

Nove arheološke raziskave na Cvingerju pri Dolenjskih Toplicah in njihov doprinos k poznavanju železarstva v jugovzhodni Sloveniji v starejši železni dobi

Recent archaeological investigations at Cvinger near Dolenjske Toplice and their importance for the research of the Early Iron Age ironworking in south-eastern Slovenia

© Matija Črešnar

Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo in Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije, Center za preventivno arheologijo, matija.cresnar@gmail.com

© Manca Vinazza

Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo, manca.vinazza@gmail.com

© Jaka Burja

Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Odsek za kovinske materiale in tehnologije, jaka.burja@imt.si

Izvleček: V prispevku predstavljamo nekaj novosti, povezanih z železarstvom v starejši železni dobi v jugovzhodni Sloveniji. Izhajajo iz sistematičnih interdisciplinarnih raziskav, ki v zadnjih letih potekajo na najdišču Cvinger pri Dolenjskih Toplicah in so med drugim usmerjene tudi v raziskave prazgodovinskega železarstva. Prispevek ob tem vključuje tudi kratko zgodovino raziskav železarstva v starejši železni dobi v jugovzhodni Sloveniji in predstavitev nekaterih najbolj pomembnih najdišč, ostalin in najdb tega časa in prostora, povezanih z obravnavano temo. V nadaljevanju primašamo pregled osnovnih tehnoloških procesov pri prazgodovinskem železarstvu, podkrepljen z rezultati naših raziskav.

Ključne besede: starejša železna doba, železarstvo, jugovzhodna Slovenija, Cvinger pri Dolenjskih Toplicah, talilne peči za železo, žlindra, škaja

Uvod

Dolenska halštatska skupina je ena najbolj raziskanih in zato prepoznavnejših regionalnih skupin vzhodnega halštatskega kroga. Zaradi njenega bogastva, ki se najbolj jasno zrcali v pogrebnih opravah in pridatkih v grobovih prebivalstva, se je v stroki uveljavil tudi izraz »cvetoči dolenski halštat«. Ta pa naj bi osnove svojega blagostanja črpal predvsem iz razvitega železarstva. Zato je nenavadno, da tako pomembnemu vidiku železnodobne družbe, kot je železarstvo, ki naj bi pomembno vplivalo tudi na gospodarski razvoj tistega časa, doslej ni bilo posvečenega več sistematičnega raziskovalnega dela.¹

V okviru raziskovalnih projektov smo se v preteklih letih usmerili predvsem v interdisciplinarne študije več

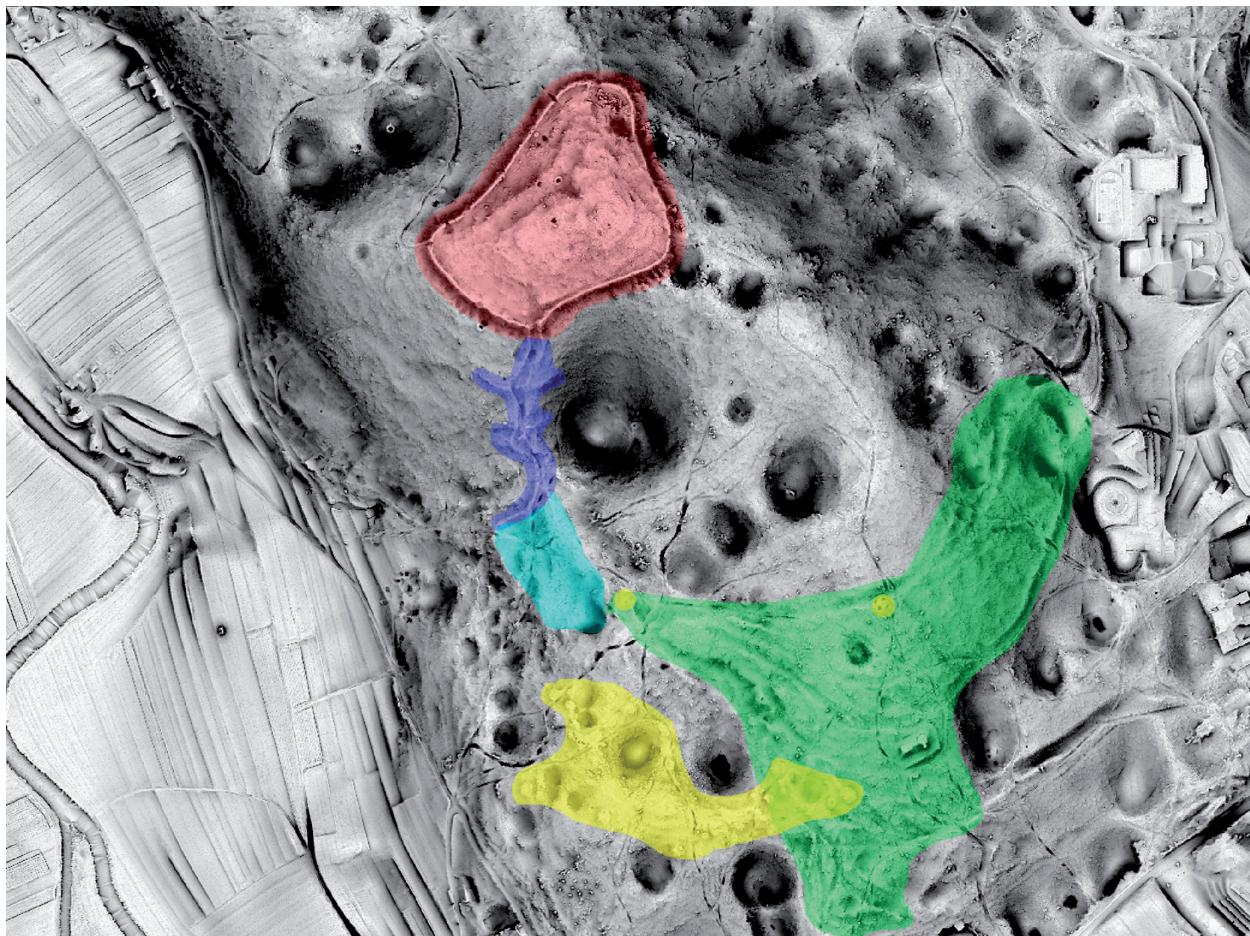
Abstract: The article summarises the recent results of our research on the ironworking in the Early Iron Age in south-eastern Slovenia, mainly those of the systematic interdisciplinary investigations at Cvinger near Dolenjske Toplice in part aimed exactly at studying the prehistoric iron production. The article also provides a short history of research into the iron production in south-eastern Slovenia and presents some of the most important sites, remains and finds from this region and period connected with the activity. Finally, it illuminates the basic technological processes of prehistoric iron production as revealed by recent findings.

Keywords: Early Iron Age, iron production, south-eastern Slovenia, Cvinger near Dolenjske Toplice, iron smelting furnaces, slag, hammerscale

pomembnih železnodobnih najdišč z njihovo bližnjo okolico. Tako smo med drugim raziskovali Poštelo pri Mariboru (glej npr. Mlekuž, Črešnar 2014; Mušiče et al. 2014; Medarić et al. 2016), Čreto nad Slivnico, Novine pri Šentilju in Plački vrh (Črešnar et al. 2015) na Štajerskem ter Veliki Vinji vrh (Mason, Mlekuž 2016), Cvinger pri Dolenjskih Toplicah in Dolenje Gradišče na Dolenskem. Tokratni prispevek temelji predvsem na ugotovitvah, ki izhajajo iz naših raziskovalnih aktivnosti na Cvingerju pri Dolenjskih Toplicah, ki je zaradi svojih značilnosti vzpodbudil vrsto novih razmišljjanj in prilagoditev pri uporabljenem raziskovalnem pristopu (Mušič et al. 2015).

Večina raziskav sledi načelu, da uporabljamo predvsem nedestruktivne metode, kot so metode daljinskega zaznavanja in geofizikalne metode. Na izbranih območjih nato izkopavamo manjše testne sonde, s katerimi odgovarjamamo na vnaprej zastavljenata vprašanja, ki izhajajo iz predhodnih

¹ Zadnji pregled o začetkih železa na Slovenskem je nedavno objavila N. Trampuž Orel, kjer je povzela nekatere dosedanje ugotovitve (Trampuž Orel 2012).



Slika 1. Arheološko območje Cvinger pri Dolenjskih Toplicah na senčenem digitalnem modelu reliefa: rdeča – gradišče, temno modra – utrjena pristopna pot, svetlo modra – metalurško območje, rumena – gomilno grobišče in posamezne gomile, zelena – ugreznjene poti (izvedba: D. Mlekuž, M. Črešnar).

Figure 1. Archaeological area of Cvinger near Dolenjske Toplice on a shaded digital terrain model: red – hillfort, dark blue – embanked entrance path, light blue – iron production area, yellow – barrow mound cemetery and individual barrow mounds, green – holloways (preparation: D. Mlekuž, M. Črešnar).

analiz. Raziskave ob tem ne usmerjamo le na poznana arheološka najdišča in območja, temveč želimo zaobjeti širšo okolico ter tako spoznati logiko razporeditve poselitve in izrabe prostora (glej npr. Črešnar *et al.* 2015).

V letu 2014 smo za območje arheološkega kompleksa Cvinger pri Dolenjskih Toplicah pridobili podatke namenskega zračnega laserskega skeniranje (ZLS) oz. lidarja.² Že po preliminarni analizi pridobljenih podat-

kov je postalo jasno, da je arheološka krajina okoli gradišča na Cvingerju precej kompleksnejša, kot je bilo znano dotlej (Dular, Križ 2004). Sledilo je terensko preverjanje

Transformations in Iron Age Europe), ki ga je vodil Ian Armit z Univerze v Bradfordu, v sodelovanju z Univerzo v Zagrebu z vodjo Hrvojem Potrebico in Univerzo v Ljubljani z vodjo Matijo Črešnarem. Projekt ENTRANS je finančno podpiral raziskovalni program HERA (www.heranet.info), ki so ga soustanovili AHRC, AKA, BMBF via PT-DLR, DASTI, ETAG, FCT, FNR, FNRS, FWF, FWO, HAZU, IRC, LMT, MHEST, NWO, NCN, RANNÍS, RCN, VR in Evropska komisija v sklopu OP7 2007–2013, v programu Socialno-ekonomske znanosti in Humanistika.

