

V s e b i n a

Aleksander Rjazancev

PO POTI ŽELEZARSKEGA BOHINJA (DK 533.3) 43

Aleksander Rjazancev

VESTI O BOBOVCIH IZ JULIJSKIH ALP (DK 533.1) 67

Aleksander Rjazancev

BOBOVCI JULIJSKIH ALP (DK 533.1) 71

Aleksander Rjazancev

**DRUGO POSKUSNO TALJENJE BOBOVCA NA USEJ-
CI NAD VASJO STUDOR (DK 669.09) 85**

Aleksander Rjazancev

OD BOBOVCA DO ŽELEZA (DK 669.09) 97

Naslovna stran: Pogled na železarski Bohinj z Vogla

»ŽELEZAR«

TEHNIČNA PRILOGA

Tehnična priloga Zelezarja — Glasilo DIT Jesenice — Odgovorni urednik ing. Stanko Čop. Člani uredniškega odbora: ing. Frane Babšek, ing. Marin Gabrovšek, ing. Miloš Gregorčič, Anton Grošelj, ing. Jože Kramar, ing. Pavle Sešek, ing. Slavica Sešek, Bratko Škrlj, Edo Zagar.
Tisk: CP »Gorenjski tisk«, Kranj

LETO V.

MAJ 1963

ST. 2

Aleksander Rjazancev

DK 533.3

Po poti železarskega Bohinja

Temelje za proučevanje zgodovine železarstva v Bohinju so nam postavili J. V. Valvasor, B. Hacquet, A. Morlot, F. Sprung, knez R. Windischgraetz ter A. Müllner. Največji delež z ozirom na arheološka izkopavanja pa pripada arheologu dr. V. Šmidu.

V prispevku »Po poti železarskega Bohinja« sem se omejil na nekatera že znana dejstva, ki sem jih skušal dopolniti z novimi izsledki in podatki. S tem naj bi bila poudarjena tudi tehnična stran, ki je pri obravnavanju železarstva na področju Bohinja najmanj zastopana. Vsak nov podatek naj bi bil dodatni člen v dolgi verigi spoznavanja preteklosti železarskega Bohinja.

Krajevno ime Bohinj je zelo staro. Izvira iz časov pred naselitvijo Slovanov. Po mišljenju prof. Franca Ramovša iz Ljubljane je ime Bohinj ilirsko-karnskega izvora in je v zvezi z imenom gozda Bacony.

V preteklosti je Bohinj slovel po obširnih bukovih gozdovih, zato so ga prišleci z onstran južnih bohinjskih gora imenovali Bacony. Prvotno je ime po vsej verjetnosti veljalo za neko antično naselje (morda Studor) blizu današnje Srednje vasi v zgornji bohinjski dolini. Zanimivo je, da še danes domačini omenjajo ime Bukovo, kar je istovetno z Bohinjem.

Danes je Bohinj med najlepšimi alpskimi pokrajinami. Obkrožajo jo široke terase Vogarja, Uskovnice, Storeč ravni, Strone in Vresja. Bohinjska kotlina se razprostira od vzhoda proti zahodu med orjaškimi stenami Triglava in njegovimi sosedi. Dolga je 28 km s srednjo višino 507 m. Na nekaterih mestih je dolina samo 1 km široka, medtem ko je najširša pri Nomnju, Bohinjski Bistrici in Stari Fužini.

V zgornjem delu je jezerska kotlina, v srednjem Bohinju Zgornja in Spodnja dolina, ki sta vzporedni in ju loči gorska pregrada Rudnice in Šavnice, v spodnjem delu pa nomenjska kotlina.

Pri proučevanju zgodovine rudarstva in selišč bohinjskih gorjanov nas zanimajo predvsem gorski predeli od Spodnjih bohinjskih gora do Triglava, od Komne do Pokljuke in Jelovice. Tereni za proučevanje železarske zgodovine pa so v nomenjski, Spodnji in Zgornji dolini na vetrovnih gričih in ob vodah.

Dolga so bila obdobja, ki so povezana z zgodovino tehnične dejavnosti človeka, ko je opustil iskanje kresilnika, zamenjal bron in pričel z iskanjem železnih rud. Najvažnejši je bil »Isar Non«, to je železo, kot so ga imenovali ilirski rodovi.

Bohinj velja za cno redkih evropskih železarskih akropol. Železarstvo je šlo skozi vse razvojne stopnje od vetrnih peči do Zoisovega plavža v Bohinjski Bistrici. Kovaško kladivo je prehajalo iz roda v rod, stopinje tovarnikov preko Baškega sedla pa niso nikdar onemele. Železo je dajalo Bohinju življenje, trgovino in blagostanje.

Na Ajdovskem gradu, Dunaju pri Jereki, Studorju in Komni se še danes najdejo žlindre vetrnih peči, ki jih zob časa ni mogel uničiti. Dokazujejo nam, da je tam prebival gozdni kovač, ki je talil in koval železo, pridobljeno iz bobovcev. Velike količine zaostalega, nezreduciranega železa v žlindrah ter njih ležišča, izdajata tehniko takratnega človeka, ki si še ni znal podrediti vodne sile za pogon mehov. Vetrne peči si je postavljaj tam, kjer je bilo dovolj vetrovno ter varno, torej v bližino selišč.

Med poznejša železarska selišča, ki so nastala ob vodah, štejemo Staro Fužino, Bohinjsko Bistrico, Pozabljeno, Mešenac in Korita. To so bila že večja železarska združenja (fužine), ki so delovala s pomočjo vodnih koles, ki so gnala tudi mehove. Do konca 19. stoletja so se obdržale le tri fužine: Stara Fužina, Bohinjska Bistrica in Pozabljeno, ki so bile v posesti Kranjske industrijske družbe, predhodnice današnje Železarne Jesenice.



Slika 1 — Ob Bohinjskem jezeru se stikajo vse tri kotline. Okrog cerkve sv. Janeza in v cerkveni lopi so bili v 15. stoletju železarski sejmi

Bohinj v predželezarski dobi

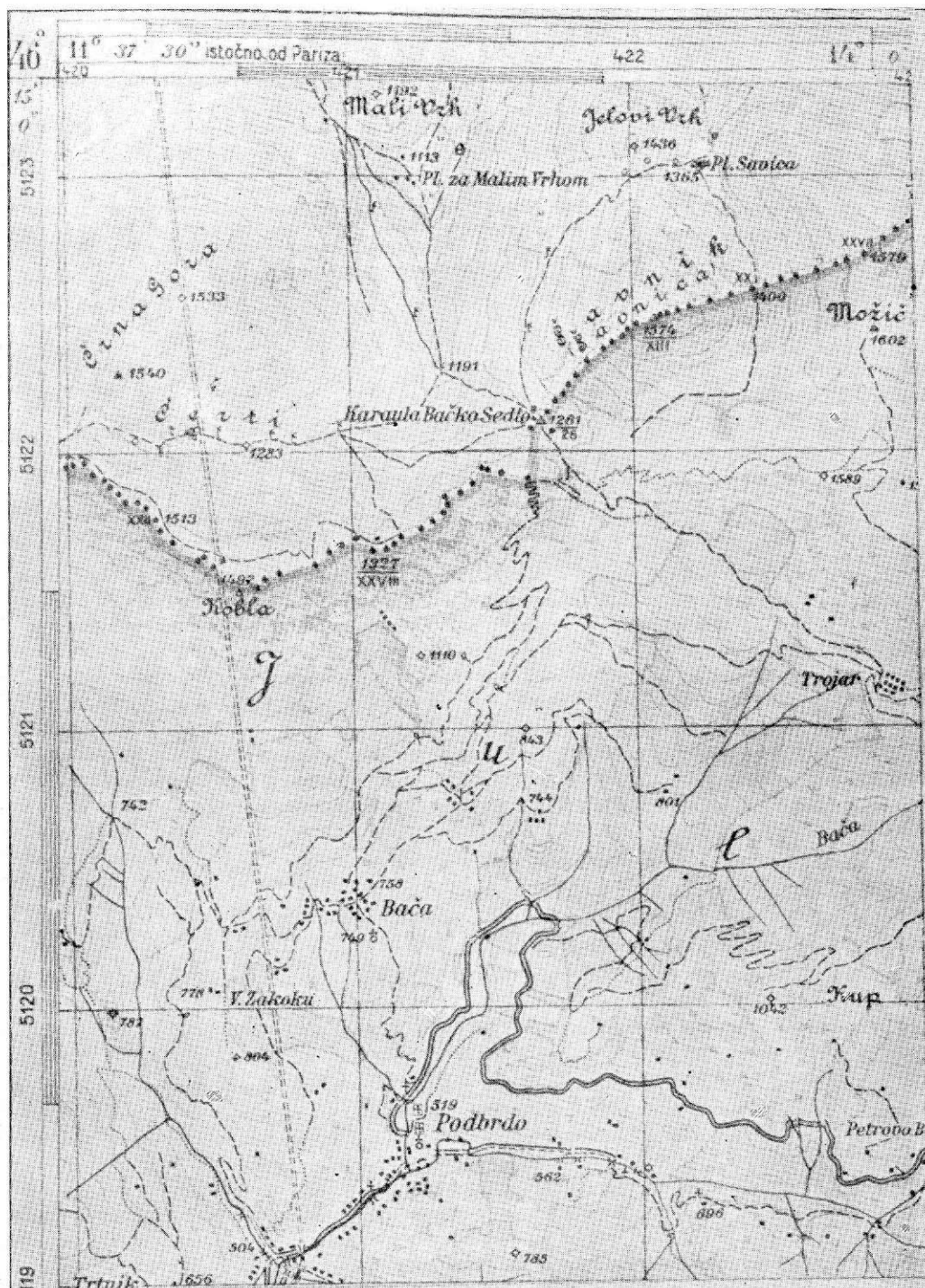
Do pred nekaj leti se je sklepalo, da se zgodovina Bohinja pričenja z železarstvom, ker so pri arheoloških izkopavanjih našli ostanke stare kulture iz hallstattskega obdobja. Ko pa sem leta 1959 našel v Studorju (Zgornja bohinjska dolina) kamenita artefakta in okruška, se je začetek zgodovine Bohinja premaknil daleč nazaj v sivo preteklost, to je v kameno dobo. Po tipološki oznaki

bi bila najdba tudi starejša od neolita. Leta 1961 smo našli še dva artefakta na Rudnem polju in Spodnjih Gorjušah.

Vprašanje bronaste dobe še ni rešeno. V. Šmid omenja bronasto konico bodala, ki so jo našli na planini Lipanca. Ker se ta planina nahaja na Pokljuki, je bil V. Smid prepričan, da so bila tam najstarejša pota, ki so povezovala Karavanke z alpskimi predeli. V zvezi z bronasto konico je



Slika 2 — Artefakta in okruški — Studor



Slika 3 — Južne bohinjske gore — sedlo Bača

zanimivo dejstvo, da je bila najdena v enaki nadmorski višini kot vsi doslej najdeni bronasti predmeti v Karavankah.

Po naključju je leta 1961 na Ribčevem lazu ob Bohinjskem jezeru našel domačin J. Repinc predzgodovinski, žgan grob, v katerem je našel bronasti trnek za ribolov, kroglice za ogrlico in več fragmentov iz bronu.

