki u okviru vučedolskog kulturnog kompleksa pripada slučajnim ili pojedinačnim nalazima te nalazima iz ostava. Metalurške ostave se, po prvi put na našim prostorima, u intenzivnom obliku javljaju u okviru vučedolske kulture (Karta 2). Ostave u Hrvatskoj koje se mogu pripisati vučedolskoj kulturi su: Brekinska i Borinci, a njima se može pridružiti Topolje kod Knina. Veći broj ostava pronađemo je na području Bosne i Hercegovine: Griča sa 35 primjeraka, dok ostale ostave Vranovići, Kozarac i Lohinja samo su polovična slika njihova izvornog sadržaja (Pravidur 2014: 148). Kao takve vučedolske ostave su nalazi metalurških proizvoda ili alata koji su bili sakriveni iz nekog razloga, a često nude veliku količinu informacija iz polja metalurgije i srodnih djelatnosti (Durman 1983: 38). Veliki dio ovog materijala, uz mnoge pojedinačne i slučajne metalne nalaze, obrađen je i analiziran spektralnom analizom je u Stuttgartu (Durman 1983, 46).



Slika 45: Ostava Brekinjska (preuzeto: Durman 2006: 65)

Ostava Brekinjska otkrivena je 1872. godine zapadno od sela na oranici Graovište (Durman 1983: 39). Čitava ostava nalazila se u posudi za koju je zapeo plug i pri tom ju razbio (Durman 1983: 39). Procijenjeno je da je u njoj bilo 45-50 sjekira s jednom oštricom i cilindričnim produžetkom za nasad drške (Slika 45) (Durman 1983: 39). Ostava je brzo razgrabljena i dio je poslan u Samobor da se pretopi (Durman 1983: 39–40). U zadnji čas su ti nalazi koji su poslani u Samobor spašeni, pa je tako u Arheološki Muzej u Zagrebu dospjelo 29 čitavih sjekira, jedan presječeni stražnji dio sjekire te amorfni metalni komad težine 1569 grama (Durman 1983: 40). Od ostalih primjeraka po jedan primjerak nalazi se u Grazu, Ljubljani, Beogradu, Parizu i dva u Budimpešti (Durman 1983: 40). Sve sjekire su lijevane od istog prototipa, istih su dimenzija i nijedna nije bila u upotrebi (Durman 1983: 40 T.10:1). Sjekire su kvalitetno lijevane, izliveno kroz donju stranu cilindričnog otvora za nasad drške, a po tragovima priljevaka koji nisu izbrušeni vidi se da su lijevane u dvojnog kalupu (Durman 1983: 40). Najbolje očuvane sjekire teške su 925 grama, dok ostale se kreću od 905 do 660 grama (Durman 1983: 40). Za dva amorfna komada sjekire Durman smatra da su nastali u kasnijem razdoblju jer je iz sastava vidljivo da pripadaju kasnijem vremenu (Durman 1983: 48). **Ostava Borinci** pronađena je 1933. sa 40 lepezastih sjekira (Slika 47). Danas je očuvano 25 primjeraka, 16 u Gradskom muzeju u Vinkovcima, 3 u Narodnom muzeju u Beogradu, 3 u Gradskom muzeju u Somboru i 3 u Arheološkom Muzeju u Zagrebu (Durman 1983: 42 T.11:3). Ove lepezaste sjekire su lijevane u dvojnog kalupima, gotovo su istih dimenzija i iste debljine osim jedne koje je najvjerojatnije izlivena u jednodijelnog kalupu (Durman 1983: 42–43). Ove male razlike u njihovim dimenzijama svjedoče da je svaka sjekire izlivena u vlastitog kalupu koji je jednokratno služio za lijevanje (Durman 1983: 43). Ostava **Topolje kod Knina** je pronađena 1927., od 28 predmeta u Arheološki muzej u Splitu dospjele su dvije, a u Muzej hrvatskih arheoloških spomenika još dvije sjekire s cilindričnim

produžetkom za nasad drške i mali bodež s naglašenim rebrom i tri rupe na donjem dijelu (Durman 1983: 42 T.10:5). Bodež je dužine 8,6 cm, a sredinom bodeža se proteže rebro koje se pri vrhu stanjuje te ima tri rupe za nasad drške (Durman 1983: 42). Zbog nepoznatih okolnosti nalaza oni se ne mogu sa sigurnošću povezati uz genezu vučedolske kulture, a najbliže analogije su nalazi iz Male grude i egejskog prostora (Durman 1983: 45). Ostava **Griča kod Mrkonjić grada** je pronađena 1905. godine ispod stabla pa je korijenje oštetilo neke komade (Durman 1983: 40). Nađeno je ukupno 35 predmeta od kojih 11 primjeraka su sjekire s jednom oštricom i cilindričnim produžetkom za nasad drške (Durman 1983: 40). Sve su jednake osim jedne koja je manjih dimenzija s dužim cilindričnim vratom i dugmetastom aplikacijom, a jedna sjekira nije uspješno izlivena pa joj priljevci na šavu nisu izbrušeni (Durman 1983: 40). Plosnatih lepezastih sjekira bez rupe za nasad drške ima 24 komada (Durman 1983: 40 T.10:2). Njihov izgled upućuje na to da su lijevane u jednodijelnom kalupu (Durman 1983: 41). **Ostava Kozarac** krajem 1906. nađena je u blizini sela Kozarac, uz put koji vodi prema planini Kozari (Durman 1983: 41). U njoj je bilo 9 sjekira s cilindričnim produžetkom za nasad drške, a ostava se nalazila u posudi koja je prilikom otkrića razbijena (Durman 1983: 41 T.10:3). Sjekire su raznih dimenzija, oblikom su jednake s izuzetkom jedne koja je najmanja s najduljim cilindričnim produžetkom za nasad drške (Durman 1983: 41). Na lijevoj obali ušća potoka **Lohinje u Spreču** (Gračanica) nađena je ostava bakrenih predmeta od kojih su se sačuvala samo dva primjerka (Durman 1983: 41 T.10:4). Radi se o sjekiri s cilindričnim produžetkom za nasad drške i jednoj lepezastoj sjekiri (Durman 1983: 41). **Vranovići** selo nedaleko od Gračanice nađena je ostava od koje se sačuvalo 16 predmeta (Durman 1983: 41 T.11:1). Sačuvano je 12 plosnatih lepezastih sjekira i četiri sjekire s cilindričnim produžetkom za nasad drške koje se javljaju u dva tipa: sa masivnijim sječivom i kraćim cilindrom, te sa dugim cilindrom i uskim sječivom (Durman 1983: 41–42). **Ostava Legeta** nalazi se nedaleko od S. Mitrovice i nađen je jedan primjerak sjekire s cilindričnim produžetkom za nasad drške i dva primjerka lepezastih sjekira različitih dimenzija (Durman 1983: 42).



Slika 46: Grafički prikaz količine metalnih nalaza u ostavama vučedolske kulture (autor: S. Bošnjak)

Danas, u okviru prostiranja vučedolske kulture mogu prepoznati standardni oblici bakrenog oruđa i oružja ove kulture: bodeži, šila, dlijeta, plosnate sjekire i sjekire s cilindričnim produžetkom za nasad drška (Durman 1983: 59; Pravidur 2014: 139).

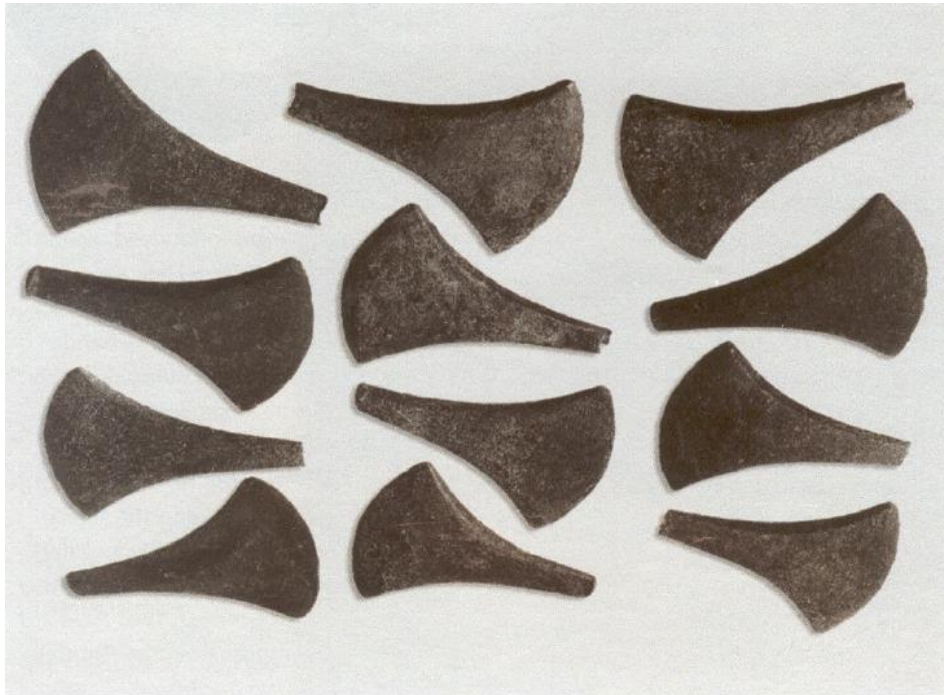
Bodeži se javljaju u klasičnoj (Vučedol B) i kasnoj fazi vučedolske kulture (Vučedol C) (Durman 1983: 59). Razlikujemo dva tipa: široki listoliki bodež bez pojačanog središnjeg rebra i bodež sa središnjim rebrom (Durman 1983: 59). Zajednička karakteristika im je kraća ili dulja metalna stapka (trn) na koju se nasađivala drška od organskog materijala (Durman 1983, 59). Oba tipa su upotrebljavana istovremeno o čemu svjedoče nalazi kalupa s Debelog brda (Pravidur 2014: 129–32 Sl.13: 5-8). Metalni bodeži oba tipa pronađeni su i na Ljubljanskom barju, ali nažalost nisu stratificirani (Korošec & Korošec 1969: 21 T.105:7-11). Njihova istovremena upotreba povlači pitanje njihove različite namjene (Durman 1983: 59). Funkcija ovih predmeta već dugo je razmatrana u literaturi te se postavlja pitanje njihove namjene kao britva ili nož (Durman 1983: 59; Rajković & Balen 2016: 51).

Plosnate sjekire jako su dugotrajni, standardni oblik koji se pojavljuje kroz cijeli eneolitik. Međutim, iz ovog tipa u okviru vučedolske kulture razvija se novi tip - plosnata lepezasta sjekira (Durman 1983: 60). Tako možemo razlikovati trapezaste i lepezaste plosnate sjekire.

Trapezaste sjekire javljaju se na području Karpatske kotline tijekom cijelog eneolitika (Pravidur 2014: 139). Jednostavnost oblika i izrade ove sjekire odražena je njenoj širokoj rasprostranjenosti od Grčke do zapadne Europe (Durman 1983: 39). Njihova dugotrajnost i rasprostranjenost učinila je plosnate trapezaste sjekire karakterističnim oblikom bakrene alatke kasnog eneolitika (Pravidur 2014: 139). Ranije masivne primjerke teško je razlikovati od dlijeta, dok se u kasnom eneolitiku razvija posebni oblik za plosnate sjekire i dlijeta (Durman 1983: 39.60; Pravidur 2014: 139). O istovremenosti i različitoj funkciji dlijeta i trapezastih sjekira govore nam nalazi višenamjenskih kalupa gdje su se u jednom kalupu lijevala oba tipa predmeta (Durman 1983, 60). Trapezastih plosnatih sjekira koje su nađene u kontekstu vučedolskih naselja je malo. Sjekira je pronađena Gradcu s odgovarajućim kalupom (Durman 1983: 39 T.9:1) te jedan ne stratificirani primjerak na Ljubljanskom barju (Korošec & Korošec 1969 T.105: 13; Durman 1983: 39 T.9:2). Na je području Bosne i Hercegovine mnogo pojedinačnih nalaza trapezastih sjekira koje se ne mogu preciznije kulturološki opredijeliti (Pravidur 2014: 139). No, da je ovaj tip bio standardni inventar znamo po nalazima brojnih kalupa s Ljubljanskog barja (Korošec & Korošec 1969: 20–21 T.103, T.104:4,5,7) i jedan kalup sa Zecova (Pravidur 2014: 124 Sl.12:1) (Durman 1983: 60).

Lepezaste sjekire ili tip Griča je plosnata sjekira s jednoobraznim i tipološki prepoznatljivim „lepezastim“ oblikom, a razvija se u okvirima vučedolske kulture (Durman 1983: 60; Pravidur 2014: 147). Ove sjekire u ostavama na području vučedolske kulture javljaju se isključivo uz sjekire s cilindričnim produžetkom za nasad drške, a nikad s dlijetima i trapezastim sjekirama (Durman 1983: 60). Lepezaste sjekire na području Hrvatske nađene su u ostavi Borinci (40 komada) (Durman 1983: 142, 2006: 64 kat. br. 33), a na području Bosne i Hercegovine pronađene su u ostavama Griča (Pravidur 2014: T.23-30: 69-92), Lohinja (T.31: 93) i Vranovići (T.31: 94-96). Pojedinačni nalazi nađeni su u Šarengaradu i u Sotinu, a sa bosanskog prostora jedna je nađena na Gradini Zgon kod Ključa (Pravidur 2014: 147 T.31: 98) dok je druga sa nepoznatog lokaliteta. Zanimljiva je činjenica da nije pronađen ni jedan kalup za lijevanje ovog tipa sjekire u okviru naselja vučedolske kulture, no po njihovoj mnogobrojnosti u kontekstima ostavama se vidi da su one bile sastavni dio vučedolskog inventara (Durman 1983: 40-41,60; Pravidur 2014: 147). Tijekom klasične faze (Vučedol B) lepezaste sjekire lijevane su u dvodijelnim (npr. Borinci), a tijekom kasne faze (Vučedol C) u jednodijelnim kalupima (Durman 1983: 43,60). Očita je velika dosljednost u dimenzijama i težini ovih sjekira, iako postoje neke male varijacije (Durman 1983: 43). Male razlike u njihovim dimenzijama i težini nam govore da je svaka sjekira lijevana u svom kalupu (Durman 1983: 43). Nadalje, velika uniformnost ovog tipa upućuje nas na razmišljanje o

postojanju određenog sustava mjera i težnju standardizaciji (Brnić 2006: 114; Pravidur 2014: 147). Na kraju, otvara se pitanje o njihovoj funkciji. Moguće je da je riječ o poluproizvodima ili ingotima koji cirkuliraju našim područjem kao vrijednosna sirovina (Durman 1983: 43; Brnić 2006: 114; Pravidur 2014: 147–48).



Slika 47: Ostava Borinci (preuzeto: Durman 2006: 64)

U vrijeme vučedolske kulture pojavljuje se **sjekira s jednom oštricom i cilindričnim produžetkom za nasad drške** ili vučedolske bojne sjekire (Durman 1983: 39,63, 2006: 67). Najbrojnija su skupina metalnih nalaza u sklopu vučedolske kulture, kako u ostavama (Slika 46) tako i kao pojedinačni nalazi (Durman 1983: 39). Njihova pojava se vremenski pripisuje kasnom eneolitiku, a veže se metaluršku inovaciju lijevanja u dvodijelne kalupe i serijsku proizvodnju (Jovanović 1979: 40; Pravidur 2014: 140). Međutim, razvoj sjekire sa cilindričnim produžetkom za nasad drške možemo pratiti u širem vremenskom i geografskom području (Pravidur 2014: 144). Ovaj tip karakterističan je za područje cirkumpontske metalurgije (Pravidur 2014: 145). Nadalje, obilježava pojavu ratnika koja u 3. tisućljeću pr. Kr. postaju dominantno oružje u karpatskom bazenu (Pravidur 2014: 145), a zato ih se često naziva i bojnim sjekirama.

Razlikuju se 3 osnovna tipa (Durman 1983: 43):

1. Široke sjekire bez cjevastog produženja – tzv. „Banianic tip“
2. Sjekire s cjevastim produženjem otvora
3. Sjekire s profilacijom cjevastog otvora

Banionic tip se lako je prepoznatljiv i nikada nije nađen zajedno s druga dva tipa. Nalaza ovakvih sjekira ima na području Hrvatske i šire, međutim ne pojavljuju se u okvirima vučedolske kulture (Durman 1983: 43–44). Druga dva tipa su međusobno slična i pojedini primjerci se ne mogu opredijeliti ni za jedan ni za drugi tip te su rasprostranjene na mnogo širem prostoru (Durman 1983: 44). Nalaza ovih sjekira ima na lokalitetima: Kosovača, Bočac (tok Vrbasa), Vukovar-vinograd G. Vuića, Vukovar – Dobra Voda, Lukovo (sv. Juraj, Senj), Očura kraj Ivanca, Sotin, Sarvaš, Bočca kod Banja Luke, Kosovače kod Zvornika, okoline Doboja i Kapove jame kod Trebinja, Mala Gruda (Tivatsko polje- tumul), a treba im pribrojiti i par sjekira iz Starih Jankovaca (Durman 1983: 44; Balen & Mihelić 2003; Pravidur 2014: 141,143).

Razvoj sjekira s jednom oštricom i cilindričnim produžetkom za nasad drške kroz 4. i 3. tisućljeće pr. Kr. vidi u produžetku cilindričnog nastavka za nasad drške što se odrazilo i na povećanje mase metala sjekire (Pravidur 2014: 145). Durman (1983: 63; 2006: 67) u velikom broju različitih ili sličnih sjekira s otvorom za nasad drška izdvaja tzv. vučedolske bojne sjekire po duljem cilindričnom produžetku i definira karakteristikom vučedolske kulture i naprednom razinom metalurgije njenih nositelja. A. Pravidur ovakve sjekire sa zaravnjenim gornjim dijelom zove tipom Kozarac po najreprezentativnijoj ostavi tih sjekira s područja Bosne i Hercegovine (Pravidur 2014: 140–46). Sjekire tipa Kozarac smještaju se u 3. tisućljeće pr. Kr. po tipološkoj usporedbi s nalazima iz tumula Mala Gruda u Crnoj Gori - zlatnog bodeža i srebrne sjekire sa cilindričnim usadnikom (Durman 1983: 61; Pravidur 2014: 145). Datiranje tumula Velika Gruda datiran je u 2800. – 2700. pr. Kr., a nalazi iz tumula Mala Gruda su na temelju pojave naušnica istog tipa datirani u isti period (Pravidur 2014: 145). Za razliku od sjekira tipa Kozarac na sjeverno crnomorskom području i području Kavkaza sjekire sa cilindričnim usadnikom su uglavnom zabilježene kao grobni prilozi (Bátora 2003; Pravidur 2014: 145).