² Zračno lasersko skeniranje in velik del raziskav so potekali v sklopu mednaravnega projekta ENTRANS (*Encounters and*

rezultatov zračnega laserskega skeniranja, kjer smo pregledali površinske reliefne znake. Nadaljevali smo z obsežnimi geofizikalnimi raziskavami na različnih delih arheološkega kompleksa, od utrjene naselbine (Horn *et al.*, v tisku) in njene neposredne okolice preko utrjene pristopne poti, pa do metalurškega oz. železarsko-talilniškega območja na ledini Branževec (slika 1). V naselbini in okoli nje smo izvajali tudi intenzivne površinske terenske pregledne. Na izbranih mestih smo nato izkopavali testne sonde, s katerimi smo žeeli dodatno osvetliti pridobljene podatke in dobiti vpogled v nekatera, po našem mnenju ključna območja v sklopu celotnega kompleksa.

Ena izmed testnih sond je bila izkopana tudi na že omenjenem metalurškem območju (Dular, Križ 2004, 228–231). Z izkopom smo nameravali v prvi vrsti preveriti izpovednost novih geofizikalnih meritev³, saj smo uporabili sodobnejšo tehnologijo, kot je bila na razpolago pri raziskavah, opravljenih pred dvajsetimi leti (Mušič, Orello 1998). Ob tem smo žeeli ponovno preveriti razsežnosti kompleksa in dobiti vpogled v ohranjenost ostalih talilnih peči na drugih delih najdišča, kjer doslej ni bilo izkopavanj. Prav tako smo žeeli pridobiti vzorce za arhometalne datacije⁴, ki bi dodatno osvetlila datacijo metalurškega območja⁵.

Pri raziskavah se je ponovno izkazalo, kako pomembno je osnovno poznavanje nekdanjih tehnoloških procesov in njihovih ostankov. V tukaj predstavljenem primeru je šlo za ostanke metalurških procesov pridobivanja železa. Pri pripravi na raziskave smo naleteli na nekatere tehnološke nedoslednosti, vendar je v zadnjem času izšlo nekaj prispevkov, ki to vrzel zapolnjujejo (glej npr. Hrovatin, Kramar 2015, 154; Hrovatin 2016, 85, 87). To poskušamo dopolniti tudi z našim prispevkom.

3 Geofizikalne raziskave potekajo pod vodstvom Branka Mušiča z Univerze v Ljubljani.

4 Po preliminarnem ogledu so bili ostanki peči ocenjeni kot primerni za vzorčenje. Opravil ga je Samuel E. Harris z Univerze v Bradfordu (VB), kjer analize še potekajo.

5 Obstajača absolutna datacija, pridobljena z radiokarbonskim datiranjem oglja iz peči 3, je 710–530 cal. BC (Dular, Križ 2004, op. 40, Beta-192534), pri čemer gre le za najverjetnejši razpon pri 1 sigma verjetnosti. Zaradi t. i. halštatskega platoja obsega razpon pri 2 sigma verjetnosti čas od začetka 8. do konca 5. st. pr. n. št. Ob tem pa je do neke mere nedorečena tudi poselitev v zgodnjehalštatskem obdobju (Dular, Križ, 231–232; Teržan 2008). Z nadaljnimi raziskavami si zato obetamo nove podatke, pomembne tako za razumevanje časovnega mesta celotnega železnodobnega kompleksa kot tudi za natančnejši vpogled v povezave med metalurškim kompleksom in gradiščem na eni ter grobiščem na drugi strani.

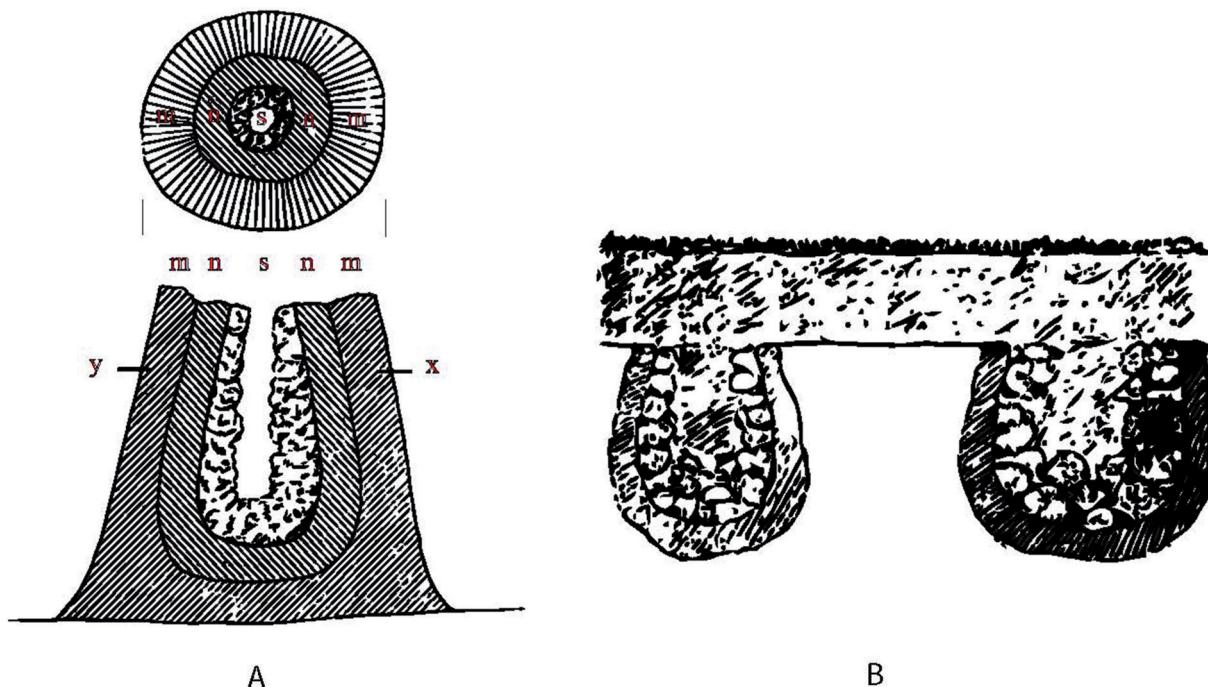
Ker smo žeeli najdbe s Cvingerja uvrstiti v širši časovno-prostorski kontekst, smo pripravili kratek pregled zgodovine raziskav železarstva v starejši železni dobi v JV Sloveniji. Drugi del prispevka obsega pregled osnovnih tehnoloških procesov pri prazgodovinskem železarstvu, ki vključuje rezultate naših raziskav. Poznavanje teh procesov nam je bilo v pomoč pri prepoznavanju odkritih najdb in ostalin, zato menimo, da bodo lahko koristne tudi vsem bodočim raziskovalcem metalurške dejavnosti.

Kratek pregled zgodovine raziskav o železarstvu v starejši železni dobi v jugovzhodni Sloveniji

Terenske raziskave

Prvi, ki je začel na Dolenjskem in v Beli Krajini raziskovati prazgodovinsko železarstvo, je bil konec 19. stoletja Alfons Müllner, ki je tudi avtor preglednega dela *Geschichte des Eisens in Krain, Görz und Istrien von Urzeit bis zum Anfange des XIX. Jahrhundert*, kjer povzema svoje raziskave in ugotovitve terenskega dela (Müllner 1909). Izrednega pomena sta njegovo slikovno gradivo o eni izmed izkopanih talilnih peči iz Novega mesta in analiza žlindre s Cvingerja nad Virom pri Stični. Njegove raziskave so potekale še na mnogih drugih najdiščih, v nadaljevanju pa omenjam le za naš prispevek najpomembnejše (Müllner 1909, 67–69, 75, fig. 72). V svojem pregledu omenja tri talilne peči in »kovačijo«, odkrite pri gradnji železniške proge v bližini železniške postaje v Bršljinu pri Novem mestu. Peči, razporejene v razdaljah 1,5–2 m, so bile grajene iz gline, imele so obliko stožca in v višino dosegle pribl. 2 m (slika 2A). Zunanja obloga je bila debela 35–40 cm, notranja, svetlejša 30 cm. Jašek s premerom pribl. 50 cm je bil zapolnjen z železovo žlindro (Müllner 1909, 68–69). V Gornji Straži pri Novem mestu so pri gradnji železniške postaje našli 24 enakih peči, postavljenih v razdaljah 1,5 m. Gre za jame širine 60–100 cm in globine 1 m v prežgani zemlji, pri tem pa zgornji deli konstrukcij niso bili ohranjeni (slika 2B). V neposredni bližini je bil odkrit tudi objekt pravokotne oblike, v katerem je bilo veliko žlindre in kačasta fibula (Müllner 1909, 69–70).⁶ Obilo železove žlindre je bilo

6 Prostorska razporeditev peči spominja na primere iz Svetokriškega na Poljskem (Czaernecka 2000, 89), kjer je znanih več najdišč z gosto razporejenimi jaškastimi pečmi z jamo za žlindro, postavljenimi v vrstah, ki pa so datirane v mlajšo železno dobo (prim. Bieleńin 1977, Abb. 15–16).



Slika 2. Primera talilnih peči iz Novega mesta (Bršljin) in Straže (prirejeno po Müllner 1909, figs. 72–73).