Železarstvo od začetka do konca rimskega imperija

Začetke železarstva je proučeval Šmid. Z arheološkimi izkopavanji na različnih krajih je prišel do pomembnih zaključkov. O prihodu prvih železarjev je zapisal: »Pri Sv. Luciji in Idriji so nastale najstarejše predzgodovinske naselbine. Ilir-

ski Karni, ki so z Veneti iz Este in Padove narodnostno in kulturno najbolj sorodni, so naselili to področje v sedmem stoletju pred našim štetjem. Pri iskanju rude so prišli Karni, sledeč toku Bače, tudi preko sedla Bače v Bohinj.»

V. Šmid je bil prepričan, da so Karni Bohinj precej gosto naselili in da je bila najpomembnejša naselbina v Spodnji bohinjski dolini na Ajdovskem gradu ob Savi Bohinjski pri Bohinjski Bistrici. Ajdovski gradec je imel tudi strateški položaj, prebivalci pa pregled nad Spodnjo dolino.

Z naselitvijo Karnov in pozneje Kelto je postal Bohinj eno pomembnih središč južnega Norika. Železo, pridobljeno iz bobovcev Julijskih Alp, so prinesli na Ajdovski gradec tudi iz drugih krajev bohinjske kotline. Iz tega trgovskega središča pa so ga po tovarniški poti preko Baškega sedla in Suhe tovorili onstran južnih bohinjskih gora.

Konec latenske dobe je pomenil prihod osvajačnih Rimljanov v noriške dežele. Kdaj so prišli Rimljani v Bohinj, še ni pojasnjeno. Edino zvezo z njimi kaže denar, iz česar bi se dalo sklepati le na trgovske stike vsaj do tretjega stoletja po našem štetju. (V Tehn. železarskem muzeju hranimo 92 bakrenih rimskih novcev iz okolice Ajdovskega gradca.)

Bohinj je pravzaprav svet zase, od vseh strani je zaprt in težko dostopen. Za Rimljane je bil verjetno dolgo časa nepomemben in pregorat, kajti rimske legije so se raje izogibale takih krajev, ker so bili prenevarni, težko prehodni in brez zvez z zaledjem.

V začetku našega štetja niso bile Alpe več meja med Galijo in Italijo. V Posočju so rimski legionarji neusmiljeno požigali gradišča in uničevali karnsko ljudstvo. Nekaterim Karnom je uspelo pobegniti pred napadalci v gore. Preko Baškega sedla, čez Suho, Zadnjo Suho in Globoko so prihajali dolinci iskat varnih zavetišč pred napadalci. Svet pod Triglavom je oživel. Življenje je bilo sicer trdo, a je bilo svobodno.

Rimljani so že pred podjarmljenjem Ilirov in Kelto kupovali železo za svojo številno armado tudi v Noriku in Iliriku. Da bi Rimljani uresničili svoje geslo: »Enotna govorica in en sam imperij«, je bilo treba mnogo železa. Zato si je moral rimski vojak s sulico in kratkim mečem (gladius hispanus) v roki utirati pot v dežele, kjer je bilo železo. Za Rim je bila velika pridobitev »ferrum noricum«.

Z okupacijo Norika železarstvo ni utrpelo nobenega zastoja. Topilnice in kovačnice so postale državna last. V njih so ostali dela večji ljudje. Železar je spadal med privilegirance, čeprav je bil med premaganci. Kot je razvidno iz primera v Bohinju na Ajdovskem gradu, so Rimljani železarjem nudili vso zaščito ter jih pred napadalci varovali z obzidjem.

Za časa rimljanskih gospodarjev se je prekovalo mnogo železa doma v Bohinju in okrog železnikov. Železo so tovorili po istih poteh kot prej

vse do velikih rimskih kovačnic in orožarn v Veroni in Mantovi.

Prišel pa je čas, ko je moral rimski legionar zapustiti noriške dežele in se umakniti na svoje ozemlje. Z razsulom rimskega imperija pa je tudi v Bohinju nastal zastoj v rudarstvu in železarstvu. Izhajeno pot preko Bače na jug je prerasla trava.

Ajdovski gradec

Že v prejšnjem stoletju je bilo o železarstvu na Ajdovskem gradu precej govora in nesporek. Prve uradne vesti o tem je podal zgodovinar Richter leta 1821 v »Illyrisches Blatt« v sestavku »Die Woche in«. Ljudska govorica in omenjeni članek v ljubljanskem tedniku so dali povod našemu pesniku Francetu Prečernu, da je v Ajdovskem gradu videl trdnjavo, katere moč opeva v Uvodu h Krstu pri Savici:

On z njimi, ki še trd' jo vero krivo,
beži tja v Bohinj, v Bistriško dolino,
v trdnjavo zidano na skalo sivo.
Še dandanašnji vidiš razvalino,
ki Ajdovski se gradec imenuje,
v nji gledaš Črtomirovo lastnino.

Slovenski narod je bil prepričan, da je trdnjavo oblegal in zavzel sovražnik. Po ustnem izročilu to obleganje ni bilo prvo, pač pa zadnje, ki je trajalo od ajdove setve do ajdove žetve. Po padcu trdnjave je bil hkrati uničen zadnji ostanek Ajdov v Bohinju. Ostalo je samo še ime Ajdovski gradec.

Zaradi H. Costovega članka »Reiserinnerungen aus Krain« (Laibach 1848, str. 179) pa je vzplamtel ponovna razprava o Ajdovskem gradu, katerega razvaline so 1693. leta porabili za gradnjo cerkve na Bitnjah, ki leže nasproti Ajdovskega gradca na drugi strani Save Bohinjske.

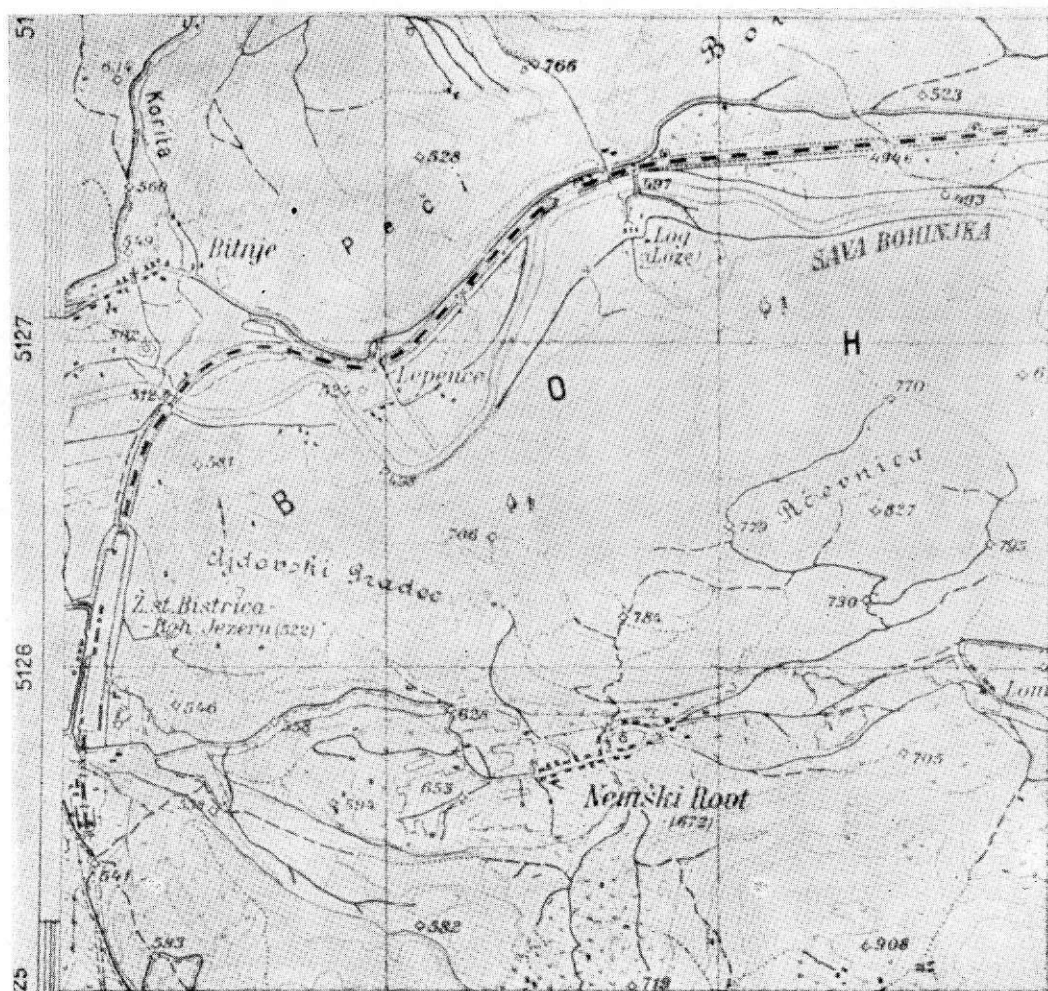
Ko je A. Morlot po izkopavanju na Ajdovskem gradu leta 1849 objavil razpravo pod naslovom »Ueber die Spuren eines befestigten römischen Eisenwerkes in der Woche in Oberkrain« v Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt 1. Jahrgang 1850, II. Vierteljahr str. 199—212, se v Ljubljani Deschmann in Hochstetter nista strinjala z vsebino. Spor je nastal zato, ker je Morlot trdil, da je bil Ajdovski gradec utrjena rimska železarna, ki je bila silovito razdejana in opuščena v drugi polovici četrtega stoletja in da prebivalci Bohinja pred prihodom Rimljanov še niso poznali železa.

Zgodovinar Anton Koblar omenja v Zgodovini železarstva na Kranjskem, da je Morlot vse to sklepal po rimskem obzidju, ki ga je izkopal, in denarju, ki je spadal v dobo od Avgusta do Konstansa (72—350).

Koblar je dalje zapisal, da je Morlotova trditev brez trdnje podlage in da sta Deschmann in Hochstetter dokazala, da so bile fužine že tudi pred-rimske. To dejstvo sta podkrepila z najdbami kneza R. Windischgractza z Bleda, ki je za Morlotom izkopaval v Bohinju in našel mnogo brosnatih in železnih predmetov iz pred-rimske dobe.