Na području rasprostiranja vučedolske kulture pronađene su isključivo s lepezastim, a nikad s trapezastim sjekirama i dlijetima (Durman 1983: 60; Pravidur 2014: 140). Sjekire ovog tipa pronađene su u vučedolskim ostavama: Brekinjska, Griča, Kozarac, Lohinja, Vranovići, Topolje i Leget (Durman 1983: 39; Pravidur 2014: 141). Čak četiri dvodijelna kalupa za lijevanje ovog tipa sjekira pronađena su u istom kontekstu u „Jami ljevača“ prilikom istraživanja Vinkovaca – Tržnice (Durman 1983 sl. 2: 1, 2; sl. 3: 1; sl. 4: 1; 1984). Po ovim kalupima vidljivo je da su se sjekire izrađivale u više varijanti, odnosno postoje varijacije u izgledu ovog tipa što Durman (1983: 43, 1988: 35) tumači da se izrada sjekira prilagođavala

ukusu naručitelja. Tijekom kasnijih istraživanja Vinkovaca, na položaju Ervenica nađena su još dva dvodijelna kalupa za lijevanje bakrenih sjekira sa cilindričnim produžetkom za nasad drške (Gale 2002: 57 T.5:5). Kalupi za lijevanje sjekira sa cilindričnim produžetkom za nasad i sa širokom oštricom zabilježeni su i na naselju Zók Varhegy u sjeverozapadnoj Mađarskoj (Pravidur 2014: 140). Tipološki stariji primjerci podsjećaju na tip Fajsz, dok mlađi pokazuju sličnosti sa tipom Kozarac što je navelo autora da zaključi da se tipološki starije i mlađe sjekire sa cilindričnim produžetkom za nasad drže proizvode paralelno (Bátora 2003: 15–17; citirano prema: Pravidur 2014: 140). Kalupi za ovog tipa sjekira su poznati i sa kasnovučedolskih lokaliteta Bosne i Hercegovine, sa Debelog Brda i Alihodža (Pravidur 2014: 140). Postoje i dva tipa kalupa za lijevanje ovih sjekira: masivni kalupi iz klasične (Vučedol B) faze kao što su kalupi iz Vinkovaca ili sjekira iz Sotina te kalupi tanjih stjenki kasne (Vučedol C) faze (Durman 1983: 60–63). U mlađoj fazi kalupi imaju znatno tanje stijene i više slijede više oblik predmeta. Razlog tome je smanjenje mase kalupa je ubrzalo čitav postupak sušenja kalupa i da se smanji mogućnost pucanja površine (Durman 1984: 50). Uz kalupe uočljiva je i razlika u obliku, odnosno u obliku gornjeg dijela sjekire od cilindričnog produžetka za nasad drška do oštrice. Stariji tipovi imaju izraženo konveksan gornji dio, dok je kod mlađih primjeraka (na području Bosne) taj dio ravan (Durman 1983: 60–61).

Sjekire i kalupi za lijevanje sjekira najbrojniji su i najproučavaniji tip metalurških nalaza. S druge strane tipovi kao što su dlijeta i šila koji su najstandardnija su oruđa često su samo usputno spominjani, u raznoj literaturi razno i nazvana te često miješana. Durman (1983) dlijeta i šila opisuje pod istom kategorijom i ne odjeljuje jasno njihove tipove. Kaže da su u sklopu vučedolske kulture masivni, a da potom dobivaju funkcionalniji oblik (Durman 1983: 59, 1984b: 42). Taj funkcionalniji oblik ima dva dijela: radni dio za upotrebu i dio za umetanje u dršku, a međusobno ih dijeli poprečno proširenje - peta (Durman 1983: 59). **Dlijeta**, u literaturi nazivana i klinovi, poznajemo skoro isključivo iz kalupa. Masivnija su od šila, imaju tupi završetak radnog ruba i sudeći po prikazima kalupa imaju trapezoidni ili polukružni presjek. Kalupi pokazuju da je jedno dlijeto lijevano u jednom kalupu ili na jednoj strani višenamjenskog kalupa. S druge strane, šila su često lijevana u većem broju od jednom u istom kalupu. Prilikom istraživanja Gradca na Vučedolu pronađen je ostatak višenamjenskog jednodijelnog kalupa za dlijeto (na bočnoj strani kalupa) i plosnata sjekira datirana u B1 stupanj (Schmidt 1945 T.49:1,2; Durman 1983: 31 T.4:1, 1984b: 42). Jedan dvodijelni kalup za lijevanje dlijeta pronađen je na Sarvašu B1 (Dimitrijević 1979b: 296

T.XLIII:3; Durman 1983: 31 T.4:4,5; Rajković & Balen 2016 sl. 40). Kalup za dlijeto s proširenim trnom pronađen je u Vinkovcima – Tržnica unutar ostave „jame ljevača“ i datira se u B2 vučedolske kulture (Durman 1983: 23–24, 1984b: 42). Na gradini Zecovi pronađen je kalupa za lijevanje dlijeta iz sloja vučedolske (Čović 1976 T.1:2; Pravidur 2014: 124 Sl.12:2). Treba istaknuti jedan kalup sa 4 kalupne šupljine (Durman 1983, 32 T.6:5): za lijevanje trapezoidnih sjekira na širim stranama i dlijeta na užim bočnim stranama (Durman 1983, 32). (Korošec & Korošec 1969: 20–21 T.104:5a-c; Durman 1983: 32 T.6:5). Iz ovih primjera vidimo da su ranija dlijeta (B1), odnosno njihovi kalupi (Gradac i Sarvaš) bez proširenja, dok kalup iz Vinkovaca ima proširenje (B2). Od cijele slike odskače primjer iz Bosne koji je puno masivniji od ostalih. Sa Ljubljanskog barja nam je očuvan samo dio kalupa te ne možemo znati kako izgled njegova baza.

Šila/igle poznajemo iz kalupa i metalnih nalaza. Šila/igle imaju tanji radni rub od dlijeta koji završava šiljasto, nisu toliku masivni. Kod najviše slučajeva imaju četvrtasti presjek, a mogu i ne moraju imati proširenje ispod trna za nasad. Pod kategoriju šila možemo staviti pet primjerka sa Ljubljanskog barja, četvrtastog presjeka, iako se u katalogu objave koristi i naziv igla i šilo (Korošec & Korošec 1969: 21 T.105:1-5). Četiri imaju rombično proširenje prema nasadu za dršku (Korošec & Korošec 1969: 21 T.105:1-4) dok ga peti primjerak nema, iako mu je baza zadebljana (Korošec & Korošec 1969: 21 T.105:5; Durman 1983: 46). Šilo koje je ima paralele s primjerima iz Ljubljanskog barja pronađeno je i u Vinkovcima - tržnica (Durman 1983: 46 T.16:5), u istom sloju kojem pripada jama ljevača. Unutar te kolekcije kalupa pronađen je i dio dvodijelnog kalupa za lijevanje šila ili žice, očuvano je 3 ureza što znači da su se lijevala 3 šila od jednom (Durman 1983: 29 T.2:2, 1984b: 42 Sl.3:2). Već je spomenuto da su tri igle i tri komada metala (moguća šila) pronađena prilikom istraživanja Gradca (Schmidt 1945: 104 Taf.48 Abb.24-26).

Prilikom istraživanja Debelog brda pronađena su dva jezgrenika za lijevanje šila ili žice, no jedan je napravljen od pješčenjaka stoga ga Durman pripisuje mlađem vremenu (Durman 1983: 32 T.5:6; Pravidur 2014: 130 Sl.13:9). Na lokalitetu Donja Moštra je pronađen nalaz kalupa i bakrenog šila, no nema konkretnijih podataka (Pravidur 2014: 135). Nalazima šila/igala može se pripisati kalup od sitno zrnatog pješčenjaka s urezanim plitkim žlijebom sa istraživanja srednjobosanskog lokaliteta Podastinje kod Kiseljaka (Pravidur 2014: 134). Iako je nekolicina šila/igala spomenuto u literaturi, spatule su potpuno zanemarene. Takva situacija je vrlo zanimljiva s obzirom da su šila/igle i spatule najčešći nalaz prilikom novih istraživanja Kukuruzišta Streim (Slika 40,41). Do sada je na Kukuruzištu pronađeno pet **spatula**, a jedine

paralele su im na Gradcu (Schmidt 1945: 29,103 Taf. 48 Abb.19,20; Dimitrijević 1979b: 296; Durman 1983: 43).

IX RASPRAVA

Vučedolska kultura se izdigla u ravničarskim prostorima istočne Slavonije i Srijema, kojem zbog rastućeg broja poznatih lokaliteta možemo pripisati i prostor Baranje (Miloglav 2018: 118). Prilikom rekonstrukcije vučedolskih komunikacijskih pravaca i puteva kao ishodišnu točku možemo uzeti područje istočne Slavonije na kojem je koncentriran veliki broj zabilježenih vučedolskih naselja. Na tom prostoru ističu se dvije izuzetno važne pozicije, Vučedol i Vinkovci kao jedni od najznačajnijih lokaliteta za proučavanje ove kulture. Vinkovci su poznati po svom jako povoljnom i atraktivnom položaju na obali rijeke Bosut, na ušću potoka Barice (Ervenica). Položaj je lako dostupan sa istoka, a na zapadu zaštićen je izuzetno gustom hrastovom šumom. Nadalje, upravo on stoji na dodiru plodnih lesnih ravnica, ilovače i hrastovih šuma Spačvanskog bazena koji je najniži i najvlažniji dio bosutske Posavine te na prolazu između Požeške i Fruške gore. Vinkovci i rijeka Bosut igraju izuzetno važnu ulogu u oblikovanju civilizacije i dalje kroz cijelu povijest zbog čega Durman (2013:11) naziva Bosut europskim Eufratom ili Nilom. Tako su danas, kao i od prapovijesti Vinkovci ostali zajednička točka na mnogim putevima. Značaj eponimnog lokaliteta Vučedol je njegov strateški položaju uz Dunav s kojeg, zajedno sa Sotinom, ima kontrolu prelaska rijeke. Preko puta nalazi se riječna ada (Orlov otok), a između njih nalazi se jedan od sporijih dunavskih rukavaca, koji je lagan za prelazak naročito u vrijeme suše kada ga se moglo i prehodati. To je omogućilo laganu plovidbu tim rukavcem.

Matični prostor Vučedolske kulture obilježen je sa dvije važne rijeke: Savom koja je ujedno i južna granica Panonske nizine te Dunavom u koji se Sava ulijeva. One sa svojim mnogim pritocima i drugim prirodnim putevima čine gustu komunikacijsku mrežu na prostoru istočne Slavonije te uvjetuju osnovne smjerove komunikacija prapovijesnih zajednica. Tijekom svoje rane i klasične faze, vučedolska kultura preferira naseljavanje uzdignutih prapornih greda na strateškim pozicijama smještenima uz značajne komunikacijske putove (Dimitrijević 1979b: 280; Durman 1988c: 15; Dimitrijević *et al.* 1998: 135). Rijeka Vuka i Bosut koje i danas teku slavonskim prostorom na prvi pogled izgledaju više kao potoci, no treba imati na umu da su to nekad bile znatno moćnije s obiljem vode i ribe (Durman 2013). Jedna komunikacija išla je dolinom rijeke Vuke od njenog ušća, vučedolskim lokalitetima od Vukovara preko Šodolovaca do Dopsina (Lipovac). Naseljavanje važnih pozicija najbolje se vidi po nizu

lokaliteta smještenih uz Dunav (Šarengrad – Opatovac – Sotin – Vučedol – Dalj – Erdut – Aljmaš) koji je od najranijih vremena bio i ostao jedan od najvažnijih komunikacijskih puteva.



Slika 48: Karta jugoistočne Europe, lokalitet Vučedol označen crvenom bojom (autor: Darko Puharić, Studio D)

Najvažnije pravce i smjer širenja vučedolska kultura preuzima kao badensko nasljeđe. Iz Podunavlja Durman (2000a: 99-100) rekonstruira put širenja badenske, zatim i vučedolske kulture prema zapadu. Kao ishodišnu točku puta uzima lokalitet Vučedol odakle put ide trasom Petrovci – Vinkovci – Borinci – Stari Mikanovci – Đakovo – Klokočevik – Donja Vrba – Gornja Berbrina (Slika 49). Ovakav put je kroz cijelu povijest bio trasa koja je povezivala Vukovar sa Slavonskim Brodom.



Slika 49:Karta badenskog puta od Vučedola do Donje Vrbe (preuzeto: Durman 2000a: 99-100)

Od posavskog prostora komunikacija se nastavlja u Bosnu i Hercegovinu. Sva nalazišta badenske kulture južno od Save bila smještena uz glavne riječne tokove ili su zaposjedala rudna ležišta. Glavni putevi koji su spajali Posavinu sa rudno bogatim srednjobosanskim područjem išli su dolinom Vrbasa i Bosne. Upravo su njihovi pritoci činili mrežu komunikacijskih pravaca između lokaliteta smještenih uz rijeke sa ostatkom Bosne (Pravidur 2014: 113). Analize sastava metalnih predmeta, prvo s badenskih, onda i s vučedolskih lokaliteta, potvrđuju pretpostavku da se ruda kroz cijeli kasni eneolitik dovlačila iz bosanskih područja (Durman 2000a; Pravidur 2014). Kao što je već spomenuto, Bosna i Hercegovina obiluje sulfidnom rudom i najbliže izvorište ovog bakrenog minerala za potrebe badenske metalurgije na području Slavonije. Ovu badensku mrežu komunikacija preuzimaju i dalje razvijaju, prvo kostolačka, a zatim i vučedolska kultura. Možemo reći da je južno periferno područje rasprostiranja badenske kulture postalo matično područje vučedolske kulture.

U svojoj ranoj i klasičnoj fazi vučedolska kultura okreće se prema prostoru mađarske Baranje te rumunjskog Banata (Balen 2010: 110). Sjeverno od Erduta i Aljmaša nalazi izuzetno močvarno i teško prohodno područje, zato je komunikacija Dunavom prema sjeveru morala skrenuti na Dravu prema Sarvašu i Osijeku. Dužinom Drave zabilježen je niz vučedolskih

naselja koja čine put prema zapadu: Erdut – Aljmaš – Sarvaš – Nemetin – Osijek – Verušed (Petrijevci) – Samatovci. Na području Osijeka je dobro poznati prijelaz preko Drave od kojeg se grana komunikacija prema sjeveru Osijek – Lug – (Kneževi Vinogradi?) – Suza Derjan – Batina, pa dalje u Mađarsku preko lokaliteta Lánycsók i Dunaszekcső dalje uz Dunav u smjeru Budimpešte i na zapad prema Pečuhu u Zók-u te jezeru Balaton.

Možemo pretpostaviti da vučedolska kultura vrlo rano okupira prostor Požeške kotline. Istraživanja lokaliteta Slavča kod Nove Gradiške otkrila su ostatke naselja kostolačke kulture radi čega se može pretpostaviti vrlo i rana prisutnost vučedolske kulture na tom prostoru (Skelac 1997; Balen 2010: 117). Unutar Požeške kotline nalazi se niz vučedolskih naselja Stari grad – Velika, Trenkovo, Alaginci, Jakšić, Dragunlag, Grabarje, a posebno bi trebalo spomenuti slučajne nalaze dviju bakrenih sjekira u okolini Kutjeva koje se pripisuju vučedolskoj kulturi (Potrebica 2012: 189; Sokač-Štimac 2013). Za područje slavonskih gora smatra se da nemaju ležišta bakra, međutim, povećane koncentracije bakra u tlu na Požeškoj gori i Krndiji jednim dijelom pripisuju se geogenom podrijetlu (Halamić & Miko 2009: 46). U svakom slučaju, ovo područje je bogato drugim sirovinama (kamen, grafit) koje su mogle biti jednako zanimljive nosiocima vučedolske kulture.

Vučedolske metalurške radionice, odnosno naselja s tragovima metalurške aktivnosti tijekom klasične faze vučedolske kulture koncentrirane su na prostoru Slavonije: Vinkovci, Vučedol i Sarvaš (Karta 2). Po na nalazima peći, metalnih predmeta i kalupa jasno je da se na nabrojanim lokalitetima odvijala svojevrsna metalurška djelatnost. Međutim, ovaj prostor nema nikakvih lokalnih izvora rude, pa je postojanje metalurških centara na tim pozicijama vrlo zanimljivo i otvara pitanje: Odakle i kojim putevima bakrena sirovina dolazi na vučedolski prostor i zašto su radionice smještene toliko daleko od rudnika? Razlog takvoj situaciji najvjerojatnije leži u njihovom položaju na izuzetno prometnim trgovinskim pravcima. Možemo pretpostaviti da su bakrene sirovine dopremane iz davno uspostavljenih rudnika sa prostora Srbije koji obiluju oksidnim i karbonatim bakrenim rudama (Durman 1997: 11–12, 2006: 49; Antonović 2018) ili su se dopremali iz središnje Bosne rudarskim putevima koje je uspostavila badenska kultura (Pravidur 2014: 111–19). To se može potvrditi i nizom vučedolskih lokaliteta. Međutim, još nije do kraja razriješeno pitanje da li se u slavonskim metalurškim radionicama topila bakrena rudača, ili su se dopremali ingoti koji su potom samo lijevani u kalupe. A. Durman (1983), zbog nalaza više vrsta peći na Gradcu, smatra da su se na slavonskim lokalitetima odvijala oba procesa.

Međutim, s vremenom, napretkom tehnologije, ekonomije, povećanjem potražnje, iscrpljivanja ležišta ili pak iz kakvih drugih još nepoznatih razloga, dotadašnji izvori bakra nisu više bili dovoljni. Stoga dolazi do izmicanja metalurških radionica bliže izvorima bakra. Tako tijekom kasne faze vučedolske kulture, metalurške radionice nalaze se diljem središnje Bosne: Debelo Brdo, Podastinje, Donja Moštra, Velika Gradina u Varvari (Karta 2) (Pravidur 2014: 123–47). To područje obiluje mnogim izvorima bakrene rude od kojih su važniji halkopiriti, sinjavci (naročito tetredrit) te azuriti i malahiti (Pravidur 2014: 30–33). Pojava metalurške aktivnosti na području Bosne i Hercegovine počinje tek s dolaskom vučedolske kulture zbog čega se ona smatrala prvim i jedinim nositeljem metalurške aktivnosti na području (Čović 1976: 111, 1984: 122; Pravidur 2014: 134). Vučedolska kultura je prema središnjoj Bosni formirala dva glavna puta dolinom Bosne i dolinom Vrbasa. Niz lokaliteta koji od Posavine kreću dolinom Bosne čine put Pivnica kod Odžaka – Doboj – Donje Moštre – Kiseljak (lokalitet sjedi na izvorima bakra) – Debelo Brdo, a zatim i nizom lokaliteta uz dolinu Vrbasa: Banja Luka – ostava Griča – Velika Gradina u Varvari.