Figure 2. Examples of smelting furnaces from Novo mesto (Bršljin) and Straža (after Müllner 1909, figs. 72–73).

odkrite tudi na gradišču Kučar pri Podzemlju in na njegovem južnem pobočju (Müllner 1909, fig. 85), a zanje nimamo možnosti za natančnejšo datacijo. Omenjal je tudi železno »svinjo«⁷ in prav na podlagi te sklepal na obliko t. i. jaškastih peči (Müllner 1909, 79–80, fig. 86). Talilne peči je na južnem pobočju Kučarja izkopal tudi Walter Schmid, sodile pa naj bi v mlajšo starejšo in mlajšo železno dobo (Zupanić 1933, 360). Prav tako južno od gradišča, a tudi na severni strani, so bile večje količine železove žlindre odkrite tudi kasneje (Mason 2014, 223, sl. 1). Pri sodobnih raziskavah gradišča je bila v hiši E odkrita kovaška peč, im. (raz)žarilna peč, datirana v pozno latensko obdobje. Bila je okrogle oblike, s premerom 1 m. Ob robu se je zaključila z 10 cm širokim vencem prežgane zemlje, ki je bila na notranji strani močno počrnela. Kurišče peči, na dnu podloženo s plastjo proda, je bilo vkopano 1 m pod površino planuma (Dular *et al.* 1995, 54–55, 69, sl. 30).

⁷ Železna svinja je nasedlina kovine v peči oz. sprimek kovine in žlindre na steni metalurške peči (po SSKJ). Izraz je zastarel in se v literaturi ne uporablja več.

Pri svojih raziskavah gradišč je W. Schmid večkrat odkril »talilnice in kovačnice« (npr. Kučar, Vače), vendar je objavil le raziskave stavb na Spodnji in Zgornji Kroni pri Vačah. Na podlagi rezultatov analiz žlindre in železa je sklepal o nepopolnem načinu taljenja železove rude tako v starejši kot mlajši železni dobi, čeprav naj bi se v mlajši železni dobi način nekoliko izboljšal. Sklepal je tudi o izvoru rude iz različnih območij in o visoki kakovosti železa zaradi nižje vsebnosti ogljika, ki pa se ne more primerjati s kakovostjo železove rude s Kučarja (Schmidt 1939, 111–113). Iz njegovih izkopavanj so med drugim znani ostanki zavrnene »železne svinje«, železove pogache in »volki«⁸, ob tem pa je prepoznaš številne domnevne »kovačije« ter značilne predmete, ki so vezani na delo (npr. ostanki oglja, žlindra, tnalo, nakovalo, svitki). Zanesljiva časovna datacija objektov ni možna, saj sta

⁸ Volk je kepa železa, pridobljena s taljenjem rude (po SSKJ), ki še vključuje žlindro in oglje, a je primerna za kovanje. Zanj se redkeje uporablja tudi izraza železova goba (zaradi občasne poroznosti) ali lupa (*ita. lupo = volk*).

večkrat npr. omenjeni tudi bronasta žlindra ali latenska keramika (Schmid 1939, 104).

Po teh obetavnih in razmeroma zgodnjih začetkih je zanimanje za raziskovanje železarstva z izjemo posameznih pobud, ki pa se niso razvijale naprej in se razširile v sistematične projekte, zamrlo (Trampuž Orel 2012, 35). Kljub temu gre omeniti nekatere raziskave in študije, ki so pomemben vir podatkov in v tem trenutku predstavljajo temelje za poznavanje prazgodovinskega železarstva v jugovzhodni Sloveniji.

Omeniti velja Cvinger nad Virom pri Stični, kjer prve najdbe železove žlindre in volka omenja že Müllner (1909, 74–75). Velika količina žlindre je bila odkrita tudi kasneje, ko je arheološka izkopavanja na virskem gradišču vodil Stane Gabrovec. Železovo žlindro in rudo so odkrili v domala vseh sondah, a pri tem ni omenjenih kontekstov, ki bi neposredno nakazovali na metalurško dejavnost (Gabrovec 1995, 46, 114, 166). Pred nedavnim so bili v neposredni okolici Cvingerja, na Kojini, odkriti ostanki peči in več drugih ostankov, kot so kosi rude in žlindre. Pri tem je del ostalin datiran v mlajšo železno dobo (Grahek 2017, 199–202).

Med drugimi najdišči, kjer so bili odkriti ostanki talilnih dejavnosti, velja omeniti Čemše pod Plešivico (Brezje pri Trebelnem), kjer je bila v vinogradu odkrita pravokotno oblikovana peč z izlivom, velikosti 120×100 cm, z ohranjeno višino do 40 cm, v kateri je bilo več kot 100 kg železove žlindre (Križ 1990; isti 1998–1999, 498).

Na gradišču Gradec pri Blečjem Vrhu so v sondi ob obzidju, v plasteh 12 do 15 znotraj hiše 1 odkrili na stotine kilogramov železove žlindre. Plasti 13 in 15, ki sta vsebovali največ žlindre in le nekaj drugih najdb, sta bili opredeljeni kot ostanki odlagališč odpadkov, nastalih pri taljenju železove rude. Sodita v poselitveno fazo najdišča, ki je datirana v certoški horizont starejše železne dobe na Dolenjskem (Pavlin 2011, 133, 137, 141). Zanimivo je, da so bili med železovo žlindro najdeni tudi odlomki tekoče talilne žlindre (prim. Pavlin 2011, sl. 16), ki s svojo obliko morebiti nakazujejo uporabo peči z iztekom za žlindro v mlajšem halštatskem obdobju (Hrovatin 2013, 89).

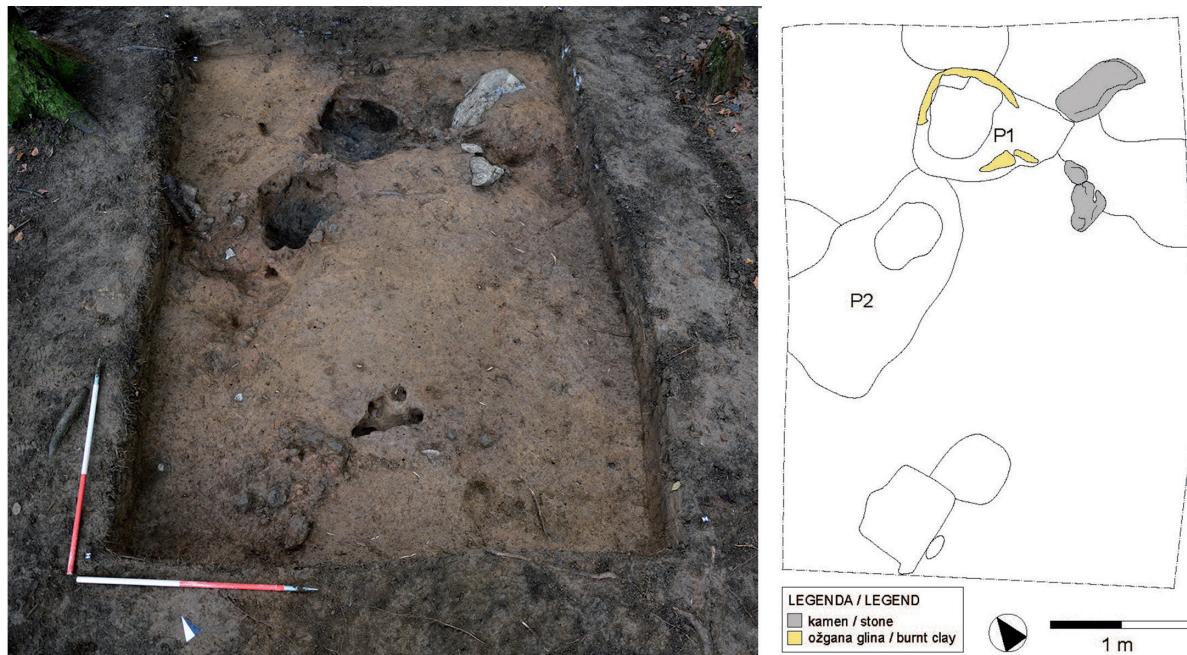
Metalurški ostanki iz mlajšehalštatskega obdobja so bili odkriti tudi v Podsmreki pri Višnji Gori, a so bili precej skromno ohranjeni. Analiza žlindre ni bila narejena, a

izkopavalec predvideva, da gre za ostanke talilnih peči (Svoljšak 2013, 328–330), čeprav bi na podlagi številnih značilnih naselbinskih najdb lahko sklepali tudi drugače.

Kot zadnje naj v tem kratkem pregledu omenimo še raziskave na Cvingerju pri Dolenjskih Toplicah, ko je bilo na ledini Branževec, na sedlu med gradiščem in grobiščem, odkrito in delno raziskano metalurškega območje (Križ 1998–1999, 499). Leta 1989 so tukaj izkopali sondo z ostanki 12 talilnih peči, pri katerih gre zelo verjetno za t. i. jaškaste peči z jamo za žlindro. V vseh primerih so odkrili le spodnje dele peči, torej jame, vkopane v ilovnata tla. Te so v premerih povprečno merile med 50 in 70 cm in segale od 15 do 30 cm pod nivo planuma. Stene in dna so bila večinoma močno ožgana in zapolnjena s temnejšo zemljo ter kosi žlindre. Najbolje je bila ohranjena peč 4, ki je bila v tlorisu nepravilne okrogle oblike, s premerom 90 cm, in je imela kot edina domnevno ohranjen tudi izliv⁹. Dno kotanjaste oblike je bilo vkopano 30 cm pod nivo izkopanega planuma. Stene so bile močno ožgane, notranjost pa je bila zapolnjena s kompaktno gmoto železove žlindre, med katero so ležali posamični odlomki ožgane gline (Dular, Križ 2004, 228–230). Obseg metalurškega kompleksa je bil ugotovljen na osnovi geofizičkih raziskav z magnetno metodo v letu 1997. Izkazalo se je, da se celoten kompleks razteza na območju velikosti pribl. 5000 m^2 , na njem pa je bilo prepoznanih več sto talilnih peči (Mušič, Orengo 1998, 179). Raziskave, ki na širšem območju Cvingerja potekajo od leta 2015, so k tem rezultatom že dodale nekatera nova spoznanja. Med drugim se je izkazalo, da so na južnem delu Branževecu tudi bolje ohranjene peči, ki pripadajo drugemu tipu talilnih peči, tj. talilnih peči z iztekom za žlindro, saj smo vsaj v dveh primerih jasno prepoznali iztek oz. izpust za žlindro ter manipulativni prostor pred pečjo (slika 3).