Slika 4 — Znamenito Bitenško polje — zadaj Ajdovski gradec

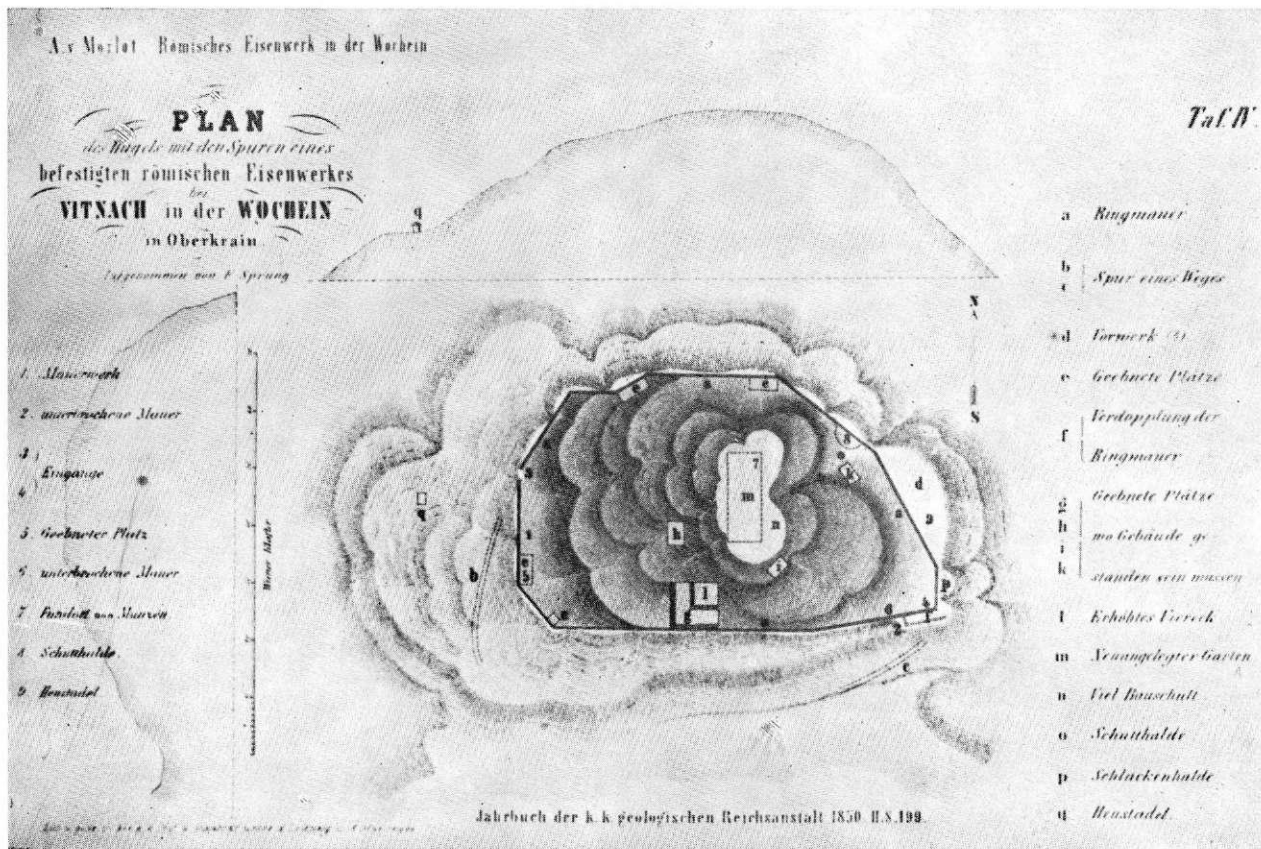


Slika 5 — Zemljepisna lega Ajdovskega gradca

Razumljivo je, da Morlot in Sprung nista mogla vsega dognati. Morlot je zapisal in trdil le tisto, kar je izkopal in uskladi preteklost z najdbami.

O delovanju rimske železarne na Ajdovskem gradcu je pa vsaj za naše pojme dal izredno pomembne podatke in zaključke. Morlot in Sprung sta bila prva, ki nista razpravljala samo o zgodovini Ajdovskega gradca, temveč sta se zanimala tudi za to, da bi ugotovila način taljenja bobovcev, vrsto peči, lastnosti železa in žlinder. Prav s pomočjo proučevanja žlinder je hotel Morlot doumeti način železarjenja in je v ta namen dal dva primerka na Dunaju tudi kemično preiskati.

ročila »Bohinjsko železarstvo« zremo o Ajdovskem gradcu naslednje: »Obli vrh zaradi strmo padajočih pobočij in prepadnih sten ni potreboval nobenih utrd. Manjše koče in kovačije so bile raztresene po zmernejših pobočjih in terasah griča (izkopanih je pet hiš, tri kovačije in štiri topilne peči). Hiše so bile zgrajene iz hlodov na lahkem kamnitem podstavku, pri čemer so bila tla le grobo izravnana. Imele so en sam prostor, kakor še danes koče naših drvarjev ter so bile opremljene z zidanimi ognjišči iz kamnja in z ležiščem, ki je bilo tudi zgrajeno iz kamnja (verjetno pa krito z mahovino, senom ali slamo in kožuho vino).



Slika 6 — Načrt o izkopavanju na Ajdovskem gradcu l. 1849

Kemični analizi po Morlotu:

	I.	II.
kremenica	16,2	20,5
glina	3,2	6,4
apnena zemlja	1,1	3,0
železov oksidul	79,3	69,1
(železo)	(61,3)	(54,0)
	99,8	99,0

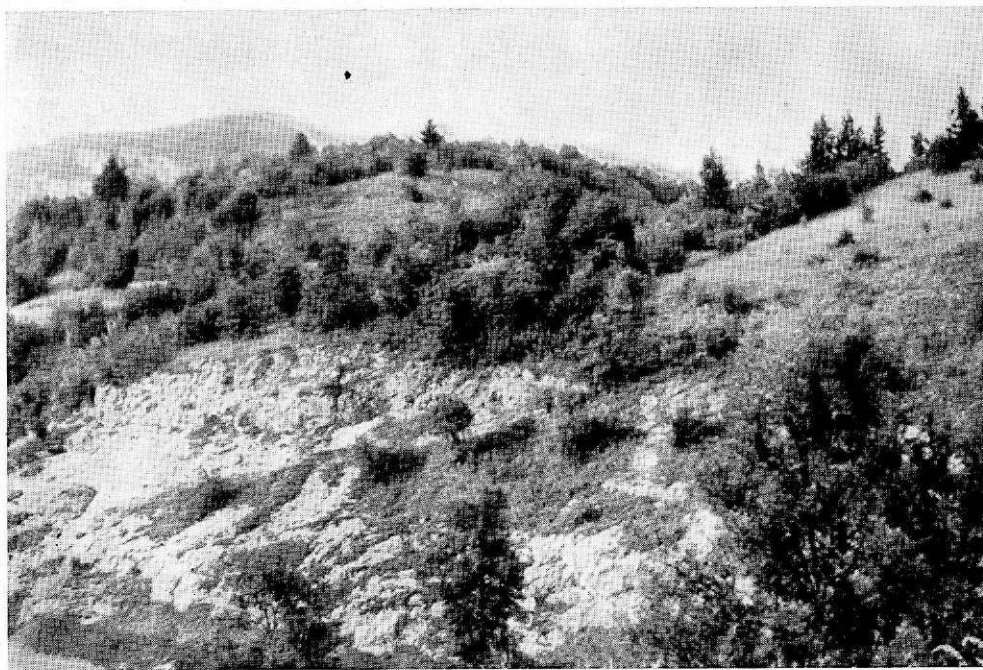
Ajdovski gradec je bil po Morlotu in Windischgratzu do 1937. leta pozabljen. S ponovnimi odkopavanji in raziskovanjem je začel univ. prof. arheologije dr. V. Šmid iz Gradca. Iz njegovega po-

Sosednja naselbina je stala nasproti vasi Bitnje v spodnjem in zgornjem gradišču; utrjeno opazovališče naj bi javilo prihod sovražnika od vzhoda. Dva krožna nasipa sta bila na višinah nad sedanjim hotelom Belevue ob Bohinjskem jezeru (Veliki in Mali gradec) en krožni nasip vsekakor v Stari Fužini, naslednja naselbina je bila na Žlanu, kjer so pod razvalinami hiše iz zgodnjega srednjega veka našli dva groba iz petega stoletja pred našim štetjem.

Najstarejša topilna mesta na Ajdovskem gradcu so stala na severni strani, na terenu, ki leži proti Savi. Topilni prostor I je bil v kameniti špranji, ki je bila dva metra dolga, 1,45 m široka in 80 cm globoka. Na gladkem 70 do 100 cm širo-



Slika 7 — Ajdovski gradec iz smeri Lepence



Slika 8 — Ajdovski gradec iz smeri Bohinjska Bistrica

kem, rahlo nagnjenem terenu se je našla žlindra in ilovnata obloga, topilni prostor pa je bil zavarovan proti vremenskim neprilikam s primitivno leseno streho. Pri topilnem prostoru II, ki se je nahajal v 3,20 m dolgi in 2 m široki ter 70 cm globoki kameniti špranji, je bilo 4 do 5 malih, okroglih in neenakomernih v skalo vsekanih kadunjc, ki so služile kot topilne peči (velikosti:

70 × 8 cm širine, 45 cm globine, 55 × 50 × 28 cm, 65 × 48 × 33 cm, 46 × 40 × 10 cm in še manjše). Pri obeh topilnih prostorih je bilo mogoče opaziti nekaj popravljenih in obdelanih kamenitih zidov. Rudo za topljenje na Ajdovskem gradcu so dovajali z Rudnice, kjer so še danes vidni izkopani jarki za rudo, kakor tudi iz jarka Suhe pod Rodico. Karni so uporabljali kot topilno sredstvo

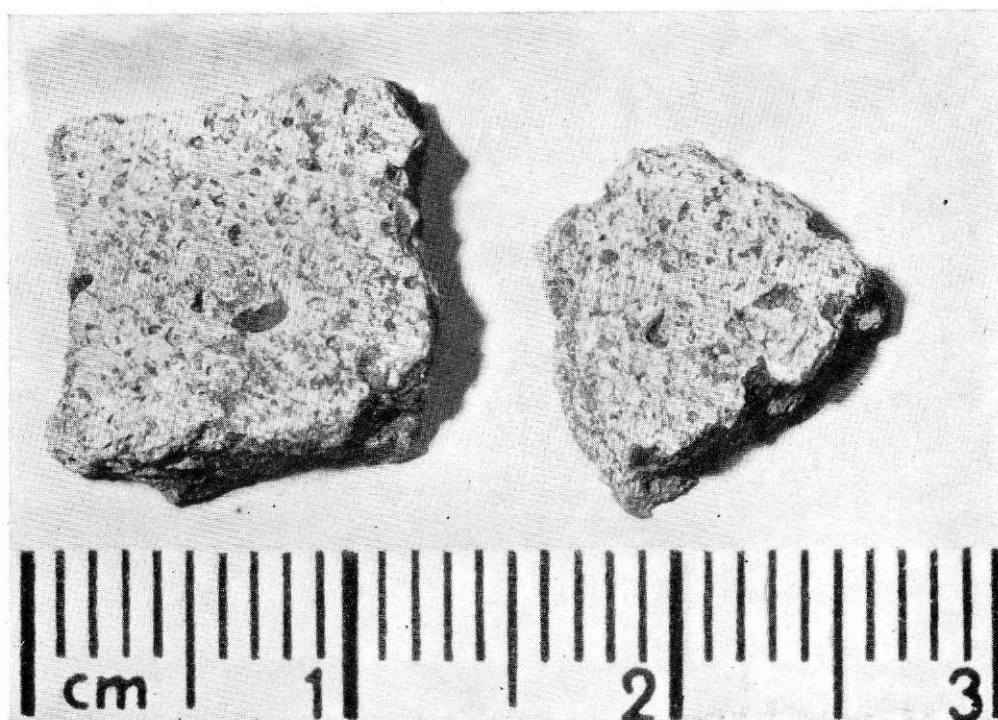
apnenec, peščenec iz Bohinja in kremenčev konglomerat iz doline Sorice ali iz Lepen nad Javornikom. Na topilne prostore so v slojih nalagali oglje in rudo, zakurili in s smrekovimi vejami ter mehovi dovajali zrak k mali kopii. Na ta način se je topila ruda. Taka ognjišča na volka so dajala zelo dobro železo in jeklo. Toda topilni proces je bil še nepopoln, ker so vsebovale žlindre z Ajdovskega gradca še 54 % do 61,3 % železa. Popolnejši pa so bili topilni prostori v jugovzhodnem kotu griča Ajdovskega gradca. Dve topilni peči sta bili postavljeni na robu griča, izven jugovzhodnega kota poznorimskega nasipa, pred katerim leži manjši nasip žlindre, poleg katerega je stala topilna peč III (ki jo je leta 1849 že izkopal A. pl. Morlot).