Treba spomenuti i još jedan hipotetični put uz Drinu. Donjim tokom Drine mogla se kultura spuštati prema planini Cer, a od ušća Drine u Savu (kod Bosanske Rače) prema istoku uz dolinu Save gdje se nalazi niz vučedolskih lokaliteta Sremska Mitrovica – Gomolava – Gorička, odakle se kultura mogla spustiti južno prema izvorima na planinu Bukulju. Drina, Sava Bukulja i Cer zaokružuju prostor istočne Srbije gdje se na samo nekoliko sati hoda od nalazišta kositra (Bukulje i Cera) nalazili rudnici bakra (Durman 1997).

Još S. Dimitrijević (1979b: 378–79) pretpostavlja spuštanje kulture na Jadran dolinom Bosne i Une. Vučedolski nalazi mogu se pratiti od srednjobosanskog područja do Crne Gore i tumula Velika i Mala Gruda. Najlogičniji put išao bi dolinom Neretve, ali spuštanje vučedolske kulture na jadransku obalu još uvijek je vrlo problematično. Nalaza vučedolske keramike ima, ali u jakom malom broju i upitnim kontekstima. Zato se prisutnost nositelja vučedolske kulture na jadranskoj obali ne može se sa sigurnošću potvrditi ni opovrgnuti (Dimitrijević 1979b: 378–79; Marijanović 1997). U svakom slučaju, znamo da postoji neupitna, pa čak i intenzivna komunikacija ili trgovina između vučedolskih zajednica i jadranske obale koja se najbolje očituje u keramici i metalnim nalazima kneževskih ukopa iz 3. tisućljeća pr. Kr. u Crnog Gori.

Ako se vratimo na područje Posavine možemo primijetiti da je plavno područje doline Save uz Crnac i Jelac polje dugo bili velika prepreka prapovijesnim populacijama iz Panonije (Durman 1991a: 89). Nosioci vučedolske kulture prva su kultura koja se Savom probila u

dolinu Une u Dvorski kraj do Trgovske i Zrinske gore. Mogu se rekonstruirati dva moguća smjera ulaska na područje Banije.

Znamo da je vučedolska kultura prisutna u široj zoni rijeke Une i Sane (Durman 1991a: 89). Ovaj prostor nije samo slučajni, tranzitni prostor vučedolske kulture na njenom putu prema jugozapadu, već kultura ovaj prostor zaposjela zbog izvora bakrene rude. Nalaza vučedolske keramike ima na nekoliko položaja na Trgovskoj gori. Najbitniji takav položaj je gradina Osječenica iznad sela Gorička koja je kroz cijelu svoju povijest imala usku vezu s rudištima Trgovske gore (Durman 1991a: 90). Iako se ne može dokazati da je neko rudište eksploatirano u vrijeme vučedolske kulture, poznata je činjenica da su rudari kasnijih razdoblja intenzivno iskorištavali ista okna, time uništavali tragove prijašnjih rudarskih aktivnosti (Durman 1991a: 90). U neposrednoj blizini Osječenice nalazi se i vučedolska gradina Grad kod sela Gorička (Durman 1991a: 90). One zajedno čine jedinstveni sistem odakle se bakar distribuirao dolinom Une (Durman 1991a: 90). Put od rudišta preko Goričke prema Uni najlogičniji dolinom rijeke Žirovac, ali ipak dokaza za taj put još nema (Durman 1991a: 90). Pretpostavlja se da je vučedolska kultura zaposjela višeslojno naselje kod sela Unčani koji je ujedno povaljan prijelaz preko rijeke (Durman 1991a: 90). Tako se zatvorila komunikacija od rudnika preko gradina kod Goričke do Une (Unčani) pa dalje niz Unu preko Bosanske Kostajnice u Panoniju po bosanskoj obali Save (Durman 1991a: 90). Na području Trgovske gore vučedolski lokaliteti mogu se očekivati i kod sela Ljeskovac i na gradini Draškovac (Durman 1991a: 92), a njima možemo pridružiti i novo otkriveni vučedolski lokalitet Brekinjova kosa kod Bojne (Madiraca 2012). Iz Trgovske gore bakar se najvjerojatnije transportirao prirodnim putem koji je išao preko današnjih mjesta Rujevca i Pedlja (Durman 1991a: 90). Durman napominje da je tijekom kasnog brončanog doba sigurno bio otvoren put preko Zrinske gore koji je sa sjeverne strane kontroliran gradinama u Malom Gracu, a s njene južne strane s Osječenicom (Durman 1991a: 93). Time se otvara jedan od najznačajnijih povijesnih pravaca s kojim se Jadran povezao s Panonijom i zbog kojeg je nikao i opstao Sisak kao ključno mjesto u ovom sudaru kultura (Durman 1991a: 93).

Ovom putu nadodala bih još jedan pravac komunikacije kroz zapadnu Bosnu. Lokaliteti jasno pokazuju da je od Dvora na Uni išla dvosmjerna komunikacija dolinom Sane. Ovaj prostor pripada zapadnobosanskom rudonosnom području koje se geološki veže uz Trgovsku goru i izvore bakra kao halkopirit i tetraedrit. O metalurškom karakteru ove komunikacije svjedoči nam vučedolski lokalitet Zecovi kod Prijedora gdje je pronađena metalurška radionica sa pećima u blizini koje je i metalurška ostava Kozarac. Put kao takav može se pratiti lokalitetima Svodna – Zecovi i ostava Kozarac – Dabarska i Hrustovačka pećina – Gradina

Zgon kod Ključa. Na ovom prostoru ključnu poziciju ima Prijedor. Ime grada dolazi od glagola predijeti u čijoj se osnovi nalazi riječ prodor.⁹ Odavde je komunikacija mogla ići preko ili uz Planinu Kozaru prema Vrbasu, i tim putem bi se zaobišao neprohodni plavni dio Save.

Od Posavskog prostora uz Požešku kotlinu nekoliko je smjerova širenja vučedolske kulture. Naočitiji je prodor sa Psunja prema Bilogori, Kalničkom gorju i Zagorju. Ovdje su nosioci vučedolske kulture zauzeli sve uzvišene položaje na južnim stranama gora: Velika Barna – Babinac – Veliko Trojstvo – Letičani – Rudine – Apatovac – Kalnik – Čanjevo – Radoboj (iznad Krapine). Na ovom prostoru sjeverne Hrvatske vidi se i nešto duže trajanje Vučedolske kulture koje ulazi u brončano doba (Marković 1981, 2002).

Što se tiče širenja prema zapadu, istaknutu ulogu ima Moslavina i Marić gradina preko kojih se može izbjeći Turopolje i Lonjsko polje, te se ponovno vratiti na Savu prema Ljubljani. Ovaj put vodi do Medvednice i Žumberačko – samoborskog gorja, na kojima, za sada nema čvrstih dokaza o prisutnosti vučedolske kulture. Međutim, možemo očekivati postojanje vučedolskih lokaliteta na tom prostoru.¹⁰ Takva situacija nije začuđujuća s obzirom na velike količine rude bakra u Rudama, te potencijalnim izvorima bakrenih ruda na Medvednici. Nadalje, o prisutnost vučedolske kulture na tom području indirektno potvrđuju nalazi keramike vučedolskih obilježja s Ljubljanskog barja. Područje oko Ljubljane okruženo je bogatim izborima bakra te je morao biti od velikog interesa vučedolcima.

Prisutnost vučedolskih nalaza kod Vrlovke u blizini Ozlja otvara mogućnost puta uz Kupu preko Lasinje i Siska. Nadalje, moguće da je komunikacija do Vrlovke išla drugim putem. Takav put je poznat kao bakreni put iz 15. i 16. st. (Šebečić 2001). Glavni međunarodni put išao je od Zagreba prema Karlovcu pa prema Senju. Međutim, na njega su se vezali drugi lokalni putevi. Jedan od njih ide trasom Rude – Jastrebarsko – Ozalj pa se nastavlja dalje u Ljubljani.

Vučedolska kultura bila je i u idealnoj poziciji za početak upotrebe kositrene bronce. Zaposjedala je prostor Srbije na kojemu su nalazišta kositra (Bukulja i Cer) u čijoj neposrednoj blizini su i rudnici bakra. Durman (1997: 12) napominje da unatoč impresivnoj metalurškoj djelatnosti, kasna vučedolska kultura nije uspjela proizvesti pravu bronzu. Međutim, ona je započela proces prelaska na upotrebu halkopirita kao bakrene rude (Durman

⁹ <https://mondo.ba/Info/Drustvo/a848306/Ovako-je-Prijedor-dobio-ime.html>

¹⁰ Na informacijama o mogućim lokalitetima na prostoru Žumberačko – samoborskog gorja zahvaljujem dr. sc. Danijeli Roksandić i kolegi Davoru Čakaniću

1997: 12). Na lokalitet Sitagroi u sloju datiranom od 2500. do 2200. g. pr. Kr. pronađen je jedinstveni objekt u cijeloj Grčkoj, kuća s apsidom i dvije peći unutar nje koja se može povezati vučedolskom arhitekturom (Durman 1997: 12, 2006: 62–63). Unutar nje pronađeni su najstariji brončani predmeti s udjelom kositra od 3,4 % i 8 % (Durman 1997: 12). Tako se ovaj lokalitet može smatrati određenim središtem iz kojeg kositar i bronca odlaze na istok, gdje se pojavljuju kasnije od ovih datuma (Durman 1997: 12–13). Datume i nalaze sa Sitagroi-ja Durman (1997: 12, 2006: 62–63) preko sastava metalnih nalaza povezuje slojem prijelaza kasne vučedolske i rane vinkovačke kulture u Vinkovcima. Na taj je način vučedolska kultura spojila Podunavlje, Jadran i sjeverni dio Egejskog mora. Tako se može reći da je balkanski i hrvatski prostor vučedolske kulture bio ishodišna točka na putu bronce od zapada prema istoku (Durman 1997: 12, 2006: 80)

Intenzivno ekspanzivno širenje Vučedolske kulture počinje krajem kasne klasične faze, pa tako njene utjecaje nalazimo sve do Praga na sjeveru, južne Bosne na jugu te jugoistočno alpskog prostora na zapadu (Dimitrijević 1979b: 304–13, 1988; Balen 2010: 110). Zahvaljujući toj ekspanziji tijekom finalne faze života vučedolska se kultura se proširila preko skoro cijele jugoistočne i središnje Europe (Durman 2006: 48–49). Naselja su građena na velikim ležištima bakrenih sulfidnih i halkopiritnih ruda, npr. Debelo brdo i Varvara u Bosni te Đurđevačka Glavica u zapadnoj Srbiji (Durman 1997: 11–12, 2006: 49). Nositelji vučedolske kulture započeli su obradu halkopirita, a nakon toga i korištenje bronce. Durman (Durman 1983, 1988b, 1997, 2000a) se zalaže da se badenska i vučedolska kultura tako uvrste u vrijeme ranoga brončanog doba jer je struktura metalnih nalaza bliža bronci pa početak brončanog doba na prostoru središnjeg dijela Podunavlja smješta u sredinu četvrtog tisućljeća prije Krista. (Durman 2009: 253). Međutim nositelji kasnije vinkovačke kulture smatraju pravim nositeljima punog brončanog doba u Panoniji (Durman 2006: 79). Upotreba nove vrste rude i proizvodnja znatnih količina metalnih predmeta zahtijevala je i znatne promjene u svim sferama vučedolske kulture: tehnologiji, načinu naseljavanja, ekonomiji i društvu. Sve ove promjene karakteriziraju novi korak u razvoju metalurgije bakra i otvaraju put ovom prostoru za ulazak u rano brončano doba. Tako je vučedolska kultura na samom svom zalasku života nesvjesno otvorila vrata upotrebi prave bronce (Durman 2006, 79).

X ZAKLJUČAK

Metalurgija zasigurno nije bila iznenadno otkriće, trebalo je najmanje 3. tisućljeća između prve upotrebe elementarnog bakra i pojave njegovog lijevanja. Za razvoj metalurgije bio potreban cijeli paket novih tehnologija, a ne samo jedna tehnološka inovacija. Nadalje, termodinamička ograničenja dovela su do toga da će proći još 3. tisućljeća od prvog lijevanog bakra do lijevanja željeza (Killick & Fenn 2012: 563).

Prostor jugoistočne Europe obiluje izvorima bakra i ostalih ruda koje i danas imaju važnu ulogu u industriji metala (Karta 1). Zato nije čudno da su prapovijesne zajednice ovoga prostora bile jedne od prvih koje su ovladale rudarstvom i metalurgijom prvo bakra pa onda i zlata, a kasnije i drugih plemenitih i obojenih metala. Tehnologija obrade rude do konačnog proizvoda vrlo je kompleksna, a ovladavanje njome morao biti dugotrajan i kompliciran proces ovisan o mnogo raznih čimbenika. S današnje moderne perspektive teško percipirati i još teže rekonstruirati procese i promjene te razloge u razvoju metalurgije. Po dosadašnjim nalazima prostor sjeverne Hrvatske, ne može se pridružiti karpatsko-balkanskoj školi rane metalurgije od 4500. – 3500. pr. Kr., već većinu tog prostora pripisujemo srednjoeuropskoj školi metalne proizvodnje od 2500. – 1500. pr. Kr. (Marković 1994: 111). Izuzetak može biti najistočniji dio Hrvatske sa badenskim i vučedolskim kulturnim kompleksima koji u se literaturi često pridružuju cirkumpontski metalurškom krugu (Marković 1994: 111; Hansen 2011: 138), a upravo su one nositelji metalurgije na prostoru Slavonije i Bosne i Hercegovine.

Prostor istočne Hrvatske nalazi se uz Dunav koji je od najranijih vremena bio i ostao jedan od najvažnijih komunikacijskih puteva. Osim toga plodna zemlja i mnogobrojni prirodni resursi učinili su to područje izuzetno atraktivno za naseljavanje, naročito od pojave poljoprivrede. Takav povoljni i strateški položaj konstantno je bio pod raznim utjecajima raznih kultura. Usprkos tome na prostor današnje Hrvatske, po do sadašnjim dokazima, metalurgija u pravom smislu riječi tek s kasnoeneolitičkom badenskom kulturom, iako susjedno područje Srbije metalurgiju poznaje od 5. tisućljeća pr. Kr. Badenska kultura počinje dominirati prostorom Slavonije, zaposjeda strateške pozicije uz riječne puteve, formira komunikaciju mrežu i uspostavlja prve metalurške radionice. Sve te čimbenike preuzima te nastavlja razvijati vučedolske kultura. Tako znamo da se početna metalurška proizvodnja tijekom rane i klasične faze vučedolske kulture temelji se na badenskom nasljeđu kada se najviše koriste oksidne i

karbonatne rude (Durman 1988b: 35; Pravidur 2014: 135), ali poznaje se i sulfidna bakrena ruda, specifičnije bakrene rude iz serije tenantit - tetraedrit (Durman 2000a). Prve veće spoznaje u procesu obrade bakra na prostoru Karpatske kotline savladane su još prije pojave vučedolske kulture: obrada elementarnog bakra kovanjem, otkriće da se bakar tali potom oblikuje kovanjem te lijevanje bakra u jednodijelne kalupe i metodom izgubljenog voska (Jovanović 1971b, 1979; Durman 1983: 12–23, 1988b: 32, 2000a). Iako pojavu arsenske bronce i razvijenu metalurgiju vežemo uz badensku kulturu, vrhunac metalurškog razvoja bakra slijedi tek s vučedolskom kulturom. Zato za vrijeme vučedolske kulture počinje serijska proizvodnja i masovna pojava ostava identičnih bakrenih predmeta (Jovanović 1979: 48; Durman 1983: 31, 1988b: 32, 2006: 49). To se najbolje očitava po metalurškim ostavama kao Brekinjska i Borinci čiji cijeli inventar se sastoji od istih predmeta. Takva proizvodnja omogućena je zahvaljujući lijevanju u dvodijelnim kalupima gdje se jedan prototip utiskuje u više kalupa. Takav razvoj metoda taljenja i lijevanja omogućio je povećanu proizvodnju i potražnju. Metal, je prvi materijal u povijesti čovječanstva koji ima visoku mogućnost reciklaže: ponovnog taljenja, lijevanja i korištenja. S druge strane, izvori bakrene rude su neobnovljivi, a sve veća potražnja za metalnim predmetima najvjerojatnije je dovela do iscrpljivanja dosadašnjih izvora. Potražnja za depozitima bakra bila je jedan od glavnih poticaja za eksploraciju, razvoj trgovine na velike udaljenosti, stvaranja komunikacijskih mreža i kolonizaciju novih područja (Killick & Fenn 2012: 560). Vučedolska kultura se tako morala okrenuti novim područjima i novoj vrsti rude. Ona se iz svog matičnog prostora širi u svim smjerovima. Možemo pretpostaviti da je potraga za novim izvorima rude dovela do naseljavanja vučedolaca na rudonosna područja zapadne Srbije, Bosne i Hercegovine, slovenskog i austrijskog alpskog prostora dijela Mađarske sve do Praga u Češkoj i rumunjskog Banata (Durman 2006: 49; Težak-Gregl 2006: 36; Pravidur 2014). Glavne komunikacije možemo pripisati Dunavu kojim se širi na sjever i istok te rijeci Savi iz koje smjer širenja ide prema zapadu i jugu (Karta 3). Od Save prema jugu, grana se nekoliko puteva komunikacija dolinom Drine, Bosne, Vrbasa i Une do bogatih izvora bakrene rude. Vučedolska kultura nastanjuje se i na prostoru Požeške kotline od koje svoje širenje nastavlja u nekoliko pravaca prema zapadu i jugu, od kojih je najvažniji onaj prema izvorima bakra na Trgovskoj gori, drugi osnovni smjer ide prema Ljubljani, dok treći se okreće sjeverozapadu gdje prati Moslavačku goru, Bilogoru i Kalničku gore prema Zagorju.