Pomembna najdba, ki jo lahko vežemo na železarstvo na Cvingerju, izhaja iz bogatega groba 17 iz gomile V iz gomilnega grobišča južno pod naseljem. Gre za podolgovača železna predmeta kvadratnega preseka, opredeljena kot ražna (Teržan 1976, 401, T. 29: 1–2). V kolikor resnično nista poškodovana, pa po obliki in masivnosti odstopata

⁹ Morda gre za primer, kot jih poznajo tudi drugod, da je prišlo pri procesu taljenja do nepravilnega (prepočasnega) goreњa organskega materiala v jami pod pečjo. Ta je moral zgoreti ob pravem trenutku, da je prostor lahko začela zapolnjevati žlindra. V takšnih primerih, ko material v jami ni izgorel, je bilo potrebno narediti dodatni zračni kanal, s katerim so pospešili izgorevanje (Pleiner 2000, 259, fig. 69).



Slika 3. Cvinger pri Dolenjskih Toplicah (Branževac). Peči 1 in 2, odkriti na južnem delu železarskega območja.

Figure 3. Cvinger near Dolenjske Toplice (Branževac). Furnaces 1 and 2 in the southern part of the metallurgical area.

od starejšeželezenodobnih ražnjev, ki se sicer pojavljajo v izstopajočih grobovih tega časa na širšem prostoru. Gre torej za predmeta, ki ju morda lahko razumemo kot polizdelka oz. ingota in sta bila v grob položena predvsem zaradi svoje materialne vrednosti, brez dvoma pa še vedno tudi s simbolnim pomenom (Teržan 2004, 175–177, Abb. 11). Ta najdba morda zarisuje nadaljnjo pot železa, pridobljenega v talilniškem kompleksu na Branževcu, do polizdelka predelanega v naselju na Cvingerju.

Pomembno posamezno najdbo, ki dokazuje sekundarno predelavo, predstavlja tudi železen ingot s Špičastega hriba nad Dolami pri Litiji. Žal gre za površinsko najdbo, ki časovno ni natančno opredeljiva, najdišče pa je bilo obljudeno v mladohalštatskem in pozolatenskem obdobju (Dular *et al.* 2003, 175–176).

Laboratorijske raziskave železnodobne žlindre

Manj številne so bile raziskave, kjer je izkopavanju sledila laboratorijska analiza najdb, predvsem žlindre, kar postaja uveljavljen način dela v zadnjih nekaj letih. Ponovno velja omeniti pionirske raziskave železove žlindre s

Cvingerja nad Virom pri Stični (Müllner 1909, 74–75) ter kasnejše kemijske in spektralne analize železove žlindre, prav tako z virskega gradišča (Meterc 1994, 186–188). Gre za študijo, ki je bila del sistematičnih arheoloških raziskav, ob tem pa je analiza obsegala zajetno količino vzorcev žlindre iz številnih sond, izkopanih po vsem naselju¹⁰. Iz analize izhaja, da je vsebnost železa v stičkih žlindrah povprečno 50–60 %, kar sovpada z dotedanjimi ugotovitvami raziskav (Gabrovec 1994, 166). Poglobljena analiza rezultatov pa je žal umanjkala.

Korak naprej predstavljajo analize žlinder z najdišč, ki so bila izkopana v okviru projekta SAAS, kjer so tovrstne raziskave postale bolj številčne, a še vedno predvsem plod individualnih prizadovanj in ne kot del sistematičnega pristopa. Žal pa so bila odkritja najdišč iz starejše železne dobe precej maloštevilna, pa še ta pogosto ležijo izven prostora, ki ga zaobjema tukaj predstavljena

¹⁰ Analiza je bil narejena na najdbah iz vseh sond, z izjemo sonde 7, kjer ni bilo odkritih primernih vzorcev. Skupaj je bilo v analizo predanih 714 kosov žlindre (seštevek podatkov po sondah – Meterc 1994, 186–188) oz. 670 kosov (isti 1994, 186), a je bil od tega analiziran le smiseln del, povprečno od tri do deset vzorcev na sondi.

raziskava¹¹. V tem okviru naj omenimo najdišče Dolenjski Podboršt pri Trebnjem, kjer so bili najdeni kosi metalurškega odpada, katerih časovna opredelitev sicer ni povsem jasna, a bi lahko sodili v železno dobo (Hrovatin 2013, 99; Masaryk 2013, 103). Posamezni vzorci, pobrani pri izkopavanjih, so bili makroskopsko določeni kot ruda, talilna žlindra, kovaška žlindra, steklasta žlindra ter deli stene peči, en kos pa tudi kot bronasta žlindra oz. stena peči (prim. Hrovatin 2016, 85–87). Na izbranih kosih so bile narejene tudi laboratorijske analize. Na osnovi večstopenjske analize vzorcev je bilo podanih več sklepov. Omembe vredna je visoka vsebnost mangana v enem od vzorcev kovaške žlindre, kar je primerljivo tudi s Cvingerjem nad Virom pri Stični. Na podlagi odlomka tekoče žlindre in njegovih značilnostih je bil podana domneva, da gre za ostanke bloka talilne žlindre, ki kaže na uporabo jaškaste peči z jamo za žlindro. Jašek naj bi imel notranji premer v bližini dna pribl. 45 cm, grajen pa naj bi bil iz gline s primesmi trave in drugih rastlinskih ostankov. Ob tem so bili med kosi rude opaženi tudi takšni, ki zaradi rdeče »hematitne« površine dajejo vtis, da gre za praženo rudo, česar pa s poskusnim praženjem niso potrdili (Hrovatin 2013). Dva vzorca z istega najdišča sta bila analizirana z rentgensko metodo, a brez neposredne povezave z zgoraj študijo, pri tem pa gre pri enem najverjetnejšem za korodiran kos železa, pri drugem pa za kovaško žlindro (Medved *et al.* 2013).

Pri terenskih pregledih in sondažnih izkopavanjih na Branževcu smo pridobili zajeten zbir raznolikega gradiva, ki osvetljuje tamkajšnje metalurške procese. Zbiranje gradiva na terenu je potekalo na način t. i. popolne kolekcije, kar pomeni, da smo po zbiralnih enotah oz. stratigrafskih enotah za nadaljnje raziskave pobrali vse gradivo, izbor vzorcev za nadaljnje analize pa je del nadaljnje raziskave, ki sledi detajlnemu pregledu vsega gradiva. Osnovna razdelitev žlindre in drugih ostankov postopka pridobivanja železa je narejena na podlagi zunanjih značilnosti in predstavlja prvo stopnjo analize materiala, ki nastaja pri vseh treh glavnih postopkih pridobivanja železa: pri taljenju rude, pri prečiščevanju volka in pri izdelavi predmetov (Hrovatin 2016, 85). V tej fazi smo, ob odsotnosti kemijskih analiz, uspeli določili limonitno rudo, žlindro, med katero je bil tudi blok talne žlindre, steklasto žlindro, žlindro, sprisetno z ožgano glino, in ožgano glino. Težje je bilo določiti praženo rudo, zato smo

tako osnovno rudo, najdeno na njivah pod Cvingerjem, kot domnevno praženo rudo analizirali z rentgensko difrakcijo, s čimer je bila določena kristalna struktura. Analiza je naše domneve potrdila, saj je osnovna ruda vsebovala predvsem limonit ter nekaj SiO_2 , pražena pa hematit ter nekaj SiO_2 , kristalno vezana voda pa je bila odstranjena iz rude s termično obdelavo.¹²