V tej peči se je ruda enostavno topila v jami, ker o neki nadzidavi ni bilo nobenega sledu.

Živahna železarska industrija v Bohinju je eksportirala svoje izdelke v dolino Bače in Soče, kar dokazujejo množične najdbe orodja, ki je bilo najdeno v grobovih v Idriji pri Bači. Najdeni so bili železni predmeti, ki so se uporabljali v kmetijstvu in gospodinjstvu: plugi, sekire, motike in rovnice, kose, drevesni srpi, lopate, noži, klešče, sita itd.; toda samo posamezni meči in konice sulic.

Večji del železnih predmetov iz Idrije spada v srednjo in pozno keltsko dobo (300 do 15 pred našim štetjem).

V rimski dobi je ugasnilo življenje na krožnih nasipih. Raziskovalcem se do sedaj še ni posrečilo



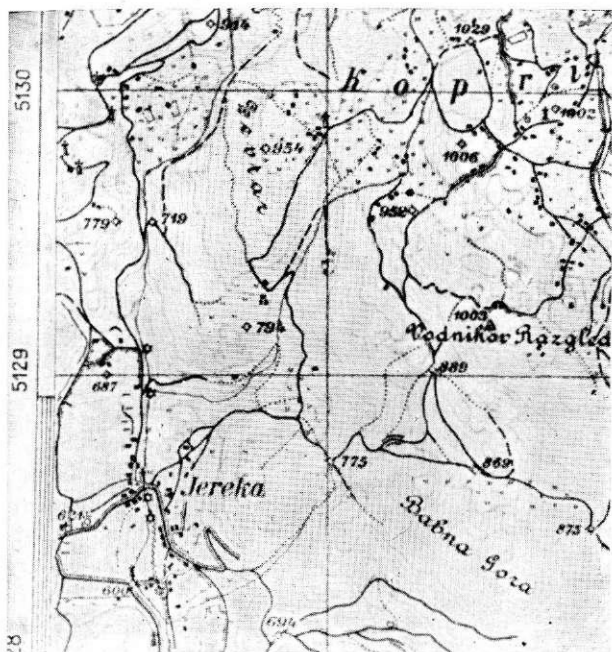
Slika 9 — Dva fragmenta keramike z Ajdovskega gradca

Precej okrogla naravna vdolbina (1,60 široka in 25 cm globoka) je bila nekoliko popravljena; gornji del peči je bil porušen, v ognjišču pa so obležali ostanki nazidka peči in dve keltski keramiki. Pred pečjo je bil prostor za pripravo dela ($3,20 \times 1,70$ m), precej pravokoten in 15 cm vdolben v zemljo; tla so bila nalahko zravnanja in obrobjena od večjih vraščenih kamnov, ki so preostali ter pokrita z žlindro in koščki železa.

V bližini ležeča topilna peč IV je bila štirioglasta, 15 cm v kamen vdolbena votlina z navznoter nagnjenimi stenami ($1,60 \times 1,25$ m). V notranjosti je ležala ruda z Rudnice, žlindra, železo, kosti, zobje od govedi in ena latenska črepinja.

ugotoviti ostankov rimskih naselbin iz prvih stoletij. Na posameznih najdbah se pozna, da so Rimljani svoje naselbine gradili v sončni zgornji dolini. To dokazuje zidan, s ploščami pokrit rimski žarni grob iz tretjega stoletja v Jereki, ki ga je zidal, po najdenem napisu sodeč, Justus svojemu sinu in v katerem so našli fibulo, zapestnico, prstane, moder biser in en novc. Iz grobov v Srednji vasi pa so izkopali ostanke posod in svetilk, kakor tudi rimsko sekuro z velikim, širokim rezilom iz Češnjice.

Obilnejši so sledovi iz poznejše cesarske dobe. Z upadajočo močjo je moralo misliti rimsko cesarstvo na obrambne ukrepe, zato si je cesar Dio-



Slika 10 — Jereka — Zgornja bohinja dolina

klecijan omislil konec tretjega stoletja velik mejni obrambni sistem, ki naj bi zapiral vse dohode v Julijske Alpe in v katerega je bil vključen tudi Bohinj. Ajdovski gradec je bil utrjen s čvrstim 80 cm širokim obrambnim zidom, ki je dobil na jugovzhodnem delu v okrepitev in čuvanje stranske poti še en širok stolp ($3,30 \times 3,75$ m).

Po načrtih in načinu gradnje je ta trdnjava popolnoma podobna utrdbi Učak na prelazu v Trojanah. 171 m dolgi obrambni zid v Koritnici ob

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃
2,21	2,02	82,08	1,33	0,36
2,16	4,67	76,44	1,74	1,71
2,43	0,00	88,88	3,08	0,36

Dunaj pri Jereki

V 7. številki Planinskega vestnika 1960, je Franc Ceklin v članku »Jože Skantar — Šest, potomec bohinskih kosezov«, napisal o Dunaju pri Jereki naslednje: V letih 1888 in 1889 izkopljejo na griču Dunaj bronaste fibule, prstane, razne železne predmete (nož, žebelj in drugo), obilo žlindre, živalske kosti in več rimskih novcev, najstarejšega iz časa Avgusta, pa mimo Avrelijana do najmlajšega, iz dobe Valentinija (383—392 n. št.). Izmed tu najdenih predmetov je najbolj zanimiva bronasta fibula, nekakšni mački podobna žival. Na pokončnem vratu, ki s trupom tvori pravi kot, je nasajena svojstvena glava. Štiri izmed 14 okroglih lukenj, ki so razdeljene v tri vrste in poživljajo trup ne navadne živali, so še zalite z nekakšnim emajlom nebesno sinje barve.

Bači naj bi dopolnil to utrdbo. Vrh griča je bil ob tem času naseljen, kar dokazujejo obilni kosi železa, ostanek okovja za vrata ter delno iz jekla narejene konice kopij, biseri in rimske fibule.

V tem gradišču so našli prebivalci okolice zavetišče pred sovražnikom. Novci cesarja Konstantina II. in Konstansa dokazujejo, da je bil Ajdovski gradec konec četrtega stoletja občasno zaseden.

Skrivališče in varnost je nudila tudi votlina v Babni gori, ki leži v soteski na poti iz Spodnje v Zgornjo dolino, kakor to dokazujejo novci Hadrijana, Septimiusa, Severusa, Probusa in Gratiانا (375—383).

Za večino najdb (predmetov) se danes ne ve, kje so. V Narodnem muzeju v Ljubljani je samo Šmidova zbirka. V Tehničnem železarskem muzeju na Jesenicah pa je v vitrini shranjena žindra in fragmenti pečne obloge.

Kemična analiza pečne obloge:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃
61,00	24,55	8,15	—	—	0,89	2,40	0,20	0,50

Kemična analiza žindre se ne razlikuje od II. vzorca, ki ga je objavil A. Morlot. Vsebuje 53,13 % celokupnega vezanega nezreduciranega železa. Po zunanosti in prelomni ploskvi ni bistvenih razlik od ostalih bohinskih žlinder.

Pečna obloga, to je material za obzidavo notranjosti peči, je po zunanosti in kemični analizi najbolj podoben pečni oblogi iz Studorja.

Z Ajdovskega gradca imamo še tri kemične analize od treh vrst bobovcev, ki se razlikujejo med seboj po kemični sestavi. To nam dokazuje, da bobovec ni iz enega rudišča, ampak iz različnih. Kemične analize bobovcev:

CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	CO ₂ +H ₂ O
0,31	0,16	0,37	0,28	10,53
sled.	sled.	0,84	0,32	12,00
0,56	0,20	0,73	0,00	3,62

Pred drugo svetovno vojno je Dunaj pri Jereki raziskoval V. Šmid tam, kjer je konec 19. stoletja vodil izkopavanje knez Windischgraetz. O Dunaju je Šmid napisal takole: Na planoti Dunaj pri Jereki, na vzhodnem prehodu iz Spodnje v Zgornjo dolino, ki je v dolžini 60 m in 30 m široko naokoli zavarovana s strmo padajočimi pobočji, je bila tudi mala pristava, ki je imela v sredini hišo z ravnimi tlemi in s tramovi, pri katerih so bile vse špranje zamazane z ilovico. V severnem in zapadnem kotu je bilo 45 cm visoko iz kamnja zgrajeno ležišče, na južni strani pa 30 cm visoko, en meter dolgo in 60 cm široko ognjišče. Na južnem robu planote so bila primitivna talilna mesta, v ozkih, malih, v skalo vsekanih kadunjih. V. Šmid ne omenja nobenih železnih najdb.

V začetku avgusta 1959. leta smo bili na Dunaju pri Jereki, na Kovačnici in Trebežu arhivar France



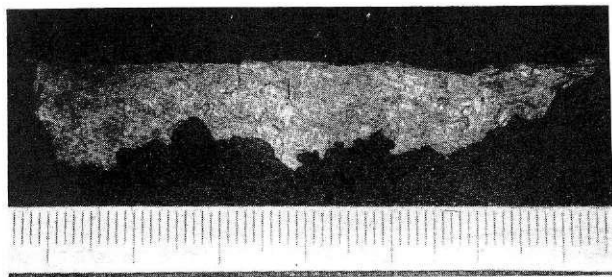
Slika 11 — Dunaj pri Jereki



Slika 12 — Fragmenti keramike — z Dunaja pri Jereki

Ravnik, moj sin Boris in jaz, da bi si ogledali teren, ki ga je opisal V. Šmid ter da od tam prinesemo za muzejsko zbirko žlindro. Na Dunaju in Trebežu ni bilo najti žlindre, pač pa je bilo dovolj na mestu, ki mu domačini pravijo Na kovačnici. Ogledali smo si teren nad mestom z žlindro, to je Trebež, vendar tu nismo našli nobenih znakov, da bi kdajkoli obstajalo topilništvo.