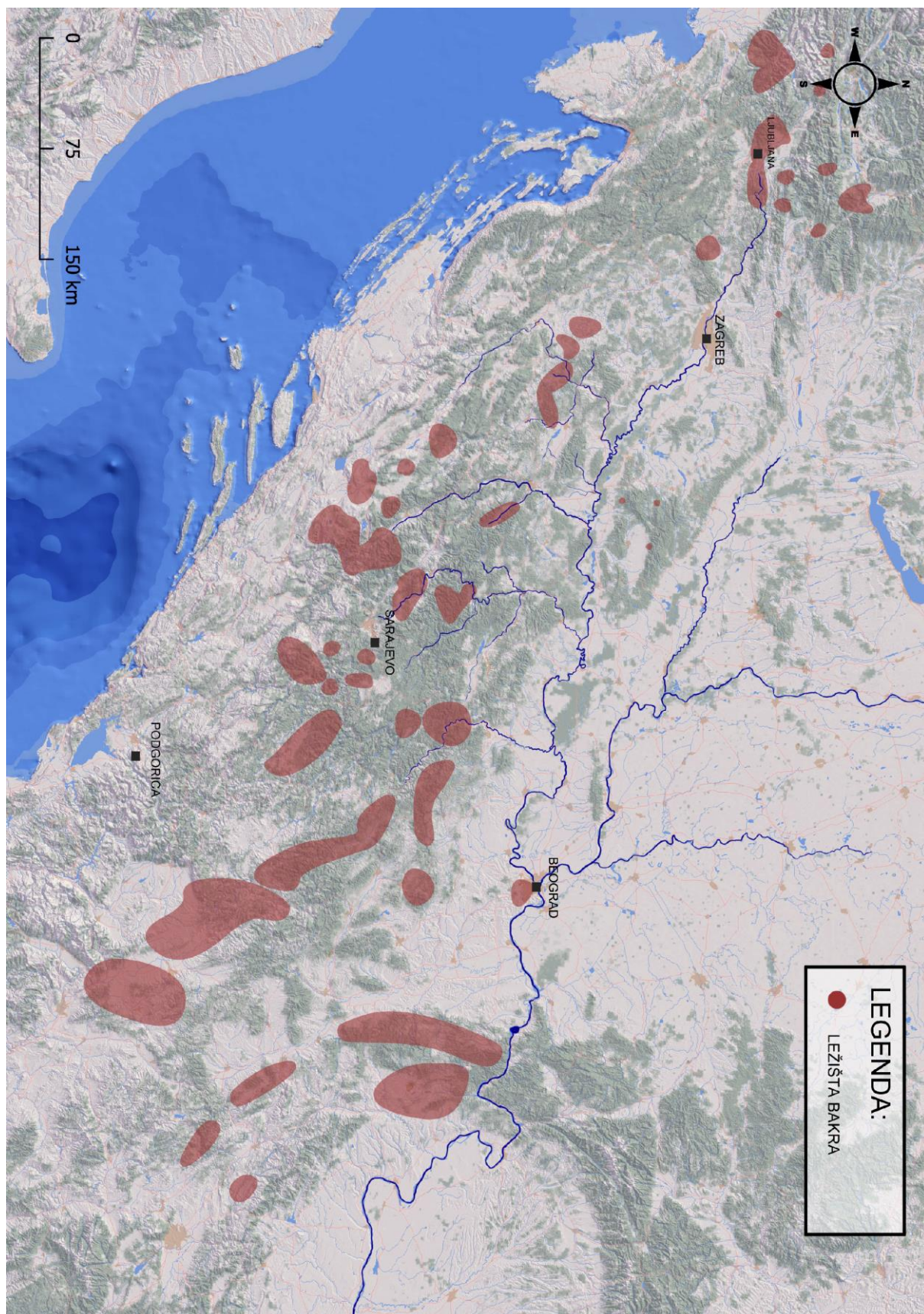
Durman (Durman 1983: 67) smatra je prelazak na obradu sulfidne rude, a poslije i halkopirita, ostavlja iza sebe veliku količinu troske bile neisplativa za transport na velike udaljenosti i da su se zato počeli osnivati metalurški centri bliže izvoru sirovine (Karta 2). Na taj zaključak

dodala bih da, u vremenu intenzivnog razvoja metalurgije, ekonomije i velikih društvenih promjena, kontroliranje izvora sirovine, naročito bakrene rude značilo je kontrolu trgovinskih puteva, kontrolu opskrbe. Zajednice koje kontroliraju tako važne izvore uživale su veliku moć i bogatstvo, a u takvom društvu su se izuzetni pojedinci mogli izdignuti i izdvojiti od drugih sa moći, statusom i bogatstvom. Upravo je razvoj metalurške produkcije koja je postala centralna odlika vučedolske kulture obilježila tranzicijski period i stvorila poveznicu između kasnog eneolitika i ranog brončanog doba.

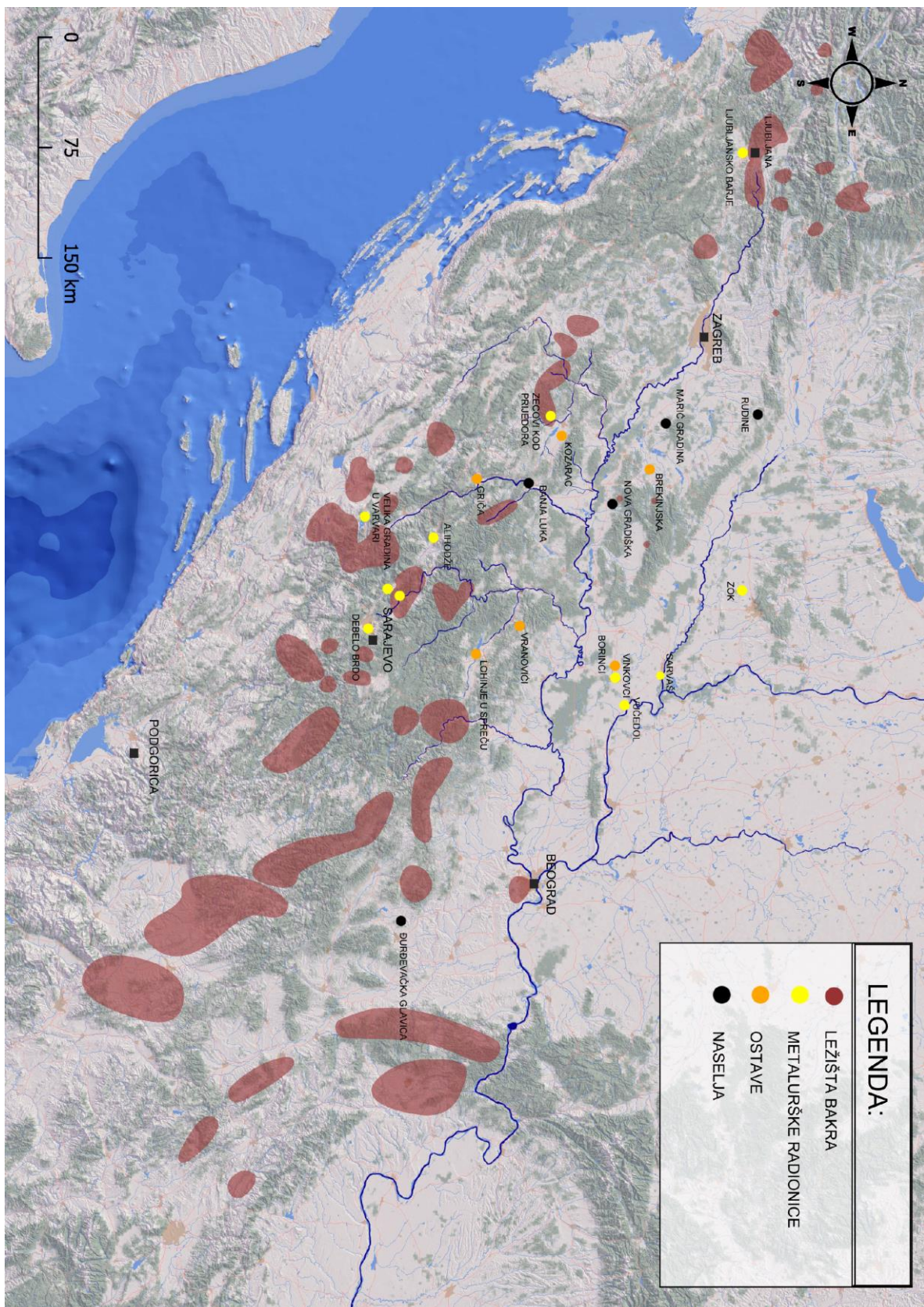
Na prvi pogled znamo mnogo o Vučedolskoj kulturi i njenoj metalurgiji. Međutim, u brojnim nalazima, lokalitetima i interpretacijama nema nekog značajnog pomaka. Mnogo pitanja ostaju otvorena: Kako je došlo do uzdizanja metalurških centara u Slavoniji i koje sve faze obrade iz lanca operacija bakrenih predmeta su se odvijale u radionicama, u samim naseljima? Odakle dolaze rude tijekom klasične faze vučedolske kulture, iz kojih prostora? Da li tijekom kasne faze dolazi do promjene izvora ruda i zašto?

Pravo dokazivanje metalurških aktivnosti na nekom lokalitetu izuzetno je zahtjevno i traži zajednički trud više stručnjaka iz raznih polja rudarskog inženjerstva, kemije, geologije, arheologije itd. Današnji standardi potvrde određene hipoteze promijenili su se s rapidnim razvojem arheometrije. Slijedeći korak u istraživanju metalurgije vučedolske kulture trebale bi, za početak, biti analize sastava metalnih predmeta i njihova usporedba kako je to započeo prof. Durman u svom magisteriju. Nadalje, dokazivanje ekstraktne metalurgije, naročito sulfidnih bakrenih ruda zahtijeva dobre nalaze troske i specijalne arheometalurške analize, a potrebne su i analize izotopa olova metalnih predmeta i njihovih rudišta. Jedino tako se mogu sa sigurnošću ubicirati izvori ruda koje su koristili metalurzi vučedolske kulture što će nam u konačnici omogućiti da rekonstruiramo precizniju mrežu prapovijesnih puteva, kretanja stanovništva i velike tehnološke promjene koje slijede „ulaskom“ u brončano doba.

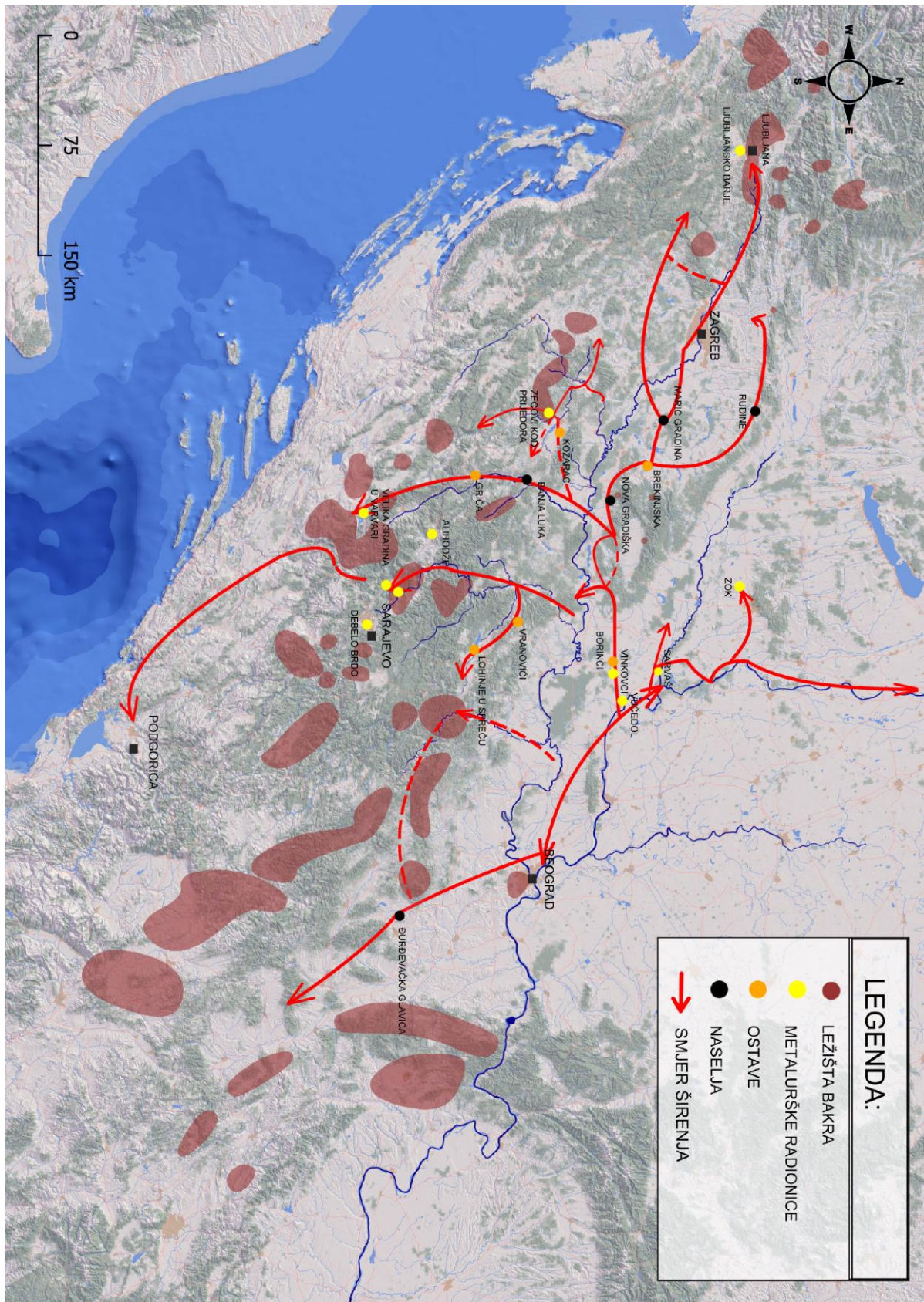
XI PRILOZI



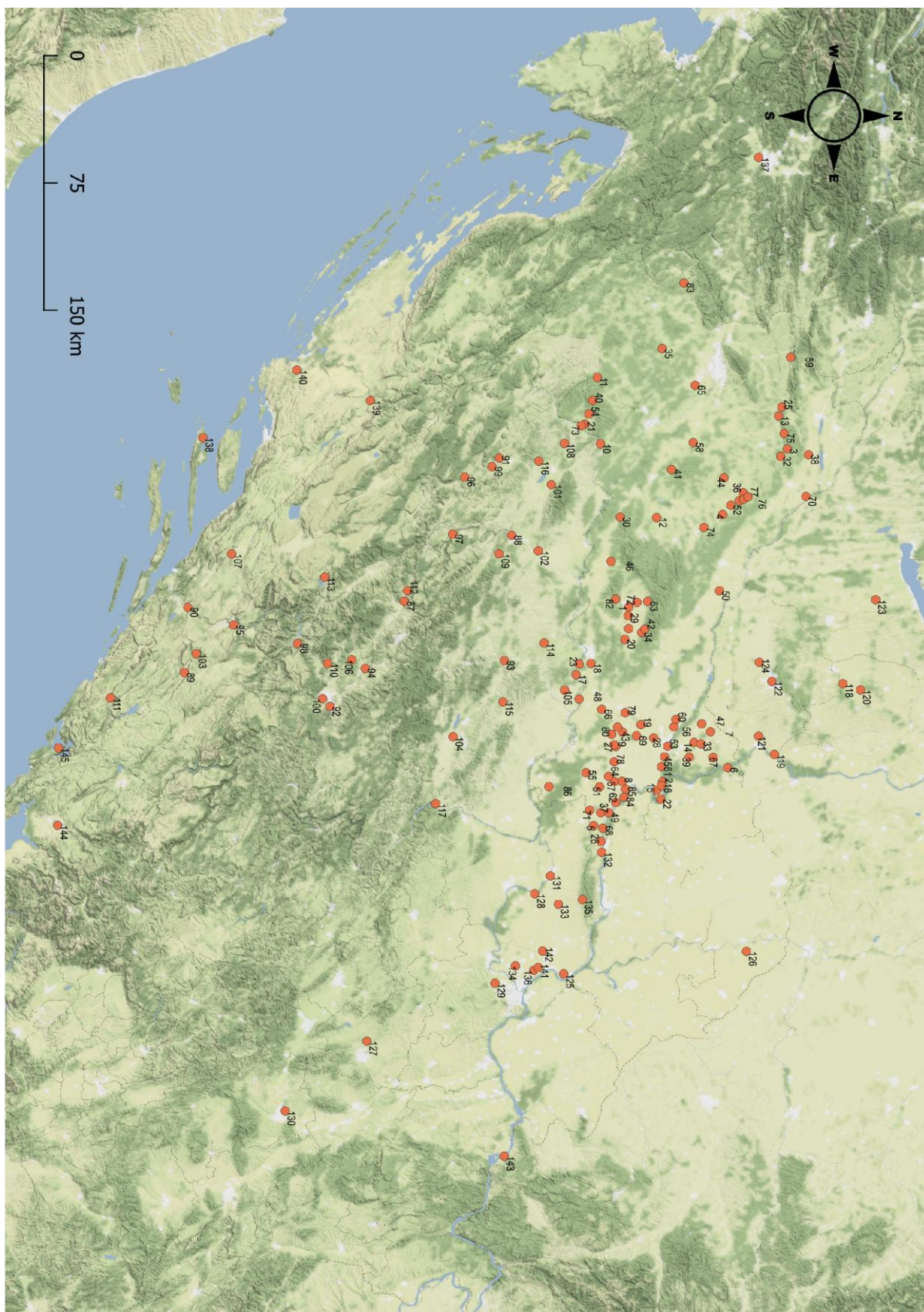
Karta 1. Karta poznatih i potencijalnih ležišta bakrene rude (autor: S. Bošnjak)



Karta 2. Rasprostranjenost vučedolskih metalurških radionica, ostava i značajnih naselja u odnosu na bakrena ležišta (autor: S. Bošnjak)



Karta 3. Rekonstrukcija smijerova širenja i komunikacijskih puteva vučedolske kulture (autor: S. Bošnjak)



Karta 4. Karta nalazišta vučedolske kulture (autor: S. Bošnjak)

POPIS POZNATIH I POTENCIJALNIH VUČEDOLSKIH NALAZIŠTA (Karta 4):

1. *Alaginci (Potrebica 2012, 189)*
2. *Aljmaš (Balen 2010, 120 Sl.12; Schmidt 1945)*
3. *Apatovac (Apatovec) (Dimitrijević 1956, 15; 1961, 60; Marković 1981, 236–39 T.3-5; 2002, 143–44; Škiljan 2011, 246)*
4. *Babinac (kod Severina, Sverinski) kod Bjelovara (Marković 1981, 220 T.6:12-13; Škiljan 2011, 192; Marković 2002, 143)*
5. *Bapska (Gradac) (Dimitrijević 1956, 7; Balen 2010, 120 Sl.12)*
6. *Batina (Marković 1994 Karta 14); Batina Skela (drugi naziv Bansko brdo) – Gradac i Sredno/Srednje (Minichreiter 1987, 56; Bojčić i ostali 2009, 7–11; Balen 2010, 120 Sl.12)*
7. *Beli Manastir – Popova zemlja (Miloglav 2018, 118)*
8. *Bogadnovci – () (Dimitrijević 1956, 12; Balen Letunić 1998, 8; Balen 2010, 120 Sl.12; Hutinec i Bunčić 2006, 25–26; Hutinec 2008, 56–58; Los 2015)*
9. *Borinci (Staro Crkvište)- ostava i naselje (Dimitrijević 1966; Krznarić Škrivanko 2007, 49; Balen 2010, 120 Sl.12)*
10. *Bosanska Kostajnica (Dimitrijević 1956, 15; 1979, 280 Karta 6:39; Durman 1991, 90; Škiljan 2008, 133).*
11. *Brekinjova kosa - kamenolom Bojna (Madiraca 2012)*
12. *Brekinjska - zapadno od sela na oranici Graovište (Durman 1983, 39–40 T.10:1; Škiljan 2010, 141–42).*
13. *Čanjevo – Gradišće (Bekić 2006; Bekić i Čimin 2007)*
14. *Čeminac - Okrugla zemlja; slučajni nalazi (Dujmić 2007, 13; Balen 2010, 120 Sl.12)*
15. *Dalj; Ciglana; slučajni nalazi (Balen 2010, 120 Sl.12)*
16. *Daljska planina – Velika straža; slučajni nalaz. (Bulat 1967; Balen 2010, 121 Sl.12)*
17. *Donja Bebrina – Paljevine; slučajni nalazi (Salajić 1993, 90–91; Marković 1994 Karta 14; Balen 2010, 121 Sl.12).*
18. *Donja Vrba – Saloš - sa nalazišta se spominju i sporadični nalazi vučedolske kulture (Lozuk 2000, 34; Balen 2010, 121 Sl.12)*
19. *Dopsin – Lipovac; površinski nalazi (Balen 2010, 121 Sl.12)*
20. *Draganlug kod Ciglenika (Dimitrijević 1956, 15; 1977, 39 Abb.7:4, T.16:5; 1979, 306; Marković 2002, 142; Balen 2010, 121 Sl.12; Potrebica 2012, 189)*
21. *Draškovac - neistražena gradina (Durman 1991, 92; Škiljan 2008, 133)*
22. *Erdut : Veliki Liman; površinski nalazi (Bulat 1967, 357), Veliki Varod brijeg; slučajni nalazi (Dimitrijević 1956, 10–11; Balen 2010, 121 Sl.12)*