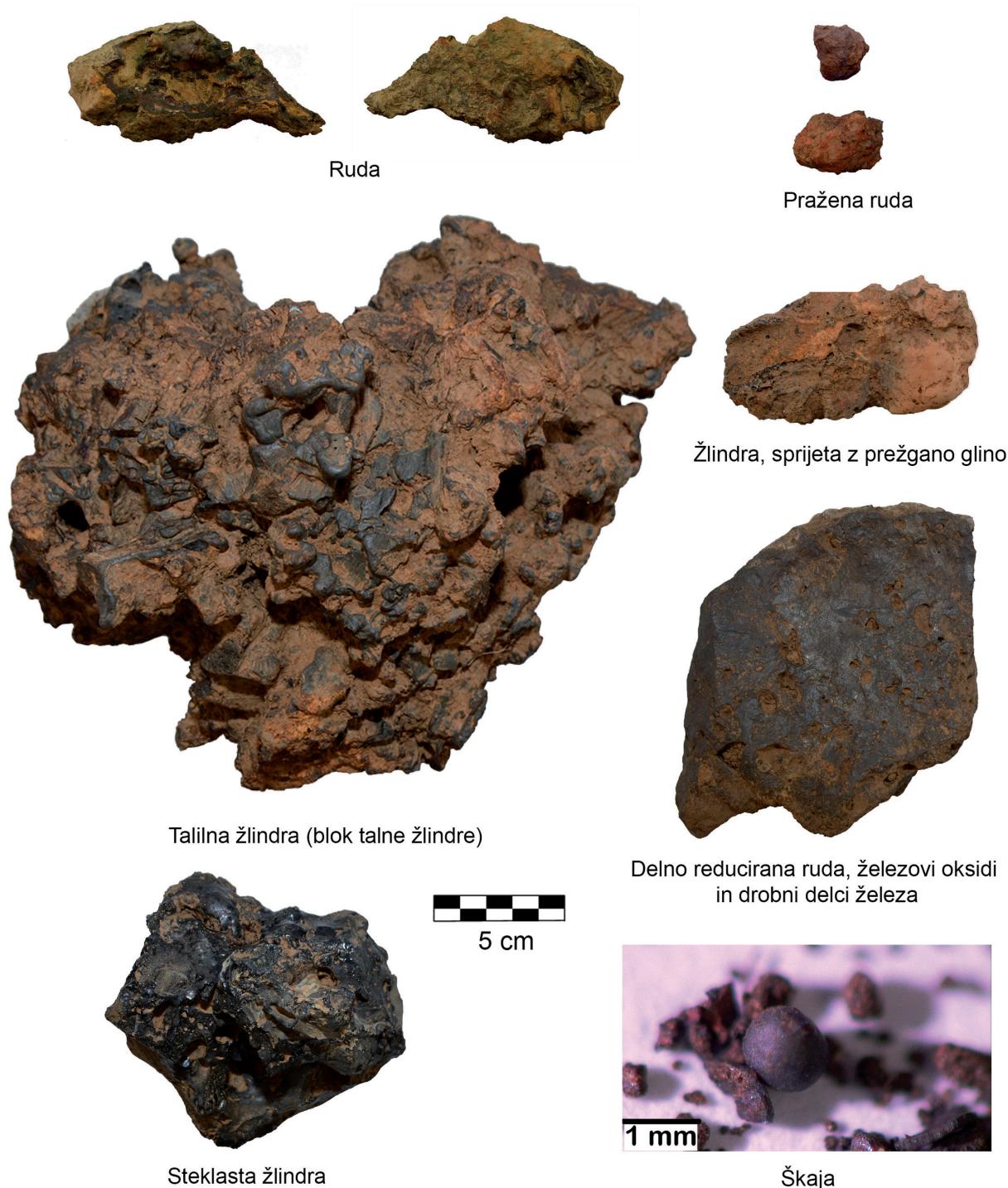
Rezultate podkrepljujemo s sliko 4, na kateri so prikazane različne vrste najdb, povezanih s postopki pridobivanja železa, ki smo jih odkrili na metalurškem območju pod Cvingerjem. Namenjena je tudi kot pripomoček za enostavnejše makroskopsko prepoznavanje tovrstnih najdb pri terenskih raziskavah območij z ostanki metalurških dejavnosti.

Kljub temu, da je tukaj predstavljenih le nekaj novih odkritij in analiz, lahko v dolini reke Krke, v širši okolici Cvingerja pri Dolenjskih Toplicah, na podlagi številnih krajskih notic o najdbah žlindre domnevamo sledi železarških oz. širše metalurških dejavnosti še na številnih drugih najdiščih (slika 4).¹³ Žal pa je zaradi pomanjkanja sistematičnih interdisciplinarnih raziskav v tem trenutku v povezavi z železarstvom v jugovzhodni Sloveniji v starejši železni dobi še vedno več vprašanj kot jasnih odgovorov.

12 Analiza je bila narejena s pomočjo naprave za rentgensko difrakcijo (XRD, *Panalytical Xpert Pro PW3040/60*) in je potrdila, da gre pri kosu rude za limonit ($\text{FeO}(\text{OH})\text{n.H}_2\text{O}$), pri kosu hematitno rdečkaste barve pa za praženo rudo (Fe_2O_3).

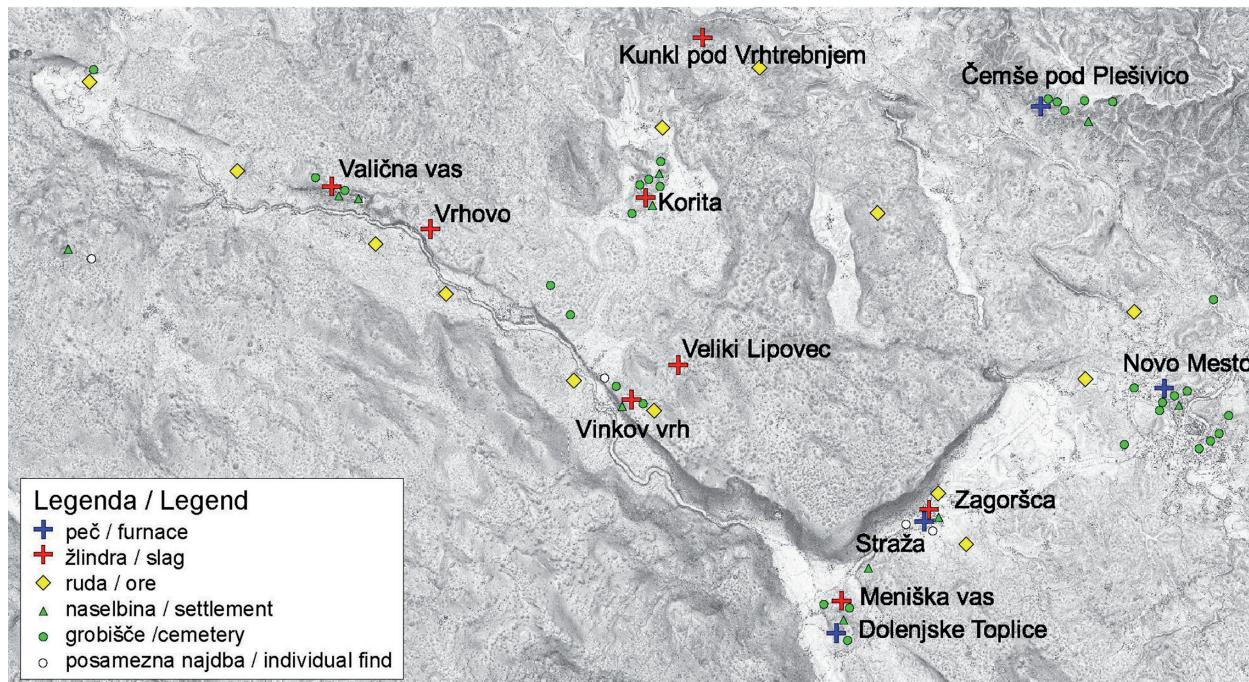
13 Npr. Magdalenska gora, Primskovo in Šentjurje (Müllner 1909, 76), Korita (Šašel 1975, 211), Valična vas (Slapšak, 1970, 194), Polica pri Grosupljem (Vuga 1982, 163), Veliki Lipovec (Breščak 1986, 251), Vinkov vrh (Križ 1993, 315; za slednjega se domneva, da gre za največji železarski kompleks na Dolenjskem), Dragatuš, Ržišče pri Dragatušu, Prda jama, Gornji Suhor pri Vinici (Mason 2001, 34), Dobliče (Müllner 1909, 81), Pungart (Mason 2006, 103), Meniška vas (Mason 2006, 133), Vinkov vrh pri Dvoru (Udovč 2006, 234), Vrhovo pri Žužemberku (Müllner 1909, 52, 73), Zagoršča (Mason *et al.* 2008, 260), Leskovec (Žorž 2012, 85), Vinji vrh nad Virom, Kostjavec pri Tihabuju, Kunkl pod Vrhtrebnjem (Dular, Tecco Hvala 2007, 216, op. 420).

11 Glej npr. Trnava (Orengo, Fluzin 2006, 62–66) in Hotinja vas (Gutman 2015, 167–171).



Slika 4. Vrste najdb, povezane z železarstvom, odkrite na Cvingerju pri Dolenjskih Toplicah.

Figure 4. Types of finds connected to iron production, found at Cvinger near Dolenjske Toplice.



Slika 5. Dolina reke Krke s širšo okolico z najdišči s sledovi metalurške dejavnosti (prirejeno po Jelenc 1953, karta 2; Dular, Tecco Hvala 2007, priloga 1; pri pripravi sodeloval N. Dolinar, ZVKDS).

Figure 5. The valley of the Krka river and its vicinity with sites associated with iron production (after Jelenc 1953, karta 2; Dular, Tecco Hvala 2007, App. 1; in cooperation with N. Dolinar, ZVKDS).

Pregled osnovnih tehnoloških procesov pri prazgodovinskem železarstvu

Že iz kratkega pregleda zgodovine raziskav izhaja, da bi bilo za prepoznavanje in razumevanje ostankov, ki jih najdemo tekom arheoloških raziskav, nujno poznati, razumeti in razločevati faze pridobivanja železa, saj gre za več različnih delovnih procesov, ki so med seboj neločljivo povezani. Zato jih v nadaljevanju na kratko povzemamo (prirejeno po Cleere 1981, 116–179; Pleiner 2000, 132–140; Lamut 2007; Oder 2008, 35).

Če poenostavimo in ne upoštevamo številnih posredno in neposredno povezanih dejavnosti, kot sta na primer iskanje rudišč ali oglarjenje (npr. Pleiner 2000, 115–130), se postopek začne z nabiranjem oz. kopanjem rude. Železo pridobivamo z redukcijo železovih rud, oksidnih, karbonatnih in sulfidnih. Med najbolj zastopanimi, ki jih poznamo po imenih njihovih mineralov, so hematitne (Fe_2O_3), limonitne ($\text{FeO}(\text{OH})_n \cdot \text{H}_2\text{O}$) (slika 4: A), magnetitne (Fe_3O_4) in sideritne (FeCO_3). Njihova ležišča so široko

razširjena in so pogosto dostopna tudi na površini. Tako se je tudi v Sloveniji do konca 19. stoletja železova ruda na Gorenjskem in Dolenjskem večinoma zbirala oz. nabirala na površini. Na Dolenjskem¹⁴ je bila na voljo limonitna kosovna ruda različnih vrst – rjavi in rdeči ter peščeni in ilovnat železovec, ponekod tudi bobovec. Različne vrste železovcev, ki so vsebovali od 10 % do več kot 50 % železa, so pri taljenju lahko povzročale težave zaradi različne kakovosti rude (Trampuž Orel 2012, 30).