Od 25. avgusta do 5. septembra 1959 so bila tam opravljena ponovna arheološka sondiranja, ki jih je za Mestni muzej v Kranju vodil arheolog S. Gabrovec iz Narodnega muzeja v Ljubljani. Poleg gradišča Dunaj je kustos Valič iz muzeja v Kranju našel 8 rimskih bronastih novcev od Valentiniana I. do Honorija. Arheologi so bili razočarani nad majhnim številom izkopanin. Našli so



Slika 13 — Jeklena konica z Dunaja pri Jereki

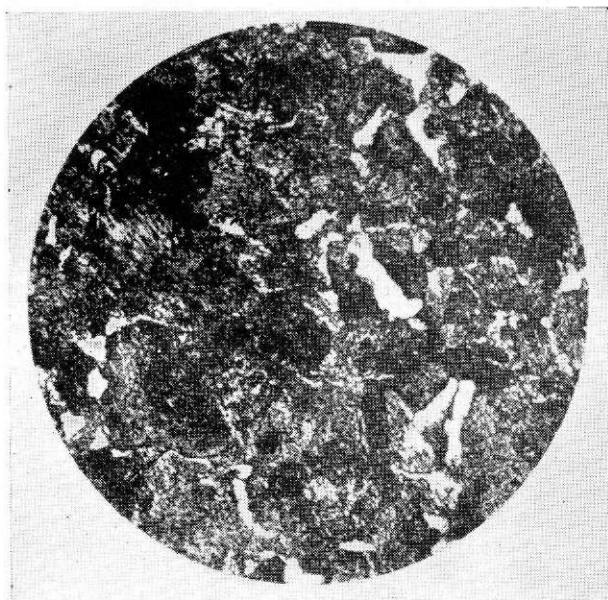
en miniaturni železni plug, predzgodovinske keramike in železen nož. S. Gabrovec mi je povedal, da je bilo na Dunaju najdenih že pred tem več miniaturnih plugov in da je rezultat raziskovanj objavil v Slovenskem etnografu št. 8, 1955.

V času izkopavanja sem si tudi ogledal Šmidove »kadunjice«, za katere je Šmid menil, da so ostanki topilnih ognjišč. V tem primeru se strinjam z arheologom Gabrovcem, ki meni, da nišo mogli ugotoviti nobenega talilnega objekta. Te kadunjice so morale služiti drugemu namenu, morda za drobljenje bobovca ali kaj sličnega. Nekaj drugega pa je s terenom na Kovačnici. Tu že sama količina žlindre in pečne obloge izdaja, da gre za močno razvito železarsko dejavnost.

Konico je Narodni muzej iz Ljubljane odstopil našemu muzeju. Kemično in metalografsko smo jo preiskali v laboratoriju Železarne Jesenice.

Kemična analiza jekla:

C	Si	Mn	P	S
0,62	0,02	—	0,002	0,011



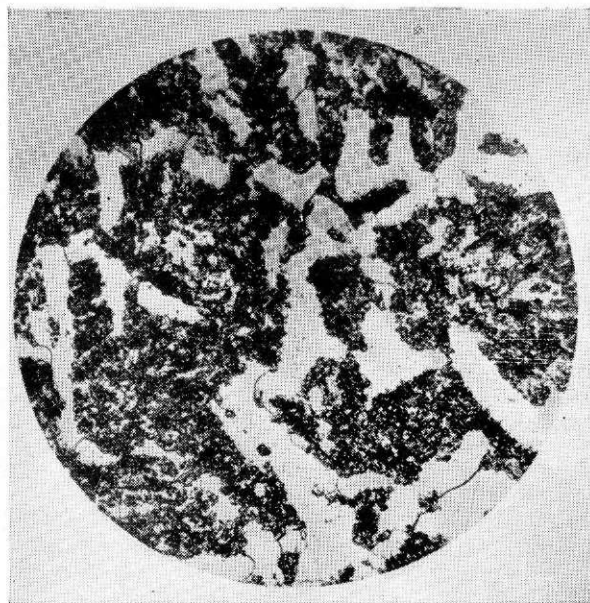
Slika 14 — Mikrostruktura konice 200 x

Vzorec predstavlja primer rezila izdelanega iz podevtektoidnega jekla. Struktura predstavlja vzorec lamerarni perlit z malimi feritnimi izločki po kristalnih mejah. (sl. 14). Rezina sama je močno razogljčena (sl. 15).

Z Dunaja imamo še bobovce, žlindro in pečno oblogo. Bobovec vsebuje 2,43 % SiO_2 , 62,8 % Fe in 0,48 % Mn.

Kemična analiza žlindre:

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	Mn_2O_3
28,66	6,33	8,69	46,62	0,77
CaO	MgO	P_2O_5	SO_3	
2,68	1,12	0,32	0,24	



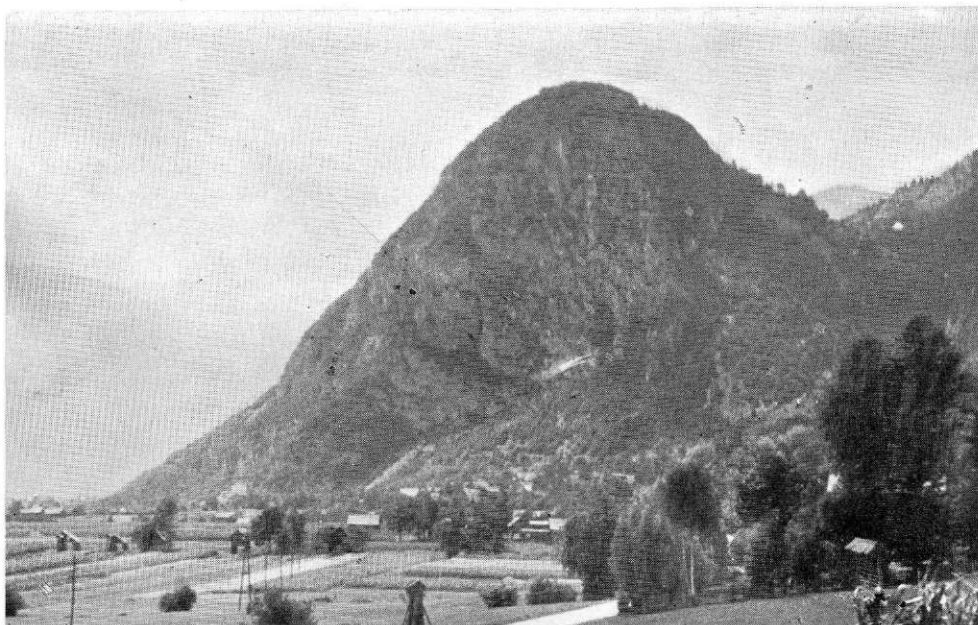
Slika 15 — Mikrostruktura konice — 200 x

Kemična analiza pečne obloge:

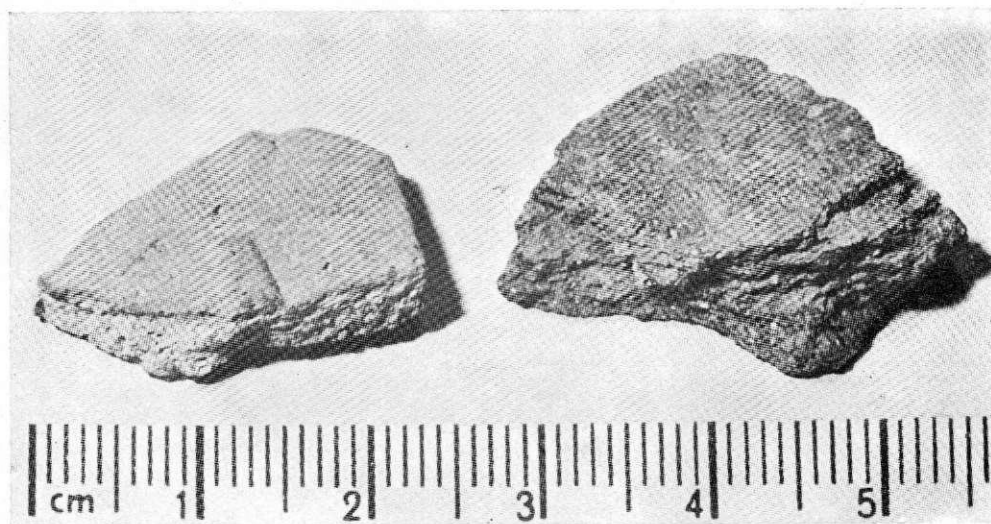
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	Mn_2O_3
53,32	11,15	8,69	6,90	0,23
CaO	MgO	P_2O_5	SO_3	
3,12	2,56	0,34	0,60	

Glede vsebnosti železa je omenjena žlindra ena najboljših. Imamo rezultate tudi od druge, ki vsebuje 12,74 % Fe_2O_3 in 59,90 % FeO, kar predstavlja 55,35 % celokupnega nezreduciranega železa. Žlindre so po zunanjem izgledu reljefaste oblike, težko tekoče, ostrih robov na prelomni ploskvi. So močno kisle, črne barve in motno kovinskega sijaja. Žlindre, ki so bile tam najdene, so v izredno velikih kompaktnih kosih. V bistvu se kosi žlindre med seboj ne razlikujejo in vse kaže na to, da je bil postopek taljenja bobovcev razmeroma enoten, ne da bi pri tem upoštevali različne količine zaostalega železa v njih.

Pečna obloga je kvalitetno slabša od tiste z Ajdovskega gradca in Studorja, je pa zelo podobna.



Slika 16 — Studor 999 m, pod njim vas Studor



Slika 17 — Dva fragmenta keramike s Prodovja — leta 1959

Barve je temnosive, z dodatnim vijoličastim tonom. Obloga je kompaktna, homogena, brez kakršnihkoli primesi grobih zrn. Pri nekaterih kosih opazimo še eno dodatno snov, ki je opekasto rdeče barve. Morda gre tu za dve vrsti materiala, kar bomo še z analizami ugotovili.

Studor

Studor je prav tako v Zgornji dolini pod istimensko goro. Leži nasproti Rudnice med Staro Fužino in Srednjo vasjo. To je ena najstarejših bohinjskih vasi. Ustno izročilo pravi, da je tam

živel bogato ljudstvo, ki se je priselilo z juga in ga je neznano kdaj doletela huda nesreča — naselje je zasul kameniti plaz in zabrisal sled za njimi.

Leta 1959 sem z dijaki TSS Železarnе Jesenice odkril dotlej neznano nahajališče žlindre na Prodovju nad vasjo Studor. Železne žlindre je v Studorju dovolj. To smo lahko ugotavljali s sodelavci Tehniškega muzeja Železarnе Jesenice še naslednja tri leta. Najdišča žlindre niso samo na kamenitem plazu — Prodovju, temveč tudi v različnih višinah nad vasjo, to je na Rajni, ki leži v smeri proti Srednji vasi. Poleg žlinder sem našel frag-

mente keramike različnih arheoloških starosti.

Najstarejšo keramiko izpred našega štetja sem našel lansko leto, kar dokazuje in potrjuje starost topilništva v Studorju.