23. *Gornja Bebrina – Okukalj (Dimitrijević 1979, 280 Karta 6:9; Lozuk 1993, 33; Marković 1994 Karta 14)*
24. *Grabarje – Prud (Marković 1993, 121; Balen 2010, 121 Sl.12; Potrebica 2012, 189)*
25. *Humščak kod Gornjeg Huma (Šimek 2012; Peharda 2015)*
26. *Ilok (Balen 2010, 121)*
27. *Ivankovo - nepoznato nalazište; slučajni nalazi (Dimitrijević 1956, 13; Balen 2010, 121)*
28. *Ivanovac (Marković 1994 Karta 14; Balen 2010, 121)*
29. *Jakšić (Marković 1994 Karta 14; Balen 2010, 121)*
30. *Jazavica kod Novske – slučajni nalaz, bakrena sjekira s cilindričnim produžetkom za nasad drške (Marković 1981, 240).*
31. *Kamenitovac kod Bjelovara (Marković 1994 Karta 14)*
32. *Koprivnička Rijeka, Rudine I (Marković 1981, 223–36 T.7-19; Škiljan 2011, 246; Marković 2002, 143–44)*
33. *Kozarac (Marković 1994 Karta 14; Balen 2010, 121)*
34. *Kutjev: Vlastelinski vinograd i Mihalje slučajni nalazi bakrenih plosnatih sjekira vučedolske kulture (Potrebica 2012, 189)*
35. *Lasinja – Talijanovo brdo (Dimitrijević 1956, 16; Škiljan 2009, 8:85; Balen 2011)*
36. *Letičani - Bukvik (Marković 1981, 221–22 T.6:1-11; Škiljan 2011, 192; Marković 2002, 143)*
37. *Lovas – (Gradac, Kalvarija – nekadašnji župni vinogradi) površinski nalazi (Schmidt 1945, 145; Dimitrijević 1956, 8; Balen 2010, 121)*
38. *Ludberg - Katalena Lokalitet C stupnja (Marković 2002, 144)*
39. *Lug – Gradina; površinski nalazi (Minichreiter 1987, 56–57; Balen 2010, 121)*
40. *Ljeskovac- nalazi kamenih sjekira (Durman 1991, 90; Škiljan 2008, 133)*
41. *Marić gradina (Mikleuška) (Dimitrijević 1977, 36; Marković 1981, 222–23 T.1:1-10; Bobovec 2003, 24–31; Škiljan 2011, 71; Čakanić 2012, 20–22)*
42. *Mitrovac – Gradina, (Grabovište, sjeverno od Mitrovca) slučajni nalazi (Dimitrijević 1956, 13–14; Marković 1993, 121; Balen 2010, 121; Potrebica 2012, 189)*
43. *Mrzović – Gradina; površinski nalazi (Marković 1982: 96) (Marković 1993, 121; Balen 2010, 121)*
44. *Narta kod Bjelovara (Marković 1994 Karta 14)*
45. *Nemetin – Suvatovo (Marković 1994 Karta 14; Balen 2010, 121)*

46. *Nova Gradiška - Slavča* (Skelac 1997; Marković 2002, 142; Balen 2010, 121; Škiljan 2010, 25)
47. *Novi Bolman – Grablje* (Đuričić i Galiot 2015)
48. *Novigrad na Savi* (Salajić 1993, 91)
49. *Opatovac – bivši vinogradi F. Königsdorfera; slučajni nalazi* (Dimitrijević 1956, 7–8; Balen 2010, 122)
50. *Orešac kod Virovitice* (Marković 1994 Karta 14; Balen 2010, 122)
51. *Orolik – nepoznato nalazište; površinski nalazi* (Bulat 1967; Marković 1994 Karta 14; Balen 2010, 122)
52. *Orovac (Orovački vinogradi)* (Marković 1981, 239–40; Škiljan 2011, 192,210; Marković 2002, 143)
53. *Osijek* (Schmidt 1945: 146; Dimitrijević 1956, 12; Balen 2010, 122; Janeš i Krmpotić 2015)
54. *Osječenica iznad sela Gorička* (Durman 1991, 90; Dimitrijević, Težak-Gregl, i Majnarić-Pandžić 1998, 135 sl.52; Škiljan 2008, 132–33)
55. *Otok – Gradina* (Dimitrijević 1966: 4; Marković 1994 Karta 14; Balen 2010, 122)
56. *Petrijevci – Verušed; na trasi autoceste Beli Manastir – Osijek – Svilaj* (Filipec, Šiša Vitek, i Roksandić 2009; Balen 2010, 122)
57. *Petrovci – Brodanka; površinski nalazi* (Marković 1994 Karta 14; Balen 2010, 122)
58. *Prnjarovec kod Križa* (Marković 1981, 223 T.1:1-4; 2002, 143; Škiljan 2011, 40; Čakanić 2012, 11)
59. *Radoboj – Hajdine zerne, Plat* (Špoljar 2015)
60. *Samatovci – Pusta (bivši vlastelinski vinogradi)* (Dimitrijević 1956, 13; Marković 1994 Karta 14; Balen 2010, 122).
61. *Sarvaš* (Schmidt 1945, 127–31; Dimitrijević 1956, 11; Balen 2005; 2010, 122)
62. *Sotin – Gradac; slučajni nalazi* (Schmidt 1945, 145; Dimitrijević 1956, 8–9)
63. *Stari Grad – Velika* (Sokač-Štimac 2013)
64. *Stari Jankovci – kuća P. Križaka; slučajni nalazi* (Dimitrijević 1956, 9; Balen 2010, 122) i *srebrene sjekire* (Balen i Mihelić 2003; Balen 2007)
65. *Staro Čiče* (Marković 2002, 143)
66. *Strizivojna* (Marković 1994 Karta 14; Balen 2010, 121)
67. *Suza – Derjan* (Ložnjak Dizdar i Dizdar 2014)
68. *Šarengrad* (Balen 2010, 122)
69. *Šodolovci - Berak* (Balen 2010, 122)

70. Šoderica kod Koprivnice, bakrena sjekira trapeznog oblika (C stupanj/brončano doba) (Marković 1981, 240; 2002, 143).
71. Tovarnik – Orašće; površinski nalazi (Marković 1994 Karta 14; Balen 2010, 122)
72. Trenekovo (Potrebica 2012, 189)
73. Unčani - nalazi vučedolske keramike u zbirci prof. Pavla Vukovića (Durman 1991, 90; Škiljan 2008, 133).
74. Velika Barna (Grubišino Polje)(Dimitrijević 1979, 306; Marković 1981, 220; 2002, 143; Škiljan 2010, 174,177)
75. Veliki Kalnik – Stari grad (Marković 1981, 268 bilješka 188; Škiljan 2011, 292–93; Marković 2002, 144)
76. Veliko Trojstvo - Stari brijeg (Dimitrijević 1961, 60; 1977 T.16:5; Marković 1981, 220–21 T.2:9-11; 2002, 143; Škiljan 2011, 192)
77. Veliko Trojstvo - Martinac (Dimitrijević 1961, 60; 1977 Abb.7:5; Marković 1981, 221 T.2:5-8; 2002, 143; Škiljan 2011, 192)
78. Vinkovci : Tržnica (Krznarić Škrivanko 1999: 22, 24;Dimitrijević 1956, 12; Balen 2010, 122), Ervenica; zaštitna istraživanja (Dimitrijević 1956, 13; Balen 2010, 122; Gale 2002), Krnjaš; slučajni nalazi (Dimitrijević 1956, 13; Balen 2010, 123)
79. Viškovci - Gradina; površinski nalazi (Balen 2010, 123; 2013), vinogradi; površinski nalazi (vinkovačka kultura?) (Marković 1994 Karta 14; Balen 2010, 123; Miloglav 2018, 118)
80. Vođinci – Ciganica ili Prisonjača; površinski nalazi (Marković 1994 Karta 14; Krznarić Škrivanko 2007, 49; Balen 2010, 123)
81. Vrbica – nepoznati položaj; slučajni nalaz (Schmidt 1945, 146; Marković 1994 Karta 14; Balen 2010, 123)
82. Vrhovci (Marković 1994 Karta 14; Balen 2010, 123)
83. Vrlovka (Miloglav 2018, 119)
84. Vučedol - Gradac, Vingrad Streim, Kukuruzište Streim, Vinograd Karasović (Schmidt 1945: 145; Dorn 1965; Dimitrijević 1966: 22-23)
85. Vukovar - Barišićev vinograd; slučajni nalaz /Najparov vinograd; slučajni nalaz/Laudenbachov vinograd; slučajni nalaz/Eltzov vinograd; slučajni nalaz (Dimitrijević 1956, 10)
86. Zvizdan - Lovačka kuća; nalazi su pronađeni prilikom gradnje Lovačke kuće (Marijan 2002; Balen 2010, 123)
87. Alihodža kod Travnika (Pravidur 2014, 133)
88. Banja Luka (Marković 2002, 142) (Pravidur 2014, 143) Kastel i pojedinačni nalaz
89. Berkovići (Hateljska pećina) (Marijanović 1997, 36)

90. Čapljina (Guvnine) (Marijanović 1997, 36)
91. Dabar pećina (Dimitrijević 1979, 280 Karta 6:43).
92. Debelo brdo u Sarajevu (Pravidur 2014, 129)
93. Doboj (okolica) (Pravidur 2014, 143) pojedinačni nalaz
94. Donje Moštre (Pravidur 2014, 135)
95. Fortica(Dimitrijević 1979, 280 Karta 6:50).
96. Gradina Zgon kod Ključa (Pravidur 2014, 147) pojedinačni nalaz
97. Griča kod Mrkonjić Grada (Pravidur 2014, 141)
98. Homolje (Dimitrijević 1979, 280 Karta 6:47).
99. Hrustovača (Dimitrijević 1979, 280 Karta 6:44; Marković 2002, 141).
100. Kotorac(Dimitrijević 1979, 280 Karta 6:51).
101. Kozarac kod Prijedora (Pravidur 2014, 143)
102. Laktaši Pećina Kozarica (Marković 2002, 142)
103. Lazaruša kod Dabrice (Marijanović 1997, 36)
104. Lohinje kod Gračanice (Pravidur 2014, 143)
105. Pivnica u Potočanima kod Odžaka(Dimitrijević 1979, 462 Karta 6:13).(Durman i Obelić 1989)
106. Podastinje kod Kiseljaka (Pravidur 2014, 134)
107. Ravlića Pećine (Marijanović 1997, 36)
108. Svodna (Dimitrijević 1979, 462 Karta 6:40).
109. Topića glavica (Dimitrijević 1979, 280 Karta 6:42).
110. Toplica(Dimitrijević 1979, 280 Karta 6:48).
111. Trebinje - Kapove jame (Pravidur 2014, 143) pojedinačni nalaz
112. Trube (Crkvina) (Dimitrijević 1979, 280 Karta 6:45).
113. Velika gradina u Varvari (Dimitrijević 1979, 280 Karta 6:52).
114. Vis u Modranu kod Dervente (Marković 2002, 142)
115. Vranovići (Pravidur 2014, 143)
116. Zecovi kod Prijedora (Marković 2002, 141) (Pravidur 2014, 123)
117. Zvornik - Kosovače (Pravidur 2014, 143) – pojedinačni nalaz
118. Döbrököz-Tűzköves, (Kulcsár 2009, 249)

119. *Dunaszekcső Várhegy, (Kulcsár 2009, 249)*
120. *Gyulaj-Banyahegy, (Kulcsár 2009, 249)*
121. *Lánycsók-Egettmalom, (Kulcsár 2009, 249)*
122. *Pécs-Nagyár (Kulcsár 2009, 249)*
123. *Somogyvár-Kupavárhegy (Kulcsár 2009, 249)*
124. *Zók — Várhegy, (Kulcsár 2009, 249)*
125. *Belegiš (Dimitrijević 1979, 462 Karta 6:32).*
126. *Čoka (Dimitrijević 1979, 462 Karta 6:14).*
127. *Đurđevo (Dimitrijević 1979, 280 Karta 6:53).*
128. *Gomolava Hrtkovci (Dimitrijević 1979, 462 Karta 6:31).*
129. *Gorička (Dimitrijević 1979, 280 Karta 6:38).*
130. *Jasika (Dimitrijević 1979, 280 Karta 6:54).*
131. *Legeta – ostava (Durman 1983, 42).*
132. *Neštin (Dimitrijević 1979, 462 Karta 6:28).*
133. *Ruma (Dimitrijević 1979, 462 Karta 6:30)*
134. *Surčin (Dimitrijević 1979, 280 Karta 6:36).*
135. *Vrdnik (Dimitrijević 1979, 462 Karta 6:29) (Garašanin 1982, 159)*
136. *Zemun (Dimitrijević 1979, 280 Karta 6:35).*
137. *Ljubljansko barje - Ig (Korošec i Korošec 1969; Leghissa 2018; Velušček 1999),
Parte i Parte Igščica (Durman i Obelić 1989; Velušček 1999)*
138. *Markova spilja na Hvaru (Dimitrijević 1979, 280 Karta 6:56).*
139. *Topolje kod Knina (Durman 1983, 42).*
140. *Vrpolje (Dimitrijević 1979, 280 Karta 6:55).*
141. *Batajnica (Dimitrijević 1979, 285; Tasić 1995, 78–79)*
142. *Boljevića Gruda (Dimitrijević 1979b: 285; Guštin 2006).*
143. *Moldova Veche (Dimitrijević 1979, 285; Tasić 1995, 78–79).*
144. *Mala Gruda (Dimitrijević 1979b: 285; Tasić 1995: 78–79; Guštin 2006).*
145. *Velika Gruda (Dimitrijević 1979b: 285; Tasić 1995: 78–79; Guštin 2006).*
146. *Vojka (Dimitrijević 1979, 285; Tasić 1995, 78–79).*

XII POPIS PRILOGA

POPIS KARATA

1. KARTA POZNATIH I POTENCIJALNIH LEŽIŠTA BAKRENE RUDE
2. RASPROSTRANJENOST VUČEDOLSKIH METALURŠKIH RADIONICA, OSTAVA I ZNAČAJNIJIH NASELJA U ODNOSU NA BAKRENA LEŽIŠTA
3. REKONSTRUKCIJA SMIJEROVA ŠIRENJA I KOMUNIKACIJSKIH PUTEVA VUČEDOLSKE KULTURE
4. KARTA NALAZIŠTA VUČEDOLSKE KULTURE

POPIS SLIKA

- SLIKA 1: PLOČA SAMORODNOG BAKRA, VAREŠ, BOSNA I HERCEGOVINA (PREUZETO OD: PRAVIDUR 2014:28) 7
- SLIKA 2: PODJELA BAKRENIH RUDA (PREMA: ĐURKOVIĆ ET AL. 1963: 651; TOMAŠEVIĆ 2015: 2) 8
- SLIKA 3: TETRAEDRIT SA SIDERITOM, MAŠKARA KOD GORNJEG VAKUFA, BOSNA I HERCEGOVINA (PREUZETO OD PRAVIDUR 2014: 32) 8
- SLIKA 4: PRIKAZ ZONACIJE RUDNOG LEŽIŠTA. OKSIDACIJSKA ZONA SASTOJI SE OD ŽELJEZNOG ŠEŠIRA, IZLUŽENE I OKSIDIRANE ZONE. REDUCIRAJUĆA ZONA SASTOJI SE OD ZONE OBOGAĆIVANJA I PODRUČJA PRIMARNE MINERALIZACIJE (PREUZETO 8.1.2021: [HTTPS://EN.ARCHAOMETALLURGIE.DE/GOSSAN-IRON-CAP/](https://en.archaeometallurgie.de/gossan-iron-cap/)) 10
- SLIKA 5: POJEDNOSTAVLJENA TEKTONSKA KARTA SA PRIKAZOM DISTRIBUCIJE GLAVNIH TEKTONSKIH JEDINICA I LEŽIŠTA RUDA U ALPSKO-BALKANSKO-KARPATSKO-DINARIDSKOM (ABCD) POJASU (PREUZETO: HEINRICH & NEUBAUER 2002: 533 FIG.1) 12
- SLIKA 6: OSTACI VISOKE PEĆI U BEŠLINCU (PREUZETO IZ LETKA: N°1, V. 13– TRGOVSKA GORA KOJI JE PRIPREMLJENU SKLOPU PROJEKTA: HISTORICAL MINING – TRACING AND LEARNING FROM ANCIENT MATERIALS AND MINING TECHNOLOGY) 18
- SLIKA 7: BAKRENI PUT OD SAMOBORA (RUDA) DO SENJA (PREUZETO: ŠEBEČIĆ 2001: SL. 3). 21
- SLIKA 8: MALAHIT I AZURIT ISPUNJAVAJU ŠUPLJINE IZDUŽENOG HALKOPIRITA, MEDVEDNICA (PREUZETO: ŠMAJGL 2014 SL. 24) 23
- SLIKA 9: MINERALIZACIJA MALAHITA I AZURITA U STIJENI, PRLJUŠA NA MALOM ŠTURCU, SRBIJA (PREUZETO: DIMIĆ 2019: FIG. 9C) 27
- SLIKA 10: BAKRENI MINERAL KOVELIN, MAJ DANPEK, SRBIJA (PREUZETO 10.11.2020: [HTTPS://WWW.PDPOBEDA.RS/EKOLOGIJA/FAJLOVI/IZLOZBA.HTML](https://www.pdpobeda.rs/ekologija/fajlovi/izlozba.html)) 28
- SLIKA 11: CINABARIT SA KVARCOM, AVALA KRAJ BEOGRADA, SRBIJA (PREUZETO 12.11.2020.: [HTTPS://WWW.PDPOBEDA.RS/EKOLOGIJA/FAJLOVI/IZLOZBA.HTML](https://www.pdpobeda.rs/ekologija/fajlovi/izlozba.html)) 36
- SLIKA 12: POGLED NA RUDNIK ŽDRELO, SRBIJA (PREUZETO: ANTONOVIĆ 2018: 200 FIG. 15) 38
- SLIKA 13: POGLED NA PRAPOVIJESNA OKNA AI BUNAR-A, BUGARSKA (PREUZETO: ČERNYCH 1978: PL.15) 40
- SLIKA 14: POGLED NA PRAPOVIJESNA OKNA RUDNIKA RUDNE GLAVE, SRBIJA (PREUZETO: ANTONOVIĆ 2018 FIG.6,7) 42
- SLIKA 15: A) VRH PLANINE RUDNIK - MALI ŠTURAC S PADINOM PRLJUŠE B) GEOGRAFSKI POLOŽAJ NALAZIŠTA NA KARTI SRBIJE (PREUZETO: DIMIĆ 2019: FIG. 1) 44
- SLIKA 16: RASPODJELA BAKRENIH PREDMETA PREMA KONTEKSTU PRONALASKA I KRONOLOGIJI NA PODRUČJU DOLINE RIJEKE MORIŠ (PREUZETO: SAVA 2015: FIG. 143) 49
- SLIKA 17: RASPROSTRANJENOST ARSENSKOG BAKRA U 4. TISUĆLJEĆU PRIJE KRISTA (VANJSKA ELIPSA). OPSEG CIRKUMPONTSKE METALURŠKE PROVINCIJE (UNUTARNJA ELIPSA) (PREUZETO: PERNICKA 2014: 452 FIG. 4) 50