¹⁴ Nahajališča so sicer široko razprostranjena, saj najdemo železovo rudi ob rekah Reka, Kolpa okrog Črnomlja in Metlike, med Krko in Temenico nastopa limonit okrog Dvora, Žužemberka, Šentvida pri Stični, Dobriča, Trebnjega, Straže in Dolenjskih Toplic. Med Temenico, Krko in Savo pa okrog Šentruperta, Šentjanža, Žebnika, Hrastna, Mokronoga, Šempetra, Šmarjetje pri Beli Cerkvi in okrog Vodenic. Med Gorjanci in Krko nastopa limonit okrog Svetega Križna in Vavte vasi. Dolenjska nahajališča so še okrog Ponikev pri Velikih Laščah, Korinja, Ortneka, Gornje Krke in Magdalenske gore pri Grosupljem (Jelenc 1953, 21). Razprostranjenost železove rude na Dolenjskem ilustrirajo tudi podatki o dovoljenjih za iskanje rude najstarejše železarne na Dvoru (leto 1796). Takšno je sprva obsegalo oba bregova reke Krke do Šmihela do Žužemberka in Zalisca (Šorn 1980, 11–12).

Sledi osnovna priprava rude, pri kateri med drugim odstranjujemo v rudah naravno prisotno jalovino, ki znižuje delež železovih oksidov in s tem železa. Postopek vključuje pranje, sušenje, prebiranje, sejanje in drobljenje. Po potrebi se uporablja tudi praženje, ki poteka pri temperaturah od 400 do 800 °C, rudo pa dodatno izsuši, jo naredi porozno, kar omogoča tudi lažje drobljenje. Pri tem postopku limonit izgubi kristalno vezano vodo in preide v hematit (slika 4: B), pri karbonatnih (npr. siderit) in sulfidnih rudah (npr. pirit) pa se odvaja ogljikov oz. žveplov dioksid, s čimer pridobimo lažje taljive železove okside. Ker je praženje potekalo na odprtrem ognjišču, lahko tudi povsem brez prilagojene konstrukcije, so lahko arheološke ostaline omejene le na prežgano zemljo in jih je zato težko prepoznati ter pravilno opredeliti (Cleere 1981, 141–152; Pleiner 2000, 107–114; Lamut 2007, 31).

Naslednji korak, redukcija železovih oksidov, poteka v pečeh različnih oblik in značilnosti. Na razžarjeno oglje na dnu peči, ko je ta že primerno ogreta (nad 1000 °C), se dodaja izmenjujoče se plasti prebrane, zdobjljene in običajno prepražene železove rude ter lesnega oglja. Med zgrevanjem oglja se sprošča toplopa in nastaja redukcijski plin, ki vsebuje ogljikov monoksid, oba potrebna za potek redukcije železovih oksidov ter tvorbo in taljenje žlindre. Dvigajoči se plin v spodnjem delu jaška začne predgrevati vsip, ogljikov monoksid pa nad zgrevno cono reducira železove okside. Del železove rude je tako reducirano do kovinskega železa, del pa reagira z v rudi prisotnim silicijevim oksidom. Z reakcijo med FeO in SiO₂ nastaja fajalit (2FeO·SiO₂), z razmeroma nizkim tališčem pri 1205 °C. Toplopa v zgorevnem prostoru zadostuje, da fajalitna žlindra postane tekoča in polzi proti dnu peči. Železo se takrat že skeplja v večje skupke, ki se končno zbirajo v obliki kepe na dnu peči. Del fajalitne žlindre odteče na dno peči in ob prisotnosti izliva tudi iz peči, del pa ostane ujete v skepljeni gmoti reduciranega železa, ki vsebuje tudi pepel in oglje, tj. v volku. Ta v tem trenutku še nima uporabne vrednosti, saj vsebuje preveč nečistoč (Cleere 1981, 160–168; Pleiner 2000, 132–140; Lamut 2007, 28–35).

Volka se nato potegne iz peči¹⁵ in še vročega prekuje, najverjetneje z lesenimi kladivi. Pri tem se izcedi v njem ujeta žlindra, odstranita se oglje in pepel, obenem pa se

¹⁵ Način je odvisen od peči, saj peči z dovolj veliko odprtino omogočajo, da se volk odstrani brez podiranja peči, medtem ko je peči brez odprtine potreben porušiti.

luknjičavo železo zgosti. Kovani del se lahko ponovno ogreje na istem ali za ta namen posebej narejenem ognjišču (Horvat 2007, 30; Lamut 2007, 35). Pri kovanju v okolico nakovala odpadajo odlomki železa ter letijo drobne kapljice žlindre in ploščice na zraku oksidiranega železa, imenovane škaja¹⁶ (Hrovatin, Kramar 2015, 154). Ta je bila odkrita tudi v naselbini na Cvingerju (slika 4: E), kar je zelo močan indic, da so v naselbini predelovali oz. kovali kovino, ki so jo pridobili s taljenjem na Branževcu.

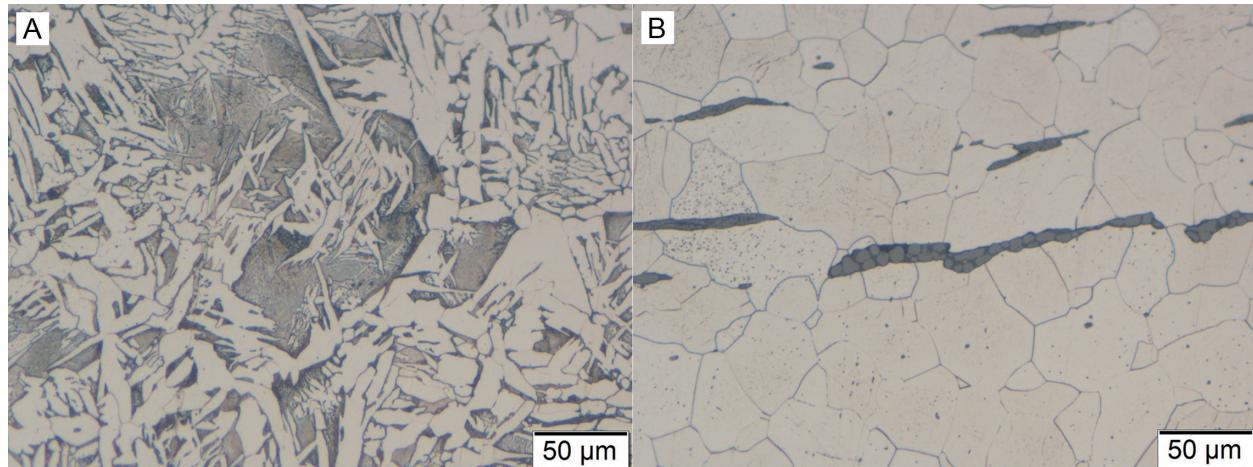
Čeprav se opisani postopek včasih imenuje »taljenje železa«, je železo ves čas postopka v trdni obliki, tekoča je le žlindra. Železo se torej lahko pridobiva v trdnem stanju¹⁷, to pomeni, da posamezni kristali železa nastajajo v rudi ob visokih temperaturah in prisotnosti ogljika ali ogljikovega monoksida. Tako pridobivanje železa se imenuje direktna redukcija železa. Železo tvori obliko »gobe«, ki vsebuje veliko oksidov, ki se niso reducirali (Al₂O₃, CaO, FeO, Fe₂O₃, MnO, SiO₂ ...) in se zberejo v žlindri. To železovo gobo, imenovano tudi volk, kujemo, da bi iz njega izločili čim več žlindre. Žlindra, ki ostane ujeta v prekovanim volku, tvori nekovinske vključke (slika 6: A). Za tako pridobljeno železo je značilno, da ne vsebuje legirnih elementov, kot so Mn, Si, Cr itd., ampak vsebuje le ogljik. Običajno so tudi vsebnosti ogljika zelo nizke (0,02 mas %), le posamezni predeli vsebujejo več ogljika (do 0,8 mas %). Zaradi izrazite nehomogenosti predmetov iz takšnega železa oz. lokalnega naogljičenja kemijška analiza celotnega kosa običajno ne da veliko uporabnih podatkov. Vsebnost ogljika lahko lokalno ocenimo iz mikrostrukture. Čisto železo in železo z zelo malo ogljika se pri sobni temperaturi pojavlja v obliki ferita (α -Fe)¹⁸. Če imamo vrednosti ogljika nad 0,02 mas % C, se poleg ferita pojavlja še perlit¹⁹, kjer je ogljik vezan v železov karbid – cementit (Fe_3C). Če je v mikrostrukturi prisoten

¹⁶ Škaja je oksidna plast, ki nastane na jeklu pri visokih temperaturah zaradi oksidacije železa. Pri jeklih, ki vsebujejo samo ogljik, je škaja sestavljena samo iz visokotemperurnih oksidov železa, kot sta wüstit in hematit, in ne žlindra, ki se med kovanjem fizično izriva iz volka.

¹⁷ Čisto železo ima tališče 1538 °C, temperature v talinah pečeh pa se gibljejo med 1100 in 1300 °C, a mestoma presegajo tudi 1400 °C.

¹⁸ Ferit je kristalna struktura α železa s telesno centrirano kubično osnovno rešetko, ki je stabilna pod 912 °C. Nad 912 °C in do 1394 °C je železo v obliki γ železa (avstenit) s ploskovno centrirano kubično osnovno rešetko, od 1394 °C do 1538 °C pa v obliki δ železa (delta ferit) s telesno centrirano kubično osnovno rešetko.

¹⁹ Perlit je mikrostrukturalna sestavina, sestavljena iz dveh faz ferit in cementit (Fe_3C); običajno se pojavlja v obliki izmeničnih lamel ferita in cementita.



Slika 6. Prikaz mikrostrukture vzorca kovanega železa²¹: A) ferit z nekovinskimi vključki žlindre (temno), razpotegnjeni v smeri kovanja, B) t. i. widmanstättenska mikrostruktura²², ki vsebuje ferit (svetlo) in perlit (temno).