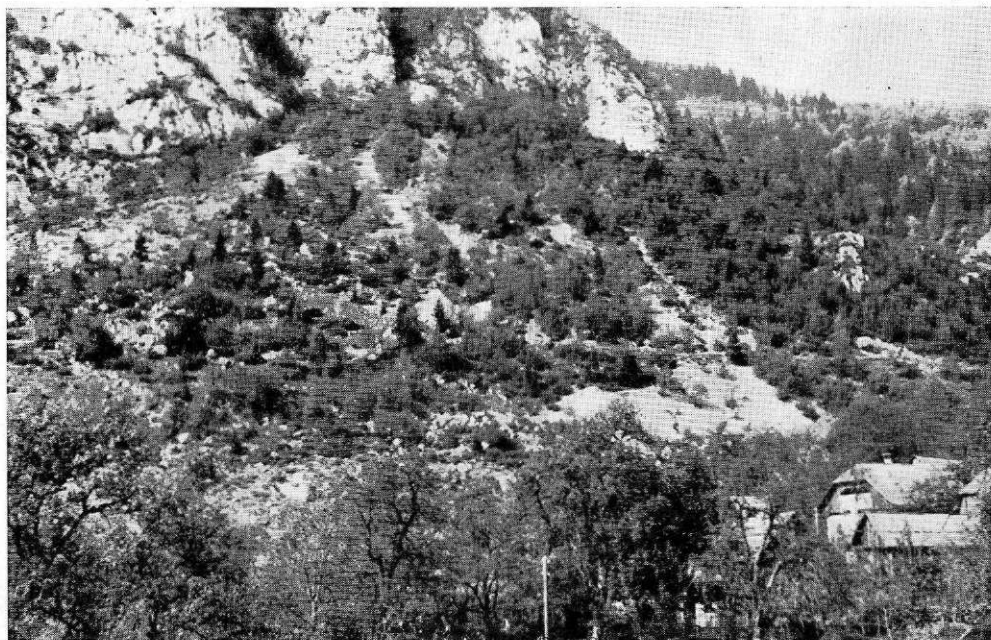
Studor je po mojem mišljenju prvo železarsko selišče v Bohinju. Če gledamo železarsko zgodovino s stališča starosti in tehnike topilništva, bomo dali prednost Studorju pred Ajdovskim gradcem in Dunajem pri Jereki že zaradi same lege kraja. Edino v Studorju so bili najboljši pogoji za obstoj vetrnih peči brez mehov. Studor je od obeh strani najbolj strm in vetroven. Žlindre in najdeni bobovci vzbujajo sum, da gre za razlike, če primerjamo rezultate med seboj. Vse kaže, da gre za razlike tudi med Prodovjem in Rajno. Prodovje naj bi bilo po današnjih izkušnjah starejše po železarski dejavnosti v Studorju.

Izredno zanimiva je kemična analiza bobovca, ki je bil najden na Prodovju. Ta primer odstopa od ostalih bobovcev, najdenih na Ajdovskem gradcu in Dunaju pri Jereki. Je izredno bogat na železu in vsebuje tudi največ železovega oksidula. V tem primeru bi se lahko reklo, da je bil bobovec prirešen iz okolice Dednega polja.

Kemična analiza bobovca:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃
2,21	1,49	85,42	6,67	0,55
CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	CO ₂ + H ₂ O
0,31	0,16	0,37	0,12	7,30

Če so takratni železarji dobivali bobovce iz okolice Dednega polja, potem je razumljiva posebna obrt in najdba steklaste žlindre in iz nje nare-



Slika 18 — Kameniti plaz — Prodovje

Žlindre iz Studorja so kisle, črne, težko tekoče mase z visokim odstotkom zaostalega nezreduciranega železa. Med njimi so znatne razlike v količinah železovega silikata, mangana in fosforja. Prvič, odkar imam opravka z žlindrami iz različnih krajev Slovenije, sem videl edinstven primer: žlindra s Prodovja je preperela in izgleda, kot bi bila črviva. Morda so te spremembe v zvezi z izredno starostjo.

Primerjava žlinder glede na vsebnost železa:

Ajdovski gradec	Dunaj pri Jereki
53,13 % Fe	55,35 % Fe
Studor-Prodovje	Studor-Rajna
56,61 % Fe	44,52 % Fe

jena jagoda. Nad vasjo sem našel črno in zeleno jagodo za okrasno ogrlico, ki sta izdelani iz steklaste žlindre. Žlindra je lepe zelene barve z ohranjenim odtisom lesnega oglja. Takratni železarji so imeli potemtakem tudi smisel za okrasje varuhinj družinskega ognjišča. Do steklaste žlindre so prišli slučajno, tako kot mi pri poskusnem taljenju bobovcev z Dednega polja, ki so bili pomešani z jalovino v obliki silikatnih oolitov. Kakšno tehniko so uporabljali za izdelavo okrasnih jagod, še ne vemo.

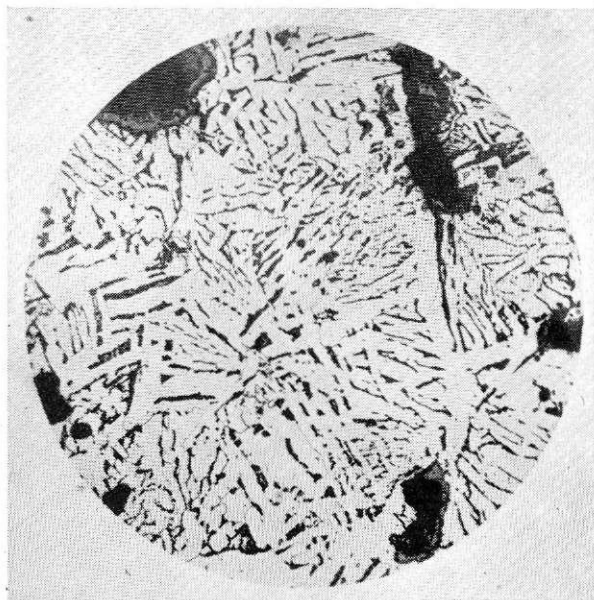
Glede tehnike in količine pridobljenega železa iz bobovcev se mi zdi, da so bili toliko na boljšem od nas, ker so imeli več izkušenj s taljenjem na prostem. Če primerjamo naše rezultate, ki smo jih



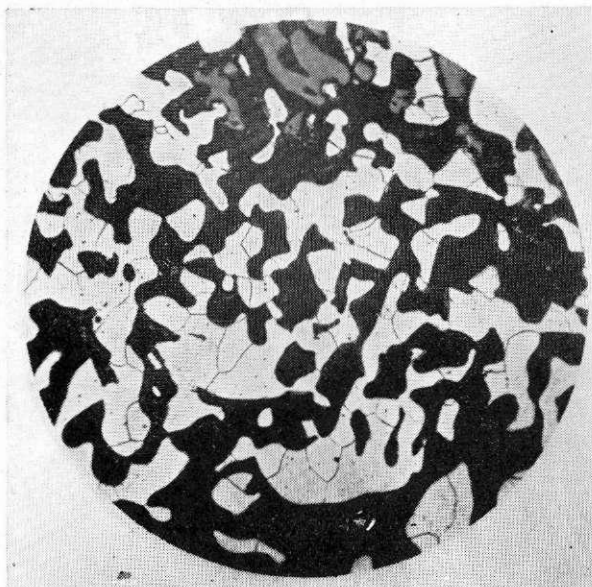
Slika 19 — Težko tekoča žindra — Prodovje

Kemična analiza sintra (bobovčev koncentrat)
— Prodovje:

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	Mn_2O_3
3,00	2,69	16,20	74,17	0,40
CaO	MgO	P_2O_5	SO_3	
2,74	1,02	0,36	0,00	

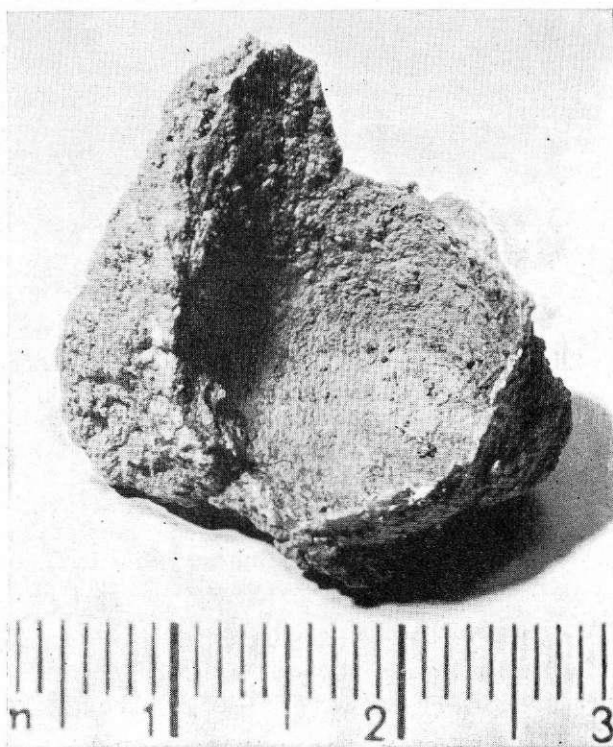


Slika 21 — Mikrostruktura 100 x



Slika 20 — Mikrostruktura 100 x

dobili pri dveh poskusnih taljenjih v vetrni peči, z najdbami, lahko ugotovimo, da so imeli prav takšne težave kot mi. (Glej članek II. poskusno taljenje bobovcev na Ušejci nad vasjo Studor!) Poleg kisle žindre so dobili bobovčev koncentrat in male koščke železa. Imeli pa so to prednost, da je bil njihov bobovec kvalitetnejši od našega.



Slika 22 — Košček železa — Prodovje

Poleg nepopolno zreduciranega železa sem našel večji kos, ki je tudi v primerjavi z našimi poskusi metalografsko zanimiv.

Metalografska preiskava je pokazala zelo heterogeno strukturo. Na enem delu lahko opazimo mala zrna nizko ogljičnega železa s popolnoma feritno strukturo, neenakomerno posejana med oksidno žlindro (sl. 20). V drugem delu vzorca pa lahko opazimo bolj groba zrna železa z višjim ogljikom z Widmannstättensko porazdelitvijo ferita in perlita (sl. 21), ker reakcija med žlindro in ogljikom zaradi grobozrnatosti še ni popolnoma dokončana.

Na Rajni sem našel več primerov neobdelanega železa. Najbolj zanimiv je 450 g težak kos hlebčaste oblike. Pripada feritnemu železu, kot je razvidno iz njegove mikrostrukture.

Obloga za vetrne peči je ilovnatega porekla. Po zunanosti ločimo sivo in rdečkasto. Po kemični analizi in tališču je najbolj podobna oblogi z Ajdovskega gradca.

Kemična analiza obloge:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	CaO
61,64	20,30	12,23	0,16	1,68
MgO	P ₂ O ₅	SO ₃		
1,76	0,18	sled.		

Na Rajni se nahaja povsem enaka pečna obloga kot na Prodovju. Pri zadnjih hišah, ko se začne Rajna, sem našel velike kose, ki so bili na prvi pogled podobni nekakšni žlindri, pri analizi pa se je izkazalo, da gre za nekaj drugega — morda za oblogo ali pa neke vrste staljene jalovine. To bo treba še raziskati.

Kemična analiza največjega kosa

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃
51,40	14,06	12,39	2,79	0,46
CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	
13,00	4,64	0,27	sled.	

Studor je resnična zakladnica in učilnica človekovih preteklosti, zato mu gre častno mesto v našem lepem Bohinju. Treba pa bo še veliko delati in sodelovati z drugimi strokovnjaki, preden bomo o Studorju vedeli vse.

Komna

Pod tem imenom poznamo veliko kamenito, kraško planoto, ki jo na zahodu obdaja komensko pogorje. To pogorje je nadaljevanje gorskega grebena, ki se razprostira od Kanjevca preko Vogla in Bogatina in prehaja v Spodnje bohinjske gore. Na vzhodu pa Komno obdaja nekoliko nižje jezersko pogorje, ki se je razvilo iz gorskega sklopa okrog Hribaric.