- SLIKA 18: GROB 43 IZ VARNE (PREUZETO 5.2.2021.: [HTTPS://12.WP.COM/ARCHAEOLOGYINBULGARIA.COM/WP-CONTENT/UPLOADS/2019/09/VARNA-GOLD-TREASURE-BLACK-SEA-COAST-VARNA-BULGARIA-WORLDS-OLDEST-GOLD-8.JPG?W=640](https://12.wp.com/archaeologyinbulgaria.com/wp-content/uploads/2019/09/varna-gold-treasure-black-sea-coast-varna-bulgaria-worlds-oldest-gold-8.jpg?w=640)) 51
- SLIKA 19: KARTA IZVORA METALNIH RUDA I LOKALITETA S VAŽNIM NALAZIMA BAKRA 8000. - 3500. PR. KR. (PREUZETO: PERNICKA & ANTHONY 2010 FIG. 7-1) 52
- SLIKA 20: KARTA IZVORA SREBRA/OLOVA (PREUZETO: OTTAWAY & ROBERTS 2008: FIG. 4C) 53
- SLIKA 21: PRIKAZ REKONSTRUKCIJE METALURŠKOG LANCA OPERACIJA (PREUZETO: OTTAWAY 2001: FIG.1) 55
- SLIKA 22: PRIKAZ PRŽNO-REKCIJSKOG PROCESA U PLITKOM OGNJIŠTU (RUMENJAK 2004 SLIKA 1) 58
- SLIKA 23: DOKAZANI I POTENCIJALNI IZVORI KOSITRA (PREUZETO: DURMAN 1997: FIG. 2) 61
- SLIKA 24: OPIS DVODIJELNOG KALUPA (PREUZETO: DURMAN 1983: 25–26 SLIKA 1) 62
- SLIKA 25: BAKRENI NALAZI LASINJSKE KULTURE S LOKALITETA PAJTENICA KOD ĐAKOVAČKIH SELACA (PREUZETO: ČATAJ 2018A: FIG. 8). 64
- SLIKA 26: REPERTOAR OSTAVE MAGYAREGRES, MAĐARSKA (PREUZETO: HORNOK & KISS 2017 FIG.9) 65
- SLIKA 27: A) BADENSKA PLOSNATA SJEKIRA, SOTIN – TROJSTVO (PREUZETO: LOŽNJAK DIZDAR & DIZDAR 2015: SL. 3); B) BODEŽ NEPOZNATOG MJESTA PRONALASKA, FUNDUS ARHEOLOŠKOG MUZEJA U ZAGREBU (PREUZETO: BALEN 2005: 56 SL.43) 67
- SLIKA 28: GLINENI JEDNODIJELNI KALUPI ZA LIJEVANJE BAKRENIH PLOSNATIH SJEKIRA S NALAZIŠTA SALOŠ U DONJOJ VRBI I ĐAKOVO-ŠTROSMAJEROVAC-PUSTARA (PREUZETO: BALEN 2018A: FIG.7) 69
- SLIKA 29: BAKRENA ŠILA, ĐAKOVO-FRANJEVAC (PREUZETO: BALEN 2011: 121–23) 70
- SLIKA 30: PRIKAZ PROCESA TOPLJENJA OKSIDNE BAKRENE RUDE (GORE) I TALJENJA DOBIVENOG BAKRA ZA LIJEVANJE (DOLJE) (PREUZETO: (DURMAN 1988B: 36) 77
- SLIKA 31: PRIKAZ PROCESA TALJENJA SULFIDNE BAKRENE RUDE UZ POMOĆ PUHALJKI (GORE) I TALJENJA DOBIVENOG BAKRA ZA LIJEVANJE (DOLJE) (PREUZETO: (DURMAN 1988B: 37) 78
- SLIKA 32: TABLICA 1. SPEKTRALNA ANALIZA ČETIRI METALNA PREDMETA IZ SLOJA NA DODIRU VUČEDOLSKE I VINKOVAČKE KULTURE, VINKOVCI – TRŽNICA (DURMAN 1997: 12; PREMA: PANZA 2016: 88) 81
- SLIKA 33: TABLICA NALAZA KALUPA VUČEDOLSKE KULTURE (PREMA: DURMAN 1983: SLIKA 2, NADOPUNJENO PREMA: GALE 2002, PRAVIDUR 2014) 82
- SLIKA 34: GRAFIČKI PRIKAZ ZASTUPLJENOSTI KALUPA U VUČEDOLSKIM NASELJIMA (AUTOR: S. BOŠNJAK) 82
- SLIKA 35: METALURŠKE PEĆI SA LOKALITETA VUČEDOL - GRADAC (PREMA: SCHMIDT 1945, DURMAN 1983: 33–34 T.7:1). 85
- SLIKA 36: IZBOR METALNIH NALAZA S GRADACA (PREUZETO: SCHMIDT 1945) 86
- SLIKA 37: KUPOLASTA PEĆ IZ OBJEKTA KUĆA 6 (PREUZETO: DURMAN ET AL. 2015: 91) 88
- SLIKA 38: PEĆ IZ OBJEKTA KUĆA 3 (DURMAN ET AL. 2018: SL.23) 89
- SLIKA 39: TLOCRT I PROFIL PEĆI IZ OBJEKTA KUĆA 46A, KUKURUZIŠTE STREIM (ARHIVA MUZEJA VUČEDOLSKE KULTURE) 90
- SLIKA 40: POPIS METALNIH PREDMETA, KUKURUZIŠTE STREIM 2012.-2020. (ARHIVA MUZEJA VUČEDOLSKE KULTURE) 91
- SLIKA 41: GRAFIČKI PRIKAZ BROJA METALNIH PREDMETA PO TIPU, KUKURUZIŠTE STREIM 2012.-2020.(AUTOR: S. BOŠNJAK) 91
- SLIKA 42: MOGUĆI TRAG PATINE BAKRA NA LJUDSKOJ KOSTI, KUKURUZIŠTE STREIM 2015. (FOTO-ARHIVA MUZEJA VUČEDOLSKE KULTURE) 92
- SLIKA 43: METALURŠKI NALAZI VUČEDOLSKE KULTURE S GRADINE ŽECOMI KOD PRIJEDORA (1) FRAGMENT KALUPA, (2) FRAGMENT KALUPA, (3) SOPALJ, (4) SOPALJ, (5) SOPALJ, (6) KALUP BEZ MJERILA; (7) BAKRENA PLOČICA (PREUZETO: PRAVIDUR 2014: SL.12) 95
- SLIKA 44: METALURŠKI NALAZI VUČEDOLSKE KULTURE SA DEBELOG BRDA U SARAJEVU (1-3) KALUP ZA SJEKIRE SA JEDNOM OŠTRICOM I CILINDRIČNIM PRODUŽETKOM ZA NASAD DRŠKE (4) SOPALJ (5) VEĆI FRAGMENT GORNJEG DIJELA KALUPA ZA BODEŽ (6-8) MANJI FRAGMENT DONJEG DIJELA KALUPA ZA BODEŽ (9) DIO KALUPA ZA IZLIJEVANJE IGALA ILI ŠILA (PREUZETO: PRAVIDUR 2014: SL.13) 97
- SLIKA 45: OSTAVA BREKINJSKA (PREUZETO: DURMAN 2006: 65) 100
- SLIKA 46: GRAFIČKI PRIKAZ KOLIČINE METALNIH NALAZA U OSTAVAMA VUČEDOLSKE KULTURE (AUTOR: S. BOŠNJAK) 102
- SLIKA 47: OSTAVA BORINCI (PREUZETO: DURMAN 2006: 64) 104

SLIKA 48: KARTA JUGOISTOČNE EUROPE, LOKALITET VUČEDOL OZNAČEN CRVENOM BOJOM (AUTOR: DARKO PUHARIĆ, STUDIO D) 109

SLIKA 49: KARTA BADENSKOG PUTA OD VUČEDOLA DO DONJE VRBE (PREUZETO: DURMAN 2000A: 99-100) 110

XIII LITERATURA

- AMICONE, S., RADIVOJEVIĆ, M., QUINN, P.S., BERTHOLD C. & REHREN. T. 2020. Pyrotechnological connections? Re-investigating the link between pottery firing technology and the origins of metallurgy in the Vinča Culture, Serbia. *Journal of Archaeological Science* 118. Elsevier: 105-123.
- AMZALLAG, N. 2009. From Metallurgy to Bronze Age Civilizations: The Synthetic Theory. *American Journal of Archaeology* 113. Archaeological Institute of America: 497–519.
- ANTONOVIC, D. 2002. Copper processing in Vinča: New contributions to the thesis about metallurgical character of Vinča culture. *Starinar*: 27–45.
- . 2006. Malachite finds in Vinča culture: evidence of early copper metallurgy in Serbia. *Journal of Metallurgy* 12: 85–92.
- . 2017. Praistorijsko rudarstvo na Malom Šturcu: Istraživanje 2014. godine., in *Arheologija u Srbiji projekti Arheološkog instituta u 2014. godini*. Beograd: 23–29.
- . 2018. Eneolitski rudnici bakra na Balkanu, u *Povratak u prošlost: Bakreno doba u sjevernoj Hrvatskoj*. Arheološki muzej u Zagrebu, Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Arheološki muzej Osijek: 187–209.
- ANTONOVIC, D. & DIMIC V. 2017. Copper ore exploitation at the site of Prljuša on Mali Šturac. *Archaeotechnology Studies: Raw Material Exploitation from Prehistory to the Middle Ages* Srpsko Arheološko Društvo, Beograd: 117–42.
- ANTONOVIC, D., VUKADINOVIC M. & CICKOVIC A. 2014. Praistorijski rudnik na lokalitetu Prljuša, Mali Šturac: istraživanje 2012. godine, u *Arheologija u Srbiji projekti Arheološkog instituta u 2012. godini*. Beograd: 28–31.
- ANTONOVIC, D., VITEZOVIĆ S. & DIMIC V. 2019. Prljuša, Mali Šturac: Istraživanje 2017. godine., u: *Arheologija u Srbiji projekti Arheološkog instituta u 2014. godini*. Beograd: 23–29.
- BACSKAY, E. & BIRO T.K. 2003. Raw materials, mining and trade. *Hungarian Archaeology at the Turn of the Millennium. Ministry of National Cultural Heritage, Teleki László Foundation, Budapest*: 117–21.
- BALEN, J. 2005. *Sarvaš: neolitičko i eneolitičko naselje* (Katalozi i monografije Arheološkog muzeja u Zagrebu sv. 2 = Musei Archaeologici Zagrabiensis catalogi et monographiae v. 2.) Zagreb: Arheološki muzej u Zagrebu.
- . 2006a. Vučedol - vinograd Streim. *Hrvatski arheološki godišnjak 2/2005*: 43–45.
- . 2006b. *Sarvaš–Neolitičko i eneolitičko naselje/Sarvaš–neolithic and Eneolithic settlement vol. 2* Katalozi i monografije Arheološkog muzeja u Zagrebu
- . 2007. Vučedol - vinograd Streim. *Hrvatski arheološki godišnjak 3/2006*: 63–64.

- . 2010. Eneolitičke kulture na prostoru istočne Hrvatske. Doktorski rad, Zagreb: Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. (neobjavljeni doktorski rad)
- . 2011. *Dakovo - Franjevac: kasno bakrenodobno naselje* (Katalozi i monografije Arheološkog muzeja u Zagrebu = Musei Archaeologici Zagrabiensis catalogi et monographiae sv. 7). Zagreb: Arheološki muzej.
- . 2011. Lasinja-Talijanovo brdo. Hrvatski arheološki godišnjak 7/2010: 335–38.
- . 2013. Viškovci - Gradina. Hrvatski arheološki godišnjak 9/2012: 37–38.
- . 2018a. Badenska kultura, u *Povratak u prošlost: Bakreno doba u sjevernoj Hrvatskoj*: 65–85. Zagreb: Arheološki muzej u Zagrebu, Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Arheološki muzej Osijek.
- . 2018b. Eneolitičke kulture na prostoru istočne Hrvatske. *Izdanja Hrvatskog arheološkog društva, sv. 31*. 65–74.
- BALEN, J. & MIHELIĆ S. 2003. Par srebrnih sjekira iz Starih Jankovaca. *Opuscula archaeologica* 27. Arheološki zavod Filozofskog fakulteta u Zagrebu: 85–96.
- BALEN LETUNIĆ, D. 1998. Bogdanovci u dalekoj prošlosti. U *Bogdanovci u prošlosti i danas*, 7–13. Bogdanovci: Gradski muzej Vukovar, Poglavarstvo općine Bogdanovac.
- BÁTORA, J. 2003. Kupferne Schaftlochhäxte in Mittel-, Ost-und Südosteuropa.(Zu Kulturkontakten und Datierung-Äneolithikum, Frühbronzezeit). *Slovenská archeológia* 51: 1–38.
- BEDNJANEC, L. 2012a. Slavonski Brod - luka (lokalitet Ruščica - Glogove - Praulje) Red. br. 58. *Hrvatski arheološki godišnjak* 8/2011: 126–28.
- . 2012b. Slavonski Brod - luka (lokalitet Ruščica - Glogove - Praulje) Red. br. 59. *Hrvatski arheološki godišnjak* 8/2011: 128–30.
- . 2012c. Slavonski Brod - luka (lokalitet Ruščica - Praulje). *Hrvatski arheološki godišnjak* 8/2011: 130–32.
- BEKIĆ, LUKA. 2006. Gradišće – Čanjevo. *Hrvatski arheološki godišnjak* 2/2005: 126–28.
- BEKIĆ, LUKA, I ROBERT ČIMIN. 2007. „Gradišće – Čanjevo“. *Hrvatski arheološki godišnjak* 3/2006: 137–39.
- BENAC, A. 1959. Slavonska i ilirska kultura na prehistorijskoj gradini Zecovi kod Prijedora. *Glasnik zemaljskog muzeja Bosne i Hercegovine u Sarajevu* XIV.
- BOBOVEC, A. 2003. *Muzej Moslavine Kutina: arheološka zbirka: izložbeni postav: vodič*. Kutina: Muzej Moslavine.
- BOJČIĆ, Z., DIZDAR M., HRŠAK T., I LELEKOVIĆ T. 2009. Bansko brdo - Batina, Zmajevac. *Hrvatski arheološki godišnjak* 5/2008: 7–11.
- BORIĆ, D. 2009. Absolute dating of metallurgical innovations in the Vinča culture of the Balkans. In: Kienlin, T. L. and Roberts, B. W. (ed.) *Metals and Societies: Studies in honour of Barbara S.*

- Ottaway, Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, vol. 169. Bonn: Habelt, pp. 191-245.
- BRNIĆ, Ž. 2006. Predmonetarni sustavi i početak novčane privrede, u S. Mihelić (ed.) *Trgovina i razmjena u pretpovijesti*. Zagreb: Arheološki muzej u Zagrebu. 111–19.
- BULAT. 1967. „Rekognosciranje arheološkog terena od 1. XI 1965. do 1. XI 1967. godine.“ *Osječki zbornik XI*: 357–59.
- BUNTIĆ, A. 2020. Rudarska geobaština Europe i Hrvatske., Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet.
- ČAKANIĆ, D. 2012. „Tipološka analiza keramičkog inventara vučedolske kulture na nalazištu Marićgradina u Mikeluškoj“. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet.
- ČATAJ, L. 2018a. Lasinjska kultura, u *Povratak u prošlost: Bakreno doba u sjevernoj Hrvatskoj*: 25–47. Zagreb: Arheološki muzej u Zagrebu, Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Arheološki muzej Osijek.
- . 2018b. Kultura Retz-Gajary, u *Povratak u prošlost: Bakreno doba u sjevernoj Hrvatskoj*: 49–63. Arheološki muzej u Zagrebu, Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Arheološki muzej Osijek.
- ČATAJ, L., HIRSCHLER I., JANEŠ A., KRMPOTIĆ M., VUKOVIĆ BIRUŠ M., TRBOJEVIĆ VUKIĆEVIĆ T. & KOMŠO D. 2009. Josipovac Punitovački-Veliko polje I. Zaštitna arheološka istraživanja na trasi autoceste A4. Eneolitičko, brončanodobno i srednjovjekovno naselje.
- ČERNYCH, E.N. 1978. Aibunar—a Balkan copper mine of the fourth millennium BC: Investigations of the years 1971, 1972 and 1974. *Proceedings of the Prehistoric Society* 44. Cambridge University Press: 203–17.
- CHILDE, V.G. 1944. Archaeological ages as technological stages. *The Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland* 74.7–24.
- ČOVIĆ, B. 1976. Metalurška djelatnost vučedolske grupe u Bosni. *Godišnjak - Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine. Centar za balkanološka ispitivanja XIII/11*: 105–16.
- . 1984. Praistorijsko rudarstvo i metalurgija u Bosni i Hercegovini — Stanje i problemi istraživanja. *Godišnjak Centra za balkanološka ispitivanja. Akademija Nauka i Umjetnosti Bosne i Hercegovine*: 111–44.
- CRADDOCK, P.T. 1995. *Early metal mining and production*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- . 2000. From hearth to furnace: evidences for the earliest metal smelting technologies in the eastern Mediterranean. *Paléorient*. 151–65.
- CRADDOCK, P.T. & MEEKS, N.D., 1987. Iron in Ancient Copper. *Archaeometry* 29: 187–204.
- DIMIĆ, V.B. 2019. Hammering the past: The experimental (re)construction and usage of prehistoric mining hammerstones from the Prljuša-Mali Šturac site, Rudnik Mountain. *Starinar*: 85–112.
- DIMITRIJEVIĆ, S. 1956. Prilog daljem upoznavanju vučedolske kulture. *Opuscula Archaeologica : Papers of the Department of Archaeology* 1: 1–67.