Figure 6. Microstructure of sampled forged iron: A) ferrite with non-metallic inclusions of slag (dark), stretched in the direction of forging, B) the widmanstätten microstructure, including ferrite (light) and perlite (dark).

samo perlit, potem je v jeklu²⁰ 0,8 mas % C. Pogosta so področja z okoli 0,3 % C, kjer se pojavljata ferit (svetlo) in perlit (temno) (slika 6: B).

Ker je med postopkom taljenja železove rude reducirano železo v obliki avstenita, ki je stabilen pri višjih temperaturah, ta pa topi do 2,14 mas % C, pride med ohlajanjem do faznih transformacij v ferit in perlit, ki pa so odvisne od koncentracije ogljika v avstenitu. To pomeni, da dejansko ne moremo opazovati mikrostrukture, ki je bila prisotna med redukcijo (avstenit), temveč tisto, ki je stabilna pri sobni temperaturi (ferit in perlit).

Naj se za konec na kratko ustavimo še pri tipih talilnih peči, katerih ostanke srečujemo na najdiščih iz starejše železne dobe v jugovzhodni Sloveniji. Kljub temu, da revizijski pregled dokumentacije vseh doslej izkopanih peči oz. njihovih ostankov ni bila narejen, se doslej omenjajo izključno jaškaste peči. Zanje je značilen visok valjast jašek, ki služi na eni strani kot rezervoar za gorivo in rudo, ob tem pa tudi kot dimnik za vleko zraka in odvajanje dima. Kupolastih peči, ki bi bile dokazano uporabljene v metalurške namene, doslej pri nas še nismo odkrili.

Če je bil pri zgodnejših tipoloških opredelitvah peči večji poudarek na obliki peči (npr. Coghlan 1956), pa so kasneje dobili na pomenu način zadrževanja oz. izpusta žlindre ter dovanjanje oz. vpihanje zraka (Cleere 1972; isti 1981), a ima vsaka tipologija svoje pomanjkljivosti, saj je tipov in izvedb v različnih časovnih obdobjih veliko (Pleiner 2000, 141–194). Variant in izvedb peči je mnogo, pomembno pa se zdi, da smo v zadnjih letih ob jaškastih pečeh z jamo za žlindro prepoznali tudi uporabo peči z iztekom za žlindro. Posredno nanje kaže oblika talilne žlindre, kot na primer na Gradcu pri Blečjem Vrhu, kjer je metalurška dejavnost datirana v certoški horizont (Pavlin 2011, 133, 137, 141, sl. 16; Hrovatin 2013, 89). Neposreden dokaz pa sta vsaj dve peči z ledine Branževčec pod Cvingerjem pri Dolenjskih Toplicah, odkriti leta 2016 (slika 3). Tudi tukaj lahko čas uporabe peči postavimo v obdobje mlajšega halštata, ko je bilo življenje v naselju v svojem največjem razmahu, kar lahko sklepamo tako iz pokopov v gomilah kot na podlagi raziskav v naselbini (Teržan 1976, 385–393; Dular, Križ 2004).

Značilnost peči z Branževca je tudi, da je bil njen spodnji del vkopan v klancino z odprtino in manipulativnim prostorom v smeri padca pobočja. Smeri iztekov za žlindro sta usmerjeni eden proč od drugega, kar kaže tudi na organizacijo dela. Zgornji del peči oz. jašek je bil prostostoječ, kar velja za večino pri nas odkritih peči, a njihovih

²⁰ V Fe-Fe₃C sistemu vsebujejo jekla do 2,14 % ogljika, pri višjih vsebnostih ogljika govorimo oitem železu.

²¹ Kot vzorec je bil uporabljen kovan žebelj iz 19. stoletja.

²² Widmanstättenska mikrostruktura je posledica hitrega ohlajanja avstenita, ki vsebuje povisano koncentracijo ogljika.

ostankov, ki bi dovoljevali sklepanje o njegovi višini, nismo odkrili. Prav tako nismo odkrili nobenih sledov o vpihanjanju zraka, tudi ne ostankov šob. A zaradi tega še ne gre zaključiti, da je taljenje potekalo le ob naravnem vleku (prim. Müllner 1909, 69–70).

Pomen Branževca, ki smo ga šele začeli raziskovati, in njegov velik raziskovalni potencial, stopnjuje prisotnost dveh tipov peči na enem talilniškem območju. Izkopane so bile namreč tako jaškaste peči z jamo za žlindro (Dular, Križ 2004, 228–230, sl. 36–38) kot jaškaste peči z iztekom za žlindro.

Vprašanja, ki jih je potrebno rešiti, so vezana na njihovo morebitno sočasno uporabo oz. prehod med dvema tehnološkima postopkoma, način enkratne oz. večkratne uporabe itn. Ker so raziskave še v teku, nas brez dvoma ne le na Cvingerju, temveč širše na prostoru jugovzhodne Slovenije, čaka še veliko dela pri raziskovanju železarstva v starejši železni dobi.

Zaključek

Pregled virov o železarstvu v jugovzhodni Sloveniji in prvih rezultatov novih raziskav kaže, da je vprašanj glede prazgodovinskega železarstva pri nas mnogo več kot odgovorov. V zadnjih letih se skozi posamezne projekte kaže, da je interdisciplinarnost tista, ki lahko obrodi največ sadov, čeprav doslej poteka precej nesistematično in je plod osebnih pobud.

Železarstvo kot podstat razvoja halštatske kulture v jugovzhodni Sloveniji je torej pomembna le na deklarativni ravni, njenega realnega obsega, tehnološkega ozadja in pomena pa v resnici ne poznamo. Ali lahko kot stroka to sprejmemo?

Novosti, ki jih prinašajo raziskave Cvingerja pri Dolenjskih Toplicah, nas postavljajo na križpotje. Odločiti se torej moramo, ali želimo ostati na poti, po kateri hodimo zadnja desetletja, ko stihijsko pobiramo naključne drobtinice o železarstvu v prazgodovini, kot nam jih večinoma razkrivajo arheološki posegi v sklopu zaščitnih raziskav. Ali pa bomo stopili naprej in izkoristili potencial arheoloških ostalin, ki je bil zaznan že pred več kot stoletjem, a je ostal v veliki meri neizkoriščen. Da torej ne ostane le pri »večnem potencialu« ...

Literatura / References

- BIELENIN, K. 1977, Frühgeschichtliches Bergbau- und Eisenhüttenwesen im Świętokrzyskie-Gebirge. – V / In: *Eisenverhüttung vor 2000 Jahren Archäologische Forschungen in der VR Polen*, Düsseldorf, 11–26.
- BREŠČAK, D. 1986, Veliki Lipovec. – *Varstvo spomenikov* 28, 251.
- CLEERE, H. F. 1972, The classification of early iron-smelting furnaces. – *The Antiquaries Journal* 52, 8–23.
- CLEERE, H. F. 1981, *The iron industry of Roman Britain*. – Neobjavljena doktorska disertacija, University of London, London.
- CZARNECKA, K. 2000, Iron Smelting in the Pre-Roman and Roman periods in central Poland. – V / In: M. Feugere, M. Guštin (ur. / eds.), *Iron, Blacksmith and Tools. Acts of the Instrumentum Conference at Podsreda (Slovenia) in April 1999*, Monographies Instrumentum 12, Montagnac, 89–93.
- ČREŠNAR, M., M. MELE, K. PAITLER, M. VINAZZA (ur. / eds.) 2015, *Archäologische Biographie einer Landschaft an der steirisch-slowenischen Grenze / Arheološka biografija krajine ob meji med avstrijsko Štajersko in Slovenijo*. – Schield von Steier, Beiheft 6, Graz, Ljubljana.
- DULAR, J., B. KRIŽ 2004, Železnodobno naselje na Cvingerju pri Dolenjskih Toplicah. – *Arheološki vestnik* 55, 207–250.
- DULAR, J., S. CIGLENEČKI, A. DULAR 1995, *Kučar. Železnodobno naselje in zgodnjekrščanski stavbni kompleks na Kučarju pri Podzemlji / Eisenzeitliche Siedlung und frühchristlicher Gebäudekomplex auf dem Kučar bei Podzemelj*. – Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 1, Ljubljana.
- DULAR, J., P. PAVLIN, S. TECCO HVALA 2003, Prazgodovinska višinska naselja v okolici Dol pri Litiji / Vorgeschichtliche Höhensiedlungen in der Umgebung von Dole pri Litiji. – *Arheološki vestnik* 54, 159–224.
- DULAR, J., S. TECCO HVALA 2007, *South-Eastern Slovenia in the Early Iron Age. Settlement, economy, society / Jugovzhodna Slovenija v starejši železni dobi. Poselitev, gospodarstvo, družba*. – Opera Instituti archaeologici Sloveniae 12, Ljubljana.
- ESCHENLOHR, L. 1997, Die direkte Eisenerzverhüttungsmethode im Rennofen / La méthode directe de réduction du minerais de fer au bas fourneau. – V / In: *Technique des fouilles. Minerai, scories, fer / Grabungstechnik. Erze, Schlacken, Eisen*, Basel, 17–29.
- GABROVEC, S. 1994, *Stična I. Naselbinska izkopavanja / Stična I. Siedlungsausgrabungen*. – Katalogi in monografije 28, Ljubljana.
- GRAHEK, L. 2017, Nova odkritja grobov iz starejše in mlajše železne dobe na Viru pri Stični / Newly discovered graves from the Early and Late Iron Age at Vir pri Stični. – *Arheološki vestnik* 68, 197–244.
- GUTMAN, M. 2015, Analiza žlindre. – V / In: T. Gerbec, *Hotinja vas. Zbirka Arheologija na avtocestah Slovenije* 45, Ljubljana, 167–170.
- HORN, B., B. MUŠIČ, M. ČREŠNAR (v tisku/in print), Innovative Approaches for Understanding Early Iron Age Fortifications. Emphasize on 2D Subsurface Models in the Light of Electrical Resistivity Tomography. – V / In: T. Tkalcic (ur. / ed.), *Fortifications, defence systems, structures and features in the past*. Zbornik Instituta za arheologiju / Serta Instituti Archaeologici, Zagreb.
- HROVATIN, I. M. 2013, Makroskopska analiza železarskega odpada in rude. – V / In: R. Masaryk, *Dolenji Podboršt pri Trebnjem. Zbirka Arheologija na avtocestah Slovenije* 43, Ljubljana, 94–99.
- HROVATIN, I. M. 2016, Analiza žlindre. – V / In: F. Bogataj, R. Masaryk, I. M. Hrovatin, L. Grahek (ur. / eds.), *Pred 2.500 leti so na Štalci kovali železo. Železne niti* 13, 85–87.
- HROVATIN, I. M., S. KRAMAR 2015, Poročilo o analizi žlindre. – V / In: P. Pavlin (ur. / ed.), *Pod Kotom - cesta pri Krogu. Zbirka Arheologija na avtocestah Slovenije* 48, Ljubljana, 154–159.
- HORVAT, M. 2007, *Sela pri Dobu*. – Zbirka Arheologija na avtocestah Slovenije 3, Ljubljana.
- JELENC, D. 1953, O raziskovanju mineralnih surovin v LR Sloveniji. – *Geologija* 1, 11–36.
- KRIŽ, B. 1990, Brezje pri Trebelnem, Trebnje. – V / In: D. Breščak (ur. / ed.), *Arheološka najdišča Dolenjske, Arheo*, Ljubljana, 21–22.