V kakšni zvezi je Komna z železarstvom, še ne vemo točno. Preseneča nas žlindra, ki smo jo tam našli. Ta je težko tekoča ohlajena masa, temno sive do črne barve.

V primerjavi z drugimi žlindrami vsebuje manj železa, kar bi si tolmačili s tem, da je bil izplen železa pri taljenju bobovcev boljši kot v dolini. Na Komni v smeri Bogatina piha močan veter in so prav lahko obstajale vetrne peči. Tudi bobovec je bil pri roki.

Kemična analiza žlindre:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃
19,58	4,44	6,79	59,00	2,97
CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	
0,80	0,68	0,60	0,32	

Morda ima ing. S. Dimnik prav, ko omenja v Planinskem vestniku št. 5, 1960 v članku: »Gorsko ime Kuk odkriva zgodovino« na strani 214 naslednje:

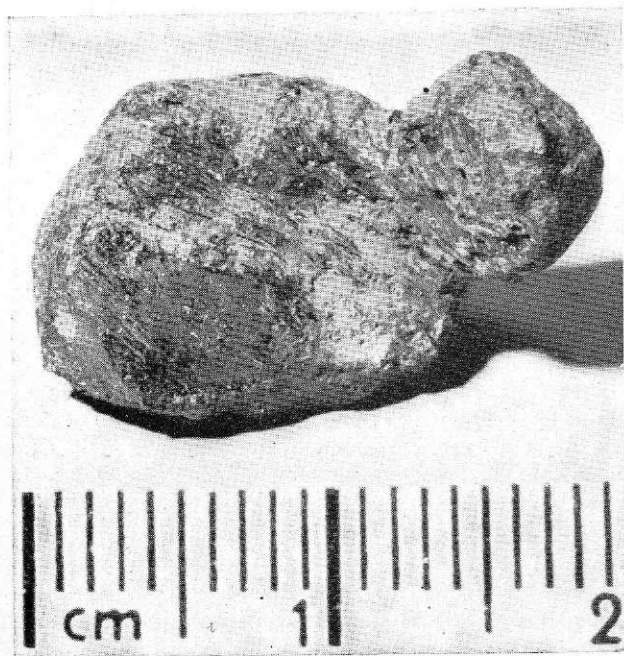
»Razglejmo se po imenih Tolminskih gora in Komne, prisluhnimo jim, kaj pripovedujejo. Odkrivajo nam sliko življenja keltskih gorjanov pred dva tisoč leti. Skoraj na kupu so trije Kuki: naš največji pri Podrti gori in tisti manjši na njeni vzhodni strani, tisti pod Voglom, to je Tolminski Kuk nad planšarijo enakega imena. Okrog teh Kukov ne manjka tal, ki so imela na svojem površju zadosti limonitne železove rude. Takrat je bil v tistih višinah — tudi na Komni — še gozd. Iz gozdne pokrajine so moleli Kuki in čeznje brije še danes tisti stalni veter s tolminske plati: vse kot nalašč za železarjenje in jeklarjenje.

Okrog teh Kukov so se takrat slišali koncerti kovaških kladiv pri nabijanju keltskega jekla v kovačnicah po gradiščih, ki so si jih postavili po nižjih pobočjih Rodice = Gradice (1692 m), blizu le-te v rebri Gradovca (1690 m) pa tik Tolminskega Kuka na Gradišču (1480 m), a tudi na sami Komni pri planini na Kraju, saj pravijo tam »za gradičem«. Zimski mrz je morda vse to življenje poglaval v dolino k Ajdovskemu gradu v Bohinju.« —

Srednja vas

Leta 1907 je V. Šmid v Srednji vasi odkopal staroslovanske skelete (7—8. stoletje), leta 1955 je arheolog S. Gabrovec iz Narodnega muzeja v Ljubljani sondiral v Srednji vasi. Pri izkopanih petih sondah je našel znake naseljenosti. V »Varstvu spomenikov VII, Ljubljana 1960« omenja S. Gabrovec na strani 321. — Bohinjska Srednja vas — naslednje: »Naleteli smo na večje strnjene ostanke oglja, na živalske kosti in fragmente keramike. Po obliki so bili fragmenti keramike atipični, po izdelavi grobi, debelega ostenja in mešani s peskom ter slabo žgani. Po frakturi so bili najbolj sorodni keramiki, najdeni na Dunaju pri Jereki. Na podlagi tega moremo sklepati na starejšo železno dobo, morda še tudi latensko naselbino.«

Glede na to, da S. Gabrovec po keramiki sklepa na starejšo železarsko dobo v Srednji vasi, bi to mišljenje še podkrepil z najdbo železne žlindre in koščkov železa med Srednjo vasjo in Češnjico. Žlindro je prinesla voda iz višjih predelov na



Slika 23 — Drug košček železa — Prodovje



Slika 24 — Mikrostruktura hlebčastega železa »volka« — 100 x



Slika 25 — Pečna obloga — Prodovje

cesto, kjer so polja. Teren bo treba še temeljito pregledati, preden bo mogoče podati kakršnekoli zaključke.

Bohinj brez železarstva

Z razsulom rimskega imperija je za daljše obdobje nastal v bohinjski kotlini zastoj v rudarstvu in železarstvu. Zaradi menjajočih se gospodarjev v Noriku: Zapadnih Gotov, Hunov, Rugov, Herulov, Langobardov in Vzhodnih Gotov ni bilo časa taliti železa. Časi so bili nemirni; nastala je doba preseljevanja in vojskovanja mladih narodov. Takšno stanje je močno vplivalo na železarski Bohinj. V Jereki so našli bronast jeziček za pas, ki ga je nosil neki avarski bojevnik (glej Likovni svet, Ljubljana 1951, str. 199). To je eden od dokazov za takratni čas.

Stari prebivalci so se za ta čas iz dolinskih selišč umaknili v gorski svet pod Triglavom, na planine. Bohinjski gornjani so dobrih dvesto let živeli trdo življenje — vse do prihoda slovanskih plemen.

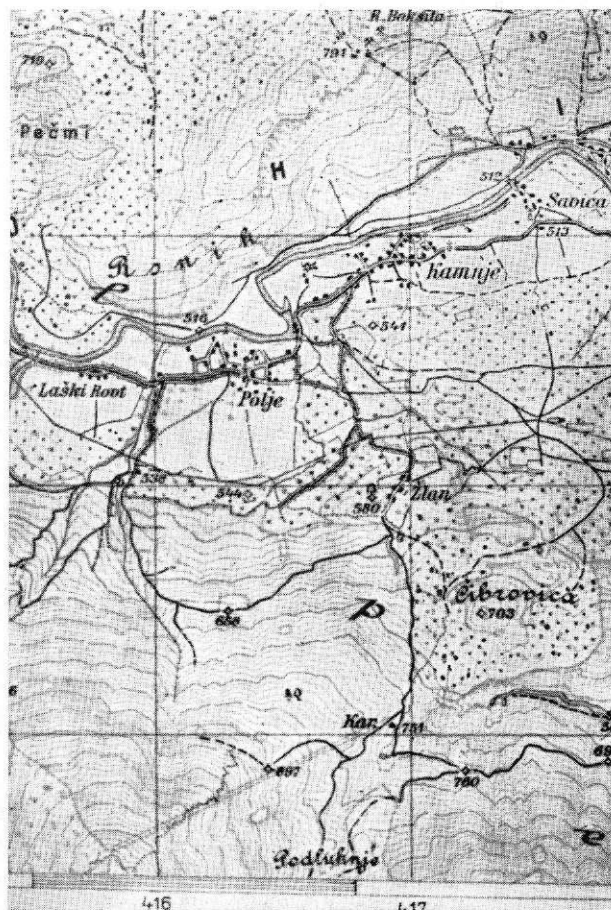
Železarstvo od naselitve Slovencev do konca 19. stoletja

Za barbarskimi krdeli so prišli z vzhoda Slovani. Naseljevali so se postopno. S področja Save Dolinke so prodrli mimo Bleda, Bohinjske Bele, čez Pokljuko v Zgornjo in Spodnjo bohinjsko dolino. Novi priseljenci so se pomešali s starim prebivalstvom. Posamezne župe in družine so se tako kot Rimljani naselili predvsem v sončni Zgornji dolini. Tudi v Spodnji dolini nad Bohinjsko Bistrico je nastalo Slovansko naselje Selo in na predzgodovinskih tleh na Žlanu.

Da bi se Slovenci pričeli takoj ukvarjati z železarstvom, ni dokazov. Najdba železne verige, srpa in sekača pod goro Kras, kakor tudi najdeni noži v grobovih, nam govorijo o predelavi železa v Bohinju.

Slovenci iz Bohinja so plačevali davek langobardskim vojvodom iz Furlanije. Po padcu langobardske države (774) pa so prišli pod Franke.

V desetem stoletju se prične nemška kolonizacija in vpliv katoliške cerkve na Gorenjskem. Po znamenitem obračunu z madžarskimi vpadi v bitki pri Lechfeldu (955) je postala Gorenjska cesarsko komorno posestvo. Od poznejših važnih rudarskih krajev je cesar Oto II. podaril okolico škofje Loke z Železniki škofiji Freising, cesar Henrik II. pa je leta 1004 podaril Bled z okolico škofiji v Briksnu. Posamezni posestniki Bohinja pa se navajajo šele od 11. stoletja dalje. Mejni grof Ulrik Kranjski je 1061. leta prodal vas Bistrico za 120 funtov srebra briksenškemu škofu Balduinu. Leta 1120. je škof Hugo kupil od plemenitaša Konrada posestvo Bitnje ter ga podaril plemenitašu Dietmarju.

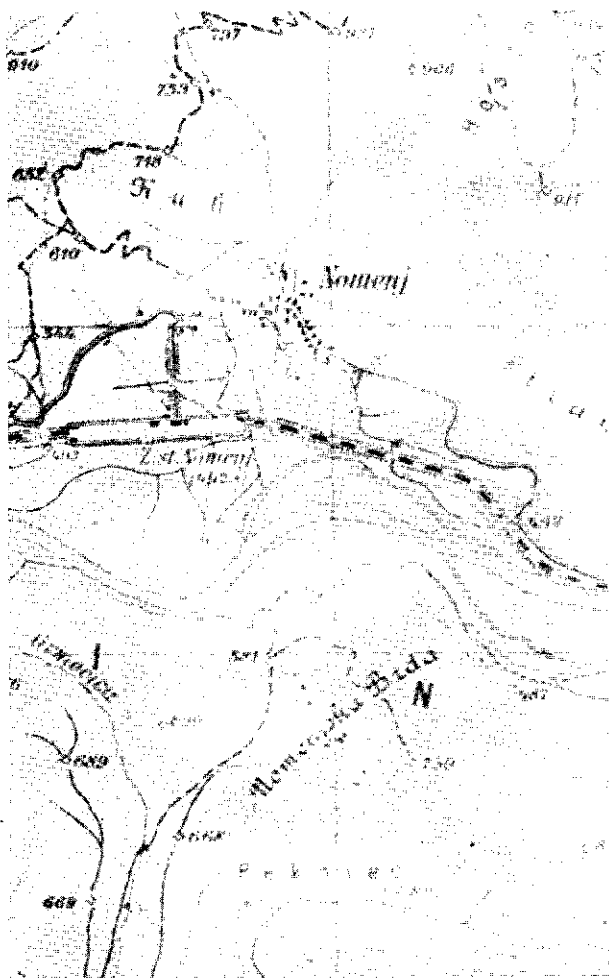


Slika 26 — Žlan

Zgornjo dolino in jezero so pozneje dobili v posest Ortenburžani — belopeški in radovljški gospodje. Ortenburžani so z vso vmeno podpirali rudarstvo in železarstvo. Friedrich Ortenburški je za svoja rudišča v Karavankah že v letu 1381 izdal rudarski red, ki je zanesljivo veljal tudi za Bohinj. Po umoru zadnjega Ortenburžana, ki ga je zastrupila lastna žena Margareta, vojvodinja Teck 1420. leta, je vsa posest prešla v roke celjskih grofov, 1456. leta pa rodbini Habsburg.