- 1961. „Problem neolita i eneolita u sjeverozapadnoj Jugoslaviji“. *Opuscula archaeologica* 5 (1): 5–78.
- 1966. Rezultati arheoloških iskopavanja na području vinkovačkog muzeja od 1957. do 1965. godine. *Acta Musei Cibalensis* 1.
- 1977. „Zur Frage der Genese und der Gliederung der Vučedoler Kultur in dem Zwischenstromlande Donau-Drau-Save: äneolitische Studien I = O pitanju geneze i podjele vučedolske kulture u međurječju Dunava, Drave i Save: eneolitske studije I“. *Vjesnik Arheološkog muzeja u Zagrebu* 10–11, br. 1: 1–96.
- 1979a. Badenska kultura. *Praistorija Jugoslavenskih Zemalja III*, Sarajevo: Svjetlost : Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine. 183–234.
- 1979b. Vučedolska kultura i vučedolski kulturni kompleks. *Praistorija Jugoslavenskih Zemalja III*, Sarajevo: Svjetlost : Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine. 267–343.
- 1988. Vučedolski kulturni kompleks gena i podjela, u *Vučedol: treće tisućljeće p. n. e.*: 21–24. Zagreb, Jezuitski trg 4: Muzejski prostor.
- DIMITRIJEVIĆ, S., TEŽAK-GREGL T. & MAJNARIĆ-PANDŽIĆ N. 1998. *Prapovijest* (Povijest umjetnosti u Hrvatskoj knj. 1). Zagreb: Naprijed : Institut za povijest umjetnosti.
- DUJMIĆ, DOMAGOJ. 2007. Prapovijesna topografija Baranje. Diplomski rad, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu. Filozofski fakultet.
- DURMAN, A. 1983. Metalurgija vučedolskog kompleksa. *Opuscula Archaeologica : Papers of the Department of Archaeology* 8: 1–87.
- 1984a. Vučedol 1984. - novi početak sustavnih istraživanja. *Obavijesti Hrvatskog arheološkog društva* 16: 34–38.
- 1984b. Ostava kalupa vučedolskog ljevača bakra iz Vinkovaca. Arheološka istraživanja u istočnoj Slavoniji i Baranji. *Izdanja Hrvatskog arheološkog društva* 9: 37–52.
- 1985. Vučedol '85 – nastavak sustavnih istraživanja na lokalitetu Vinograd Streim. *Obavijesti Hrvatskog arheološkog društva* XVII: 32–33.
- 1987a. 'Vinograd Streim' - četvrta sezona na Vučedolu. *Obavijesti Hrvatskog arheološkog društva* 19: 34–36.
- 1987b. Vučedol '86 - treća sezona sustavnih istraživanja na lokalitetu 'Vinograd Streim'. *Obavijesti Hrvatskog arheološkog društva* 19: 24–25.
- 1988a. Industrija cinabarita u Vinči. *Opuscula archaeologica* 13. Arheološki zavod Filozofskog fakulteta u Zagrebu: 1–9.
- 1988b. Metal u vučedolskom kulturnom kompleksu, u *Vučedol: treće tisućljeće p. n. e.* Zagreb, Kolvićevi dvori: 32–38.
- 1988c. Vučedolska kultura, u *Vučedol: treće tisućljeće p. n. e.* Zagreb, Kolvićevi dvori : 13–20.
- 1991a. Prilog za rekonstrukciju najranije povijesti, u *Dvor na Uni: od prijeslavenskog doba do naših dana*. Dvor na Uni: Skupština općine Dvor na Uni : 89–94.

- . 1991b. Metal u prapovijesnom društvu jugoistočne Europe. Doktorski rad, Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. (neobjavljeni doktorski rad)
- . 1997. Tin in Southeastern Europe? *Opvscvla archaeologica* 21: 7–14.
- . 2000a. Počeci metalurgije na brodskom području. U *Zbornik radova sa znanstvenog skupa o Slavonskom Brodu : u povodu 750. obljetnice prvoga pisanog spomena imena Broda : znanstveni skup održan je od 13. do 15. listopada 1994. u Slavonskom Brodu* Knj. 2: 91–102.
- . 2000b. *Vučedolski Orion i najstariji europski kalendar =: The Vučedol Orion and the Oldest European calendar*. Zagreb, Vinkovci, Vukovar
- . 2006. *Simbol boga i kralja: prvi europski vladari*. Galerija Klovićevi dvori.
- . 2009. Valja nama preko rijeke: misterij i simbolika smrti od mezolitika do brončanog doba, u Petrović - Leš, T. (ed.) *Etnolog Vitomir Belaj: zbornik radova povodom 70. rođendana Vitomira Belaja*: Zagreb: FF press. 235–65.
- (ed.). 2013. *The Oldest Town in Europe. Vinkovci from the Neolithic to this day*. Gradski muzej Vinkovci
- DURMAN, A. & J. BALEN. 2005. Vučedol – vinograd Streim. *Hrvatski arheološki godišnjak* 1/2004: 30–33.
- DURMAN, A. & S. FORENBAHER. 1989. Šesta sezona projekta ‘Vučedol 1984-1990.’ *Obavijesti Hrvatskog arheološkog društva* 21: 33–35.
- DURMAN, A. & B. OBELIĆ. 1989. Radiocarbon Dating of the Vučedol Culture Complex. *Radiocarbon* 31: 1003–9.
- DURMAN, A., J. BALEN & M. HUTINEC. 2003. Nastavak sustavnih istraživanja na lokalitetu Vučedol - vinograd Streim. *Obavijesti hrvatskog arheološkog društva XXXV*: 46.-50.
- DURMAN, A., M. HUTINEC & D. ROKSANDIĆ. 2013. Vučedol - Kukuružište Streim. *Hrvatski arheološki godišnjak* 9/2012: 78–80.
- . 2014. Vučedol - Kukuružište Streim. *Hrvatski arheološki godišnjak* 10/2013: 88–91.
- . 2015. Vučedol - Kukuružište Streim. *Hrvatski arheološki godišnjak* 11/2014: 91–93.
- . 2016a. Rezultati sustavnih arheoloških istraživanja lokaliteta Vučedol-Kukuružište Streim 2016.g. *Okrugli stol o recentnim arheološkim istraživanjima u Vukovarsko-srijemskoj županiji*. (neobjavljeni rad).
- . 2016b. Vučedol - Kukuružište Streim. *Hrvatski arheološki godišnjak* 12/2015: 120–22.
- DURMAN, A., M. HUTINEC, D. ROKSANDIĆ & M. CRNKOVIĆ. 2017. Izvješće o rezultatima sustavnih arheoloških istraživanja nalazišta Vučedol - Kukuružište Streim (V-17/2017) Vučedol – Kukuružište Streim : Muzej vučedolske kulture. (neobjavljeni izvještaj)
- DURMAN, A., M. HUTINEC & D. ROKSANDIĆ. 2018. Izvješće o rezultatima sustavnih arheoloških istraživanja nalazišta Vučedol - Kukuružište Streim (V-17/2018). Vučedol – Kukuružište Streim: Muzej vučedolske kulture. (neobjavljeni izvještaj)

- ĐURIČIĆ, S., & GALIOT, S. 2015. Novi Bolman - Grablje (AN 4). *Hrvatski arheološki godišnjak* 12/2014: 52–54.
- ĐUKIĆ, A. 2018. Kostolačka kultura, u *Povratak u prošlost: Bakreno doba u sjevernoj Hrvatskoj*: 87–111. Arheološki muzej u Zagrebu, Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Arheološki muzej Osijek.
- ĐURKOVIĆ, B., J. VINOKIĆ & R. VURDELJA. 1963. Bakar. *Tehnička enciklopedija (1963-1997)* (sv. 1). Zagreb: Leksikografski zavod Miroslav Krleža.
- EVANS, A.M. 2001. *Ore geology and industrial minerals: an introduction*. 3. ed., reprinted (Geoscience Texts). Oxford: Blackwell Science.
- FORENBAHER, S. 1993. Radiocarbon dates and absolute chronology of the central European Early Bronze Age. *Antiquity* 67: 218–56.
- . 1994. The Late Copper Age Architecture at Vučedol, Croatia. *Journal of Field Archaeology* 21: 307–23.
- FILIPEC, K., ŠIŠA VIVEK, M. & ROKSANDIĆ D. 2009. Josipovac – Verušed (AN 15). *Hrvatski arheološki godišnjak* 5/2008: 30–33.
- FRANIĆ, M. 2015. Mineraloški i kemijski sastav evaporita iz Ruda, Samoborska Gora. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet
- GALE, I. 2002. Vučedolsko naselje na Ervenici u Vinkovcima. *Vjesnik Arheološkog Muzeja u Zagrebu* Vol. XXXV, ser.3: 53–58.
- GARAŠANIN, M. 1979. Centralnobalkanska zona. Vinčanska grupa, u *Praistorija jugoslavenskih zemalja II*: 144–211. Sarajevo: Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Centar za balkanološka ispitivanja.
- . 1982. The Eneolithic period in the Central Balkan Area, U Sollberger, E., Edwards, I.E.S., Boardman J. & Hammond N.G.L. (ed.) *The Cambridge Ancient History*, 2nd ed., 3 (The Cambridge Ancient History). Cambridge: Cambridge University Press: 136–62
- GARRISON, E. 2016. *Techniques in Archaeological Geology*. 2nd ed. (Natural Science in Archaeology). Cham: Springer International Publishing : Imprint: Springer.
- GLOGOVIĆ, D. 2004. O diskovima Stollhof - Csaforđ iz Hrvatske. *Osječki zbornik* 27: 9–15.
- GREGL, Z. & ŠKOBERNE, Ž. 2002. *Žumberak: od prapovijesti do kasne antike*. Zagreb: Arheološki muzej u Zagrebu.
- GUŠTIN, M. 2006. Prvi vladari između Egejskog i Jadranskog mora, u *Simbol boga i kralja: prvi europski vladari*: 87–98. Galerija Klovićevi dvori.
- HALAMIĆ, J. & S. MIKO. 2009. *Geokemijski atlas Republike Hrvatske = Geochemical atlas of the Republic of Croatia*. Zagreb: Hrvatski geološki Institut
- HANSEN, S. 2011. Metal in South-Eastern and Central Europe between 4500 and 2900 B.C.E. *Anatolian Metal V. Montanhistorische Zeitschrift, Der ANSCHNITT, Beiheft* 24: 137–49.

- . 2013. Innovative metals: copper, gold and silver in the Black Sea Region and the Carpathian Basin During the 5th and 4th Millennium BC. *Metal Matters. Innovative Technologies and Social Change in Prehistory and Antiquity*. Marie Leidorf Rahden/Westf, 137–70.
- HAUPTMANN, A. 2007. *The archaeometallurgy of copper: evidence from Faynan, Jordan*. Springer Science & Business Media.
- HEINRICH, C.A. & F. NEUBAUER. 2002. Cu – Au – Pb – Zn – Ag metallogeny of the Alpine – Balkan – Carpathian – Dinaride geodynamic province. *Mineralium Deposita* 37: 533–40.
- HORNOK, P. & P. KISS. 2017. A Balaton-Lasinja-kultúra települése és kincslelete Magyarországon. *Archaeologiai Értesítő* 142. Akadémiai Kiadó: 239–53.
- HUTINEC, M. 2008. Kanal Dunav - Sava (op. Vukovar, Trpinja, Bogdanovci). *Hrvatski arheološki godišnjak* 4/2007: 56–58.
- . 2011. Vučedol – Gradac. *Hrvatski arheološki godišnjak* 7/2010: 94–97.
- . 2012. Vučedol - vinograd Streim. *Hrvatski arheološki godišnjak*: 92–95.
- HUTINEC, MIRELA, I MAJA BUNČIĆ. 2006. „Bogdanovci - Voćnjak“. *Hrvatski arheološki godišnjak* 2/2005: 25–26.
- HUTINEC, M. & D. ROKSANDIĆ. 2019. Izvješće o rezultatima sustavnih arheoloških istraživanja nalazišta Vučedol - Kukuružište Streim (V-17/2019). Vučedol – Kukuružište Streim: Muzej vučedolske kulture. (neobjavljeni izvještaj)
- JANEŠ, ANDREJ, & MARIJANA KRMPOTIĆ. 2015. „Osijek - Ciglana i Zeleno polje“. *Hrvatski arheološki godišnjak* 12/2014: 60–61.
- JELENC, D. 1953. *O raziskovanju mineralnih surovin v LR Sloveniji: Searching for mineral-raw-materials in Slovenia*.
- JERŠEK, M., HERLEC, U., ŽORŽ, M., MLINAR, C., PLANINA, T., GRM, M. & HAJNA, N.Z. 2007. *Mineralna bogastva Slovenije*. Prirodoslovni muzej Slovenije.
- JOVANOVIĆ, B. 1971a. *Metallurgy of the eneolithic period in Yugoslavia*. Arheološki institut.
- . 1971b. *Metalurgija eneolitskog perioda Jugoslavije* (Posebna izdanja / Arheološki institut vol. 9). Beograd: Arheološki institut.
- . 1978. The oldest copper metallurgy in the Balkans: A Study of the Diffusion of Copper from Asia Minor to Southeastern Europe. *Expedition* 21. University Museum of the University of Pennsylvania: 9–16.
- . 1979. Rudarstvo i metalurgija eneolitskog perioda Jugoslavije, U *Praistorija Jugoslavinskih Zemalja*, III: 27–85. Sarajevo: Svjetlost : Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine.
- . 1980. The Origins of Copper Mining in Europe. *Scientific American* 242. Scientific American, a division of Nature America, Inc.: 152–67.
- . 1999. Poreklo rudarske tehnike ranog eneolita na centralnom Balkanu., u *Radovi sa simpozijuma rudarstvo i metalurgija Bosne i Hercegovine od prahistorije do početka XX vijeka u Zenici*. Zenica: Izdanja Muzeja grada Zenice: 119–32.

- . 2002. Metalurgija bakra eneolitskog perioda na Centralnom i Zapadnom Balkanu. *Godišnjak Centra za balkanološka ispitivanja*. Akademija Nauka i Umjetnosti Bosne i Hercegovine: 133–40.
- JOVANOVIĆ, B. & OTTAWAY, B.S. 1976. Copper mining and metallurgy in the Vinča group. *Antiquity* 50. Cambridge University Press: 104–13.
- JURIŠIĆ, M. 1988. Prehrana u vučedolskoj kulturi, u *Vučedol: treće tisućljeće p. n. e. = Vučedol: three thousand years b.c.* Zagreb, Jezuitski trg 4: Muzejski prostor.
- JURKOVIĆ, I. 1993. Mineralne sirovine sisačkog područja. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik* 5. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu: 39–58.
- . 2003. Metalogenija južne Tisije - Moslavačka Gora, Pšunj, Papuk, Krndija. *Rudarsko-Geolosko-Naftni Zbornik* 15.
- . 2004. Metallogeny of Eocene syncollisional granites of Motajica and Prosara Mountains. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik* 16. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu: 31–46.
- . 2005. Magnetite-hematite iron ore occurrences in the triassic-paleozoic metamorphic complex of Medvednica mountain, Croatia. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik* 17. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu: 1–14.
- KARAVANIĆ, S. 2006. Prerada i proizvodnja metala u naselju Mačkovac-Crišnjevi (Nova Gradiška). *Prilozi Instituta za arheologiju u Zagrebu* 23. Institut za arheologiju: 29–52.
- KATALINIĆ, F. 2020. Rudarska i geološka baština Ruda kraja Samobora. Završni rad. Sveučilište u Zagreb Rudarsko-geološko-naftni fakultet.
- KILLICK, D. & FENN, T. 2012. Archaeometallurgy: the study of preindustrial mining and metallurgy. *Annual Review of Anthropology* 41: 559–75.
- KOROŠEC, P. & KOROŠEC, J. 1969. *Najdbe s koliščarskih naselbin pri Igu na Ljubljanskem barju [sloven.u.dt.] Fundgut der Pfahlbausiedlungen bei Ig am Laibacher Moor.*
- KOŠČEC, B., MARIJANOVIĆ, P., MARUŠIĆ, R. & RIZEN, V. 1988. Rudarstvo, istražni radovi. *Tehnička enciklopedija (1963-1997)* (sv. 11). Zagreb: Leksikografski zavod Miroslav Krleža.
- KRZNARIĆ ŠKRIVANKO, MAJA. 2007. Vinkovačko područje. *Hrvatski arheološki godišnjak* 3/2006: 48–51.
- KUNZE, R., ABELE, J., LESHTAKOV, P., DIMITROV, K., KRAUß R. & RÖDEL. T. 2018. Archaeometallurgical prospections in the highlands of Medni Rid, southeastern Bulgaria: Preliminary report on fieldwork 2013–2015 with a focus upon remote sensing methods by means of LiDAR. *Journal of Archaeological Science: Reports* 19. Elsevier: 596–617.
- LAZIĆ, L. & BRODARAC, Z. 2019. Povijesni pregled metalurških aktivnosti na tlu Republike Hrvatske. *Annual of the Croatian Academy of Engineering* 2019. Akademija tehničkih znanosti Hrvatske (HATZ): 251–67.