- KRIŽ, B. 1993, Vinkov vrh. – *Varstvo spomenikov* 34, 315.
- KRIŽ, B. 1998–1999, Iron smelting furnaces at Cvinger near Dolenjske Toplice. – *Archaeologia Austriaca* 82–83, 498–500.
- LAMUT, J. 2007, Tehnološki razvoj metalurgije železa in jekla. – V / In: K. Oder (ur. / ed.), *Med železom in kulturo. Naša dediščina, naša pot*, Ravne na Koroškem, 28–44.
- MASARYK, R. 2013, *Dolenji Podboršt pri Trebnjem*. – Zbirka Arheologija na avtocestah Slovenije 43, Ljubljana.
- MASON, P. 2006, Pungart. – *Varstvo spomenikov* 39–40, 103.
- MASON, P. 2006, Meniška vas. – *Varstvo spomenikov* 39–40, 133.
- MASON, P., I. PINTER 2001, Krajinski park Lahinja. – *Varstvo spomenikov* 38, 33–34.
- MASON, P., M. DRAKSLER, I. PINTER 2008, Jurka vas – arheološko najdišče Pučne. – *Varstvo spomenikov* 44, 260.
- MASON, P. 2014, Kučar near Podzemelj. An Iron Age hillfort Complex. – V / In: S. Tecco Hvala (ur. /ed.), *Studio Praehistorica in Honorem Janez Dular*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 30, Ljubljana, 213–224.
- McINTOSH, G., G. CATANZARITI 2006, Introduction to arheomagnetic dating. – *Journal on Methods and Applications of Absolute Chronology* 25, 11–18.
- MASON, P., D. MLEKUŽ 2016, Negotiating space in the Early Iron Age landscape of south-eastern Slovenia: the case of Veliki Vinji vrh. – V / In: I. Armit, H. Potrebica, M. Črešnar, P. Mason, L. Büster (ur. / eds.), *Cultural encounters in Iron Age Europe*. Archaeolingua, Series Minor 38, Budapest, 95–120.
- MEDARIĆ, I., B. MUŠIČ, M. ČREŠNAR 2016, Tracing the flat cremation graves using integrated advanced processing of magnetometry data (case study of Poštela near Maribor, NE Slovenia). – V / In: I. Armit, H. Potrebica, M. Črešnar, P. Mason, L. Büster (ur. / eds.), *Cultural encounters in Iron Age Europe*. Archaeolingua, Series Minor 38, Budapest, 67–93.
- MEDVED, J., P. MRVAR, M. VONČINA 2013, Preiskava arheometalurških vzorcev žlinder. – V / In: R. Masaryk, *Dolenji Podboršt pri Trebnjem*. Zbirka Arheologija na avtocestah Slovenije 43, Ljubljana, 93–94.
- METERC, J. 1994, Prazgodovinska žlindra iz Stične / Die vorgeschichtliche Schlacken aus Stična. – V / In: S. Gabrovec (ur. / ed.), *Stična I. Naselbinska izkopavanja / Stična I. Siedlungsausgrabungen*. Katalogi in monografije 28, Ljubljana, 186–189.
- MIHEVC, A., P. BOSAK, P. PRUNER, B. VOKAL 2002, Fosilni ostanki jamske živali *Marifugia cavatica* v brezstropni jami v kamnolomu Črnotiče v zahodni Sloveniji. – *Geologija* 45/2, 471–474.
- MLEKUŽ, D., M. ČREŠNAR 2014, Landscape and Identity politics of the Poštela hillfort. – V / In: S. Tecco Hvala (ur. /ed.), *Studio Praehistorica in Honorem Janez Dular*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 30, Ljubljana, 197–211.
- MUŠIČ, B., M. ČREŠNAR, I. MEDARIĆ 2014, Možnosti geofizikalnih raziskav na najdiščih iz starejše železne dobe. Primer Poštela pri Mariboru. – *Arheo* 31, 19–47.
- MUŠIČ, B., M. VINAZZA, M. ČREŠNAR, I. MEDARIĆ 2015, Integrirane neinvazivne raziskave in terensko preverjanje. Izkušnje s prazgodovinskih najdišč severovzhodne Slovenije. – *Arheo* 32, 37–64.
- MUŠIČ, B., L. ORENGO 1998, Magnetometrične raziskave železnodobnega talilnega kompleksa na Cvingerju pri Meniški vasi. – *Arheološki vestni* 49, 157–186.
- MÜLLNER, A. 1909, *Geschichte des Eisens in Krain, Görz und Istrien von Urzeit bis zum Anfange des XIX. Jahrhundert*. Wien, Leipzig.
- ODER, K. (ur. / ed.) 2008, *Tri tisočletja železarstva na Slovenskem. Slovenska pot kulture železa*. Razstavni katalog, Ravne na Koroškem.
- ORENGO, L., P. FLUZIN 2006, Železne metalurške ostaline iz Trnave. Rezultati metalografskih raziskav. – V / In: M. Novšak, *Trnava*. Zbirka Arheologija na avtocestah Slovenije 2, Ljubljana, 62–66.
- PAVLIN, P. 2011, Prazgodovinsko višinsko naselje Graderc pri Blečjem Vruhu na Dolenjskem / The prehistoric

- hilltop settlement of Gradec near Blečji Vrh in Dolenjska. – *Arheološki vestnik* 62, 131–163.
- SCHMID, W. 1939, Vače. Predzgodovinska naselbina. – *Glasnik muzejskega društva za Kranjsko* 20, 96–114.
- SLAPŠAK, L. 1970, Valična vas. – *Varstvo spomenikov* 13–14, 184.
- STILLINGER, M. D., J. M. FEINBERG, E. FRAHM 2015, Refining the archaeomagnetic dating curve for the Near East: new intensity data from Bronze Age ceramics at Tell Mozan, Syria. – *Journal of Archaeological Science* 53, 345–355.
- SVOLJŠAK, D. 2013, Podsmreka 1. – V / In: I. Murgelj, *Podsmreka pri Višnji gori. Zbirka Arheologija na avtocestah Slovenije* 42, Ljubljana, 328–329.
- ŠORN, J. 1980, Železarna na Dvoru pri Žužemberku. – V / In: J. Šorn, M. Matijevič, M. Margi (ur. / eds.), *Železarna na Dvoru pri Žužemberku: zgodovina, tehnologija, izdelki*, Novo mesto 7–36.
- TERŽAN, B. 1976, Certoška fibula / Die Certosafibel. – *Arheološki vestnik* 27, (1977), 317–536.
- TERŽAN, B. 2004, Obolos - mediterrane Vorbilder einer prämonetären “Währung” der Hallstattzeit?. – V / In: B. Hänsel (ur. / ed.), *Parerga praehistorica. Jubiläumschrift zur prähistorischen Archäologie, 15 Jahre UPA*. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 100, Bonn, 161–202.
- TERŽAN, B. 2008, Stiške skice. – V / In: S. Gabrovec, B. Teržan (ur. / eds.), *Stična. 2/2. Gomile starejše železne dobe / Grabhügel aus der älteren Eisenzeit, Razprave / Studien. Katalogi in monografije* 38, (2010), Ljubljana, 189–325.
- TRAMPUŽ OREL, N. 2012, Začetki železa na Slovenskem / The beginnings of iron in Slovenia. – *Arheološki vestnik* 63, 17–36.
- TURK, P., T. VERBIČ 1993, Uvodna razprava za posodobitev kronologije mlajšega pleistocena v Sloveniji. – *Arheološki vestnik* 44, 29–44.
- UDOVČ, K. 2007, Vinkov vrh pri Dvoru. – *Varstvo spomenikov* 43, 234.
- VUGA, D. 1982, Polica pri Grosupljem. – *Varstvo spomenikov* 24, 163.
- ZUPAN HAJNA, N., A. MIHEVC, P. PRUNER P. BOŠÁK 2012, Starost jamskih sedimentov v Sloveniji / The Age of the Cave Sediments in Slovenia. – V / In: M. Andrič (ur. / ed.), *Dolgoročne spremembe okolja* 1. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 25, Ljubljana, 89–100.
- ZUPANIĆ, N. 1933, Prazgodovinske topilnice železa na hribu Kučar na Belokranjskem. – *Etnolog* 5–6, 359–360.
- ŽORŽ, A. 2012, Leskovec pri Krškem. – *Varstvo spomenikov* 47, 85.