Gospodarji Gorenjske so predvsem s Koroške in Tirolske naselili ljudi, ki naj bi obdelovali redko naseljeni Bohinj. Korošci so prinesli s seboj tudi rudarstvo. Pravi polet v rudarstvu pa je nastal šele z naselitvijo Italijanov, posebno tistih iz Furlanije in Bergama. Ti so prinesli s seboj napredne metode za pridobivanje železa in pa topilno peč iz okolice Bresce. V zvezi s priseljenci sta se do danes ohranili dve imeni — Nemški in Laški rovt, v železnikih pa Lahovče.

Slovenci so bili v 16. stoletju v pogledu družbenega, političnega in kulturnega razvoja v težkem položaju. Skoraj vsi Slovenci so pripadali kmečkemu stanu, razen tiste male peščice, ki se je bavila z rudarstvom, ogljarstvom, topilništvom in tovarništvom. Pa še to je bilo v nekaterih predelih



Slika 27 — Nomenj z okolico

Gorenjske v kmečkih rokah. Priroda je gorenjski kot v predelu Karavank in Julijskih Alp obdarovala z mnogimi bogatimi rudišči, gozdovi in vodovjem. Ljudstvo na teh področjih prvotno ni bilo tako zatirano kot tisto, ki se je bavilo izključno s poljedelstvom in živinorejo.

Želczo je imelo presenetljivo vrednost za gosposko, cerkveno in posvetno. Rudnega bogastva in železa so bili predvsem željni Italijani in Furlani. Že od nekdaj so bili odvisni od Gorenjske, prav tako pa tudi beneški trgovci.

Da bi domačinom odvzeli staro topilniško in kovaško obrt, so Habsburžani vabili na Gorenjsko Italijane in Furlane. Le-ti naj bi bili po njihovem mnenju boljši rudosledci in fužinarji. To pa je imelo politično ozadje — razširiti nemški vpliv in oblast v Italiji.

V Bohinju so nastajale fužine, v katerih so pod težkimi kladivi »norci« obdelovali večje gmote železa. Za red po fužinah in rudnih poljih ter kopiščih so skrbeli rudarski sodniki. Ti so imeli nalogo, da so reševali spore med delodajalci in delavci.

Leta 1540 je začela obratovati fužina na Bistrici, ki jo je ustanovil Maulner, poznan v zgodovini

železarstva pod imenom »Konjski tat«. Bohinjci so želeli svoje železo prodajati tudi drugam in ne samo na Laško, vendar to ni bilo mogoče, ker skozi »Stenge« ni bilo tovarne poti. Iz ozke, nevarne steze so šele 1554. leta pričeli graditi tovarniško pot, ki je povezovala Bled z Bohinjem. Peš pot do Bleda je bila na nekaterih mestih težko prehodna ter za tovarništvo neuporabna. V Soteski je šla pot visoko nad strugo Save Bohinjke. V skalo so bile vsekane stopnice, zato se je ta kraj imenoval Stenge. Visoke gore, nepregledni gozdovi in globoka voda so varovali bohinjske železarje pred turškimi vpadi.

Leta 1562 se je železarstvo razširilo iz Bistrice na Pozabljeno. Tu so zagorele peči na volka. Železa je bilo dovolj. Tega so tovorili po stari trgovski poti preko Baškega sedla v Italijo. Leta 1581 so v Bistrici in Stari fužini izgotovili skupaj 2000 centov železnine za Italijo. Transportna žival je bila konj, ki je nesel tri do tri in pol centa tovara. Omenjena količina je torej odgovarjala približno 600 tovorom. Železo so tovorili v lesenih sodčkih, ki so jih tovarniki nazaj grede napolnili z vinom. Ob vrnitvi tovarnikov je bil v Bohinju vedno pravi vaški praznik.

V Bistrici in na Pozabljenem, pa tudi v Stari Fužini, je imela ena peč več lastnikov. Iz leta 1569 so se nam ohranila imena lastnikov: Maulner, Ambrož della Grota, Štefan Kral, Matija Krobat, Primož Lavrenčič, Jeronim Millano, Antonio Panizol, Matija Žmitek, Peter Grošer, Franc Kuhel, Jurij Klanc, Julij Bucellini in Ivan Coronini. Iz poročila, napisanega 16. 3. 1580 vidimo, da je gospod Bleda (varuh briksenškega imetja) Lenkovič sporočil škofu v Briksen, da je kupil v Bohinju dve fužini in da jih bo v doglednem času tudi prodal.

Kranjski zgodovinar J. V. Valvasor omenja, da je bil v njegovem času (17. stol.) lastnik bistriške fužine Vincenc Locatelli, ki se je poleg topilništva ukvarjal tudi z žičarstvom. Obenem omenja tudi »Staro kladvo« — Staro Fužino kot najstarejši železarski obrat v Bohinju, ki je bil last Aleksandra Locatellija.

Izredno močan vtis so na Valvasorja napravili bohinjski žičarji, ki jih opisuje na svojstven način:

»Za izdelavo srednje vrste žice imajo tu lep in čuden način. Na viseč stol mora sedeti delavec, ki ga trdo zvežejo in pritrdijo, nato spuste zunaj vodo na vodno kolo. Voda požene moža (žičarja) bliskovito daleč naprej in spet daleč nazaj. V rokah drži klešče in vsakokrat, kadar ga vrže naprej, mora zagrabit, kadar ga sune nazaj pa potegniti žico in tako vedno nadaljevati. Če pa bi zgrešil ali zamudil in ne bi zagrabil žice s kleščami, bi mu gibanje dalo tak sunek, da bi mu pljuča, jetra in srce zdrobilo ali zmečkalo.« —

Valvasor je zapisal, da je pogled na tega žičarja prav čuden, zlasti za tujca.

V posesti fužinarjev Locatellijev je za časa Valvasorja obratovala železolivarna nasproti vasi Nomenj, na desnem bregu Save Bohinjke. Livarna

je bila zgrajena leta 1617, njen prvi graditelj in lastnik je bil dr. med. Konrad Wiederhold iz Ljubljane.

V livarni so vlivali železne peči, posode, možnarje, retorte za živosrebrni rudnik v Idriji in vojaške instrumente (verjetno topovske cevi in puške).

To prvo gorenjsko livarno, ki je propadla skupaj s fužinarji Locatelliji in o kateri je pozneje Hacquet iskal pisanih virov, je leta 1938, odnosno njene ostanke, odkopal V. Šmid. O tej livarni nam je zapustil številne podatke, kot je razvidno iz opisa.

Ob gorskem potoku z značilnim imenom »Plavževka« so bile pri Koritih tri stavbe: livarska, stanovanjska in skladišče oglja. Te stavbe so bile ob stari poti, ki vodi v Nemški rovt in dalje čez Baško sedlo na Primorsko.

Na nekoliko vzvišenem zemljišču, nekakšni terasi, je stala stanovanjska hiša, ki je bila 12,85 m dolga in 7,60 m široka. V bistvu je bilo to upravno poslopje. V. Šmid je od te stavbe našel le še 1,8 m visok zid. Po njegovem mnenju je bila stavba verjetno enonadstropna, zidana iz neenakomernih kamenitih blokov, ki so bili na sprednji strani gladko obklesani. Tla spodnjih prostorov so bila ilovnata in prekrita s smrekovimi deskami.

Najbolje so bili ohranjeni temelji topilniške stavbe, to je livarne. Stavba je bila solidno zidana iz kamena in malte in je imela štiri prostore. Največji prostor je bil namenjen topilniški peči »plavžu«, poleg tega prostora pa so bili še trije: delavnica, predprostor za skladišče in skladišče. Prostori so bili med seboj ločeni s stenami.

Na južni strani je bila prislonjena lesena stavba iz tramov. Tu sta bila dva prostora za bivanje: kuhinja in ležišče.

V livni jami, na spodnji strani peči, je bil livni jarek in preostanki zidanega temelja za leseno streho, ki je prekrivala livno jamo. Na koncu zaokroženega livnega jarka so bili ostanki kovaškega ognjišča. V prostoru, ki je služil za skladišče, je bilo polno žlindre, železa in del cevi.

Topilna peč je imela 1,17 m gornje širine in 1,50 m globok jašek, ki se je navzdol jajčasto zoževal. Peč je bila zgrajena iz zelo dobro obdelanih do 30 cm debelih kvadrov iz ognjevdržnega materiala. Za kvadri pa so se nahajali odlomki kamena in ilovice. Kvadri so na površini rdeče žgani, od žlindre obarvani in glazirani. Dimnik se je ohranil do višine 1,50 m.

Peč so zakladali od zapadne strani skozi 1,08 m široko in 1,45 m visoko obokano odprtino. Na severni strani spodaj pa je bila odprtina za izpust tekočega železa (sive litine ali visokoogljčnega jekla).

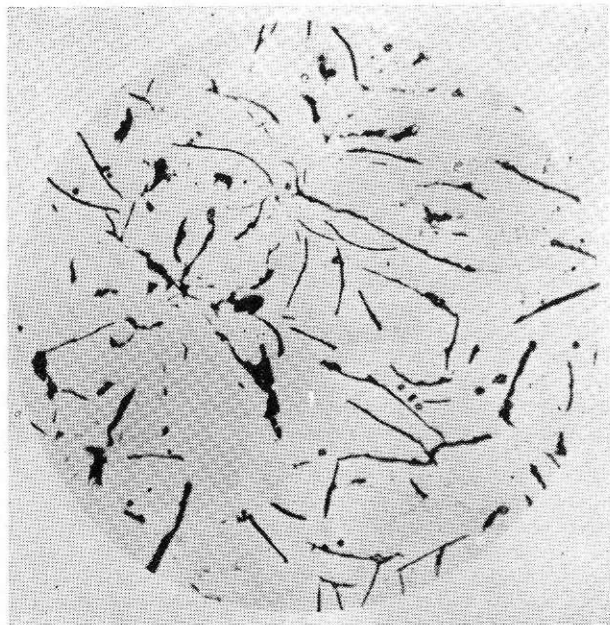
Na severni strani je bil žleb, ki je vodil v loku do poglobljenega prostora, tlakovanega z rdečo žgano ilovico. Ta prostor je bil 2,20 m širok in 2 m dolg ter je po vsej verjetnosti služil kot livni prostor, kjer so bili razvrščeni modeli. Tu je Šmid našel fragmente železnih retort.

V livarski stavbi je bila tudi cca 80 cm visoka ješa, h kateri je vodil z vzhodne strani od vetrila žleb. V severozapadnem kotu je bil surovo obdelan kamen