- LAZIĆ, L., DURMAN, A. & LAZIĆ, S. 2010. Povijesni pregled rudarstva i metalurgije na području Zrinske i Trgovske gore. *Zrinska gora regionalni park prirode*, 56–71.
- LEGHISSA, E. 2018. Od prve fotografije do prve radiokarbonske datacije. Vučedolska kolišćarska naselbina na Ljubljanskem barju, u M. Črešnar & M. Vinazza (ed.) *Srećanja in vplivi v raziskovanju bronaste in železne dobe na Slovenskem: Zbornik prispevkov v čast Bibi Teržan*. Ljubljana: 39–52.
- LOS, DŽ. 2015. Beli Manastir - Popova zemlja (AN2). *Hrvatski arheološki godišnjak* 12/2014: 19–22.
- LOZUK, J. 1993. Arheološka topografija broskog Posavlja. *Arheološka istraživanja u Slavenskom Brodu i Brodskom Posavlju, Izdanja HAD* 16 (1991): 31–38.
- . 2000. „O kontinuitetu naseljavanja broskog područja“. *Zbornik radova sa znanstvenog skupa o Slavenskom Brodu: u povodu 750. obljetnice prvoga pisanog spomena imena Broda: znanstveni skup održan je od 13. do 15. listopada 1994. u Slavenskom Brodu* Knj. 2: 33–38.
- . 2006. Saloš kraj Donje Vrbe, u A. Durman (ed.) *Stotinu hrvatskih arheoloških nalazišta*, Zagreb: Leksikografski zavod Miroslav Krleža : 228–29.
- LOŽNJAK DIZDAR, D. & M. DIZDAR. 2014. Cesta Kneževi Vinogradi - Zmajevac (rekonstrukcija D-212). *Hrvatski arheološki godišnjak* 10/2013: 13–14.
- . 2015. Sotin i Opatovac, probna arheološka istraživanja višeslojnih nalazišta 2014. godine. *Annales Instituti Archaeologici XI*. Institut za arheologiju: 9–13.
- LUDAJČ, N. 2005. Metalurška radionica sa Velike gradine u Varvari. *Glasnik Zemaljskog muzeja Bosne i Hercegovine u Sarajevu: Arheologija*. Zemaljski muzej Bosne i Hercegovine: 59–77.
- MACAN, J. 2015. Imenje i nazivlje u kemiji i kemijskom inženjerstvu: U rudniku riječi. *Kemija u industriji: Časopis kemičara i kemijskih inženjera Hrvatske* 64. Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa: 292–93.
- MADIRACA, V. 2012. Brekinjova kosa - kamenolom Bojna. *Hrvatski arheološki godišnjak* 8/2011: 297–98.
- MARIČEVIĆ, N. 2017. Određivanje teških metala u morskom sedimentu Dubrovačkog akvatorija: diplomski rad. Master's thesis, University of Split. Faculty of Chemistry and Technology. Division of Chemistry.
- MARIJAN, BOŠKO. 2002. Jedan nalaz vučedolske kulture iz Županjske Posavine. *Osječki zbornik* 26: 9–26.
- MARIJANOVIĆ, B. 1997. Vučedolska kultura na istočnoj Jadranskoj obali. *Godišnjak Centra za balkanološka ispitivanja*. Akademija Nauka i Umjetnosti Bosne i Hercegovine: 31–41.
- . 2003. *Eneolitik i eneolitičke kulture u Bosni i Hercegovini*. Mostar: Sveučilište u Mostaru, Pedagoški fakultet, Odsjek za arheologiju i povijest umjetnosti.
- MARKOVIĆ, Z. 1981. *Vučedolska kultura u sjeverozapadnoj Hrvatskoj*. Ljubljana: Slovenska akademija znanosti in umetnosti.

- , 1994. *Sjeverna Hrvatska od neolita do brončanog doba: problem kontinuiteta stanovništva i kultura sjeverne Hrvatske od ranog neolita do početka brončanog doba*. Koprivnica: Muzej grada Koprivnice.
- , 2002. Ranobrončanodobna faza vučedolske kulture u zapadnoj Bosni i sjevernoj Hrvatskoj. *Godišnjak - Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine. Centar za balkanološka ispitivanja* XXXII/30: 141–60.
- MARUŠIĆ, R. 1988. Rudarstvo. *Tehnička enciklopedija (1963-1997)* (sv. 11). Zagreb: Leksikografski zavod Miroslav Krleža.
- MATAS, M. & Z. BRAIČIĆ. 2010. Osnovne geografske osobine Banovine i Zrinske gore. *Zrinska gora: regionalni park prirode*, 18–31.
- MIHELIC, S. 2006. Sirovinska osnova pretpovijesne trgovine, u S. Mihelić (ed.) *Trgovina i razmjena u pretpovijesti*: 71–78. Zagreb: Arheološki muzej u Zagrebu.
- MILOGLAV, I. 2016. *Keramika u arheologiji - Lončarstvo vučedolske kulture na vinkovačkom području =: Ceramics in Archaeology - Pottery of the Vučedol Culture in the Vinkovci Region* (Acta musei cibalensis 7. Nova serija br. 5). Vinkovci : Zagreb: Gradski muzej ; Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet (FF-press).
- , 2018. Vučedolska kultura, u *Povratak u prošlost: Bakreno doba u sjevernoj Hrvatskoj*: 113–45. Arheološki muzej u Zagrebu, Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Arheološki muzej Osijek.
- MINICHREITER, K. 1987. *Arheološko blago Baranje / Archeological treasure of Baranja*. Osijek: Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zavod za znanstveni rad u Osijeku.
- MITROVIĆ, J. & VITEZOVIĆ, S. 2017. Zók revisited: Excavations of D. Karapandžić at Zók in 1920. *Yearbook Of Janus Pannonius Museum / Jahrbuch Des Janus-Pannonius-Museums/A Janus Pannonius Múzeum Évkönyve*: 179–90.
- NIKOLIĆ, D. 2000. *Kostolačka kultura na teritoriji Srbije*. Beograd: Univ., Fil. Fak., Centar za Arheološka Istraživanja.
- O'BRIEN, W. 2013. Bronze Age copper mining in Europe. (ed.)A. Harding & H. Fokkens *The Oxford handbook of the European Bronze Age*, 438–53.
- O'BRIEN, W. 2014. *Prehistoric Copper Mining in Europe: 5500-500 BC*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- OTTAWAY, B.S. 2001. Innovation, production and specialization in early prehistoric copper metallurgy. *European Journal of Archaeology* 4. Taylor & Francis: 87–112.
- OTTAWAY, B.S. & B. ROBERTS. 2008. The emergence of metalworking. *Prehistoric Europe: theory and practice*. Wiley-Blackwell, Oxford, 193–225.
- PALINKAŠ, L.A., BOROJEVIĆ ŠOŠTARIĆ, S. STRMIĆ PALINKAŠ, S., PROCHASKA, W., SPANGENBERG, J., CUNA S. & ŠINKOVEC, B. 2010. Permian–polysulphide–siderite–barite–haematite deposit

- Rude in Samoborska Gora Mts., Zagorje–Transdanubian zone of the Inner Dinarides. *Geologia Croatica* 63. Hrvatski geološki institut: 93–115.
- PANZA, P. 2016. Metalurgija rane bronce na prostoru Hrvatske. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet.
- PAULIN, A. 1982. Metalurgija. *Tehnička enciklopedija (1963-1997)* (sv. 8). Zagreb: Leksikografski zavod Miroslav Krleža.
- PEHARDA, I. 2015. Humščak. *Hrvatski arheološki godišnjak* 12/2014: 248–49.
- PERNICKA, E. 2014. The development of metallurgy in western Anatolia, the Aegean and southeastern Europe before Troy, u *Western Anatolia before Troy. Proto-Urbanisation in the 4th Millennium BC? Proceedings of the International Symposium held at the Kunsthistorisches Museum Wien Vienna, Austria, 21-24 November, 2012*: 447–61.
- PERNICKA, E. & ANTHONY, D.W. 2010. The invention of copper metallurgy and the Copper Age of old Europe, u D.W. Anthony (ed.) *The Lost World of Old Europe: The Danube Valley, 5000–3500 BC*: 162–77. New York, Princeton: Institute for the Study of the Ancient World.
- PERNICKA, E., REHREN, T. & S. SCHMITT-STRECKER. 1998. Late Uruk silver production by cupellation at Habuba Kabira, Syria. *Metallurgica Antiqua, der Anschnitt*, 8: 123–34.
- PIKIJA, M., LAZIĆ S. & ŠIKIĆ K. 2010. Geološka obilježja Zrinske gore. *Zrinska gora–regionalni park prirode, Biblioteka Naš okoliš, Petrinja*, 32–49.
- POTKONJAK, A. 2015. Zlato u Ludvić potoku Samoborskog gorja. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu Rudarsko-geološko-naftni fakultet
- POTREBICA, H. 2012. Požeška kotlina – europsko kulturno središte (arheološka perspektiva). *Radovi Zavoda za znanstveni i umjetnički rad u Požegi*: 187–208.
- PRAVIDUR, A. 2014. Metal u životu prapovijesnih zajednica na tlu Bosne i Hercegovine. Doktorski rad. Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet
- RADIOJEVIĆ, M. & KUZMANOVIĆ-CVETKOVIĆ, J. 2014. Copper minerals and archaeometallurgical materials from the Vinča culture sites of Belovode and Pločnik: overview of the evidence and new data. *Starinar*: 7–30.
- RADIOJEVIĆ, M. & REHREN, T. 2016. Paint it black: the rise of metallurgy in the Balkans. *Journal of Archaeological Method and Theory* 23. Springer: 200–237.
- RADIOJEVIĆ, M., REHREN, T. PERNICKA, E., ŠLJIVAR, D., BRAUNS M. & BORIĆ D.. 2010. On the origins of extractive metallurgy: new evidence from Europe. *Journal of Archaeological Science* 37: 2775–87
- RAJKOVIĆ, D. 2018. Eneolitička faza sopotske kulture - kraj neolitika i početak eneolitika na području sjeveroistočne Hrvatske, u *Povratak u prošlost: Bakreno doba u sjevernoj Hrvatskoj*: 19–23. Arheološki muzej u Zagrebu, Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Arheološki muzej Osijek.

- RAJKOVIĆ, D. & BALEN, J. 2016. *Sarvaš: neolitičko i eneolitičko naselje II*. Osijek, Zagrebu: Museum of Slavonia and Archaeological Museum in Zagreb.
- RENFREW, C. 1969. The autonomy of the south-east European Copper Age., u *Proceedings of the Prehistoric Society*, 35: 12–47. Cambridge University Press.
- RUMENJAK, D. 2004. Neka pitanja o dobivanju bakra u predindustrijskoj metalurgiji. *Kemija u industriji : časopis kemičara i tehnologa Hrvatske* 53: 167–74.
- SALAJIĆ, S. 1993. „Zbirka arheologa amatera Vjekoslava Dukića“. *Arheološka istraživanja u Slavanskom Brodu i Brodskom Posavlju, Izdanja HAD* 16 (1991)
- SAVA, V. 2015. *Neolithic and Eneolithic in the Lower Mureş Basin*. Mega Publishing House.
- SCHMIDT, R.R. 1945. *Die Burg Vučedol*. Zagreb: Der Kroatischen Archaeologischen Staatsmuseums.
- SHERRATT, A. 1981. Plough and pastoralism: aspects of the secondary. *Pattern of the Past: Studies in the Honour of David Clarke*. Cambridge University Press, 261.
- SIKLÓSI, Z. & SZILÁGYI, M. 2019. New data on the provenance of copper finds from the Early-Middle Copper Age of the Great Hungarian Plain. *Archaeological and Anthropological Sciences* 11. Springer: 5275–85.
- SIMIĆ, V. 1951. *Istoriski razvoj našeg rudarstva*. Beograd: Izdavačko-štamarsko preduzeće Saveta za energetiku i ekstraktivnu industriju Vlade FNRJ.
- SKELAC, G. 1997. Prapovijesno nalazište Slavča. *Opuscula archaeologica* 21: 217–33.
- SLAVCHEV, V. 2010. *The Varna Eneolithic cemetery in the context of the Late Copper Age in the East Balkans*.
- SOKAČ-ŠTIMAC, D. 2013. Stari Grad Velika. *Hrvatski arheološki godišnjak* 9/2012: 184–85.
- SOLECKI, R.S. 1969. A Copper Mineral Pendant from Northern Iraq. *Antiquity* 43. Cambridge University Press: 311–14.
- SOLTER, A. 2018. Istraživanja na Vučedolu 1897. i 1938. godine – crtice iz arheiva Arheološkog Muzeja u Zagrebu., u *Izdanja Hrvatskog arheološkog društva, svezak 31*, Svezak 31: 159–74. Vukovar: Hrvatsko arheološko društvo, Gradski muzej Vukovar.
- ŠEBEČIĆ, B. 2000. O rudarskom poduzetništvu u Banovini (Hrvatska). *Rudarsko-geološko-naftni zbornik* 12. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu: 99–124.
- . 2001. Hrvatski i međunarodni bakreni i solni putevi u dijelu Europe. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik* 13. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu: 73–86.
- ŠIMEK, M. 2012. Humšćak. *Hrvatski arheološki godišnjak* 8/2011: 222–24.
- ŠINKOVEC, B. 1988. Rudna ležišta (rudišta). *Tehnička enciklopedija (1963-1997)* (sv. 11). Zagreb: Leksikografski zavod Miroslav Krleža.
- ŠINKOVEC, B., PALINKAŠ, L. & DURN, G. 2000. Pojava olovno-cinkane rude na Ivanščici kod Ivanca (Hrvatska). *Rudarsko-geološko-naftni zbornik* 12. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu: 11–14.

- ŠKILJAN, FILIP. 2008. *Kulturno-historijski spomenici Banije: s pregledom povijesti Banije od prapovijesti do 1881. godine*. Zagreb: Srpsko Narodno Vijeće.
- . 2009. *Kulturno-historijski spomenici Korduna s pregledom povijesti Korduna od prapovijesti do 1881. godine*. Sv. 8. Srpsko narodno vijeće.
- . 2010. *Kulturno-historijski spomenici zapadne Slavonije: s pregledom povijesti zapadne Slavonije od prapovijesti do 20. stoljeća*. Srpsko Narodno Vijeće.
- . 2011. *Kulturno-historijski spomenici Moslavine i kalničko-bilogorskog prigorja*. Zagreb: Srpsko narodno vijeće.
- ŠLJIVAR, D. 2006. The earliest copper metallurgy in the central Balkans. *Metalurgija* 12: 93–104.
- ŠLJIVAR, D. KUZMANOVIĆ-CVETKOVIĆ, J. & ŽIVOKOVIĆ, J. 2012. Belovode, Plocnik: on copper metallurgy in the Vinca culture. *Zbornik Narodnog Muzeja (Beograd)* 20: 27–46.
- ŠMAJGL, D. 2014. Bakarna rudna pojava kod Kraljičinog zdenca, Medvednica. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek.
- ŠMAJGL, D., PALINKAŠ, L.A., MAVRIĆ, D. & BERMANEC, V. 2014. Supergene processes in the copper mineralisation at the Kraljičin zdenac on the Medvednica Mt., u *Acta Mineralogica-Petrographica, Abstract Series*, 8: 116.
- ŠPOLJAR, D. 2015. „Radoboj -Hajdine zerne, Plat“. *Hrvatski arheološki godišnjak* 12/2014: 275–76.
- TASIĆ, N. 1959. Praistorijsko naselje kod Dobanovaca i prilog proučavanju badenske grupe u Vojvodini. *Starinar n.s.* IX–X: 227–40.
- . 1979. Kostolačka kultura. *Praistorija Jugoslavenskih Zemalja III*, Sarajevo: Svjetlost : Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine. 235–66.
- . 1995. *Eneolithic cultures of central and west Balkans*. Beograd: Draganić.
- TEŽAK-GREGL, T. 1987. Prilog poznavanju metalne produkcije badenske kulture. *Opuscvla archaeologica* 11–12: 73–81.
- . 2006. Eneolitik, u S. Mihelić (ed.) *Trgovina i razmjena u pretpovijesti*: 33–38. Zagreb: Arheološki muzej u Zagrebu.
- . 2017. *Hrvatske zemlje od starijega kamenog do bakrenog doba* (Prapovijest Hrvatskih Zemalja sv. 1). Zagreb: Leykam international.
- . 2018. Uvod, u *Povratak u prošlost: Bakreno doba u sjevernoj Hrvatskoj*: 7–17. Zagreb: Arheološki muzej u Zagrebu, Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Arheološki muzej Osijek.
- TOMAŠEVIĆ, S. 2015. Pirometalurški postupci dobivanja bakra. PhD Thesis, University of Zagreb. Faculty of Metallurgy.
- TRAMPUŽ-OREL, N. 1988. Povijest istraživanja vučedolske kulture na Ljubljanskom Barju, u *Vučedol: treće tisućljeće p. n. e. = Vučedol: three thousand years b.c.*: 39–40. Zagreb, Galerija Klovićevi dvori.
- TRESIĆ PAVIČIĆ, D. 2014. Osijek - Frigis 1 (AN 2). *Hrvatski arheološki godišnjak* 10/2013: 23–25.

- TRIGGER, B.G. 2006. *A History of Archaeological Thought*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- VELUŠČEK, A. 1999. „Neolithic and Eneolithic investigations in Slovenia“. *Arheološki vestnik* 50.
- (ed.). 2004a. *Hočevarica: Eneolitsko kolišče na Ljubljanskem barju/An eneolithic pile dwelling in the Ljubljansko barje* (OPERA INSTITUTI ARCHAEOLOGICI SLOVENIAE 8). Založba ZRC.
- 2004b. Past and present lake-dwelling studies in Slovenia Ljubljansko barje (the Ljubljana Marsh). *Living on the lake in prehistoric Europe: 150 years of lake-dwelling research*. Routledge, 69–97.
- 2008. Doneski k raziskovanju metalurške dejavnosti na Ljubljanskem barju. *Prilozi Instituta za arheologiju u Zagrebu* 25. Institut za arheologiju: 33–46.
- VITEZOVIĆ, S. 2019. Manufacturing antler in the Late Vučedol culture: The case study of Zók., u *7th International Scientific Conference MetArh - Methodology and Archaeometry*.
- VRKLJAN, D. 2019. Zaštita hrvatske rudarsko-geološke materijalne baštine. *Annual of the Croatian Academy of Engineering* 2019. Akademija tehničkih znanosti Hrvatske (HATZ): 485–500.

< Vučedol culture metallurgy: sources and their raw materials >

XVI SAŽETAK/SUMMARY

SAŽETAK:

Metalurgija nije bila iznenadno otkriće i za njezin razvoj potreban je cijeli paket novih tehnologija. Kroz diplomski rad prikazana je evolucija metalurških djelatnosti i rudarstva bakra i bakrenih ruda. Glavni fokus rada je prostor jugoistočne Europe i vučedolska kultura. Istražene su dosadašnje spoznaje i hipoteze o bakreno – prerađivačkoj djelatnosti unutar vučedolske kulture i njena uloga u razvoju metalurške tehnologije. U širem kontekstu, istražen je njen utjecaj na oblikovanje bakrenog i uzdizanje brončanog doba. Izrađena je karta svih poznatih vučedolskih lokaliteta i karta dostupnih te potencijalnih izvora bakra. Na osnovu tih karata rekonstruirani su smjerovi širenja i kretanja kulture, komunikacijski i trgovački putevi. Svrha rada je utvrditi opskrbno prerađivačku mrežu kojom cirkulira bakrena sirovina te istražiti kako su izvori bakra utjecali na oblikovanje te mreže.

Ključne riječi: metalurgija, tehnologija, ležišta bakra i bakrene rude, vučedolska kultura, komunikacijski i trgovački putevi

SUMMARY:

Metallurgy wasn't a sudden discovery and its development required a whole package of new technologies. In this thesis, the evolution of metallurgical activities and mining of copper and its ores is presented. The main focus of thesis is the area of Southeast Europe and Vučedol culture. The knowledge and hypotheses about the processing copper within the Vučedol culture and its role in the development of metallurgical technology are investigated. In a broader context, its influence on the formation of the Copper Age and the rise of the Bronze Age has been investigated. A map of all known Vučedol sites and a map of available and potential copper sources were made. Based on these maps, the culture's spreading directions, communication and trade routes were reconstructed. The purpose of this paper is to find the supply and processing network through which copper's raw material circulates and to investigate how copper sources influenced the design of this network.

Keywords: metallurgy, technology, copper and copper ore deposits, Vučedol culture, communication and trade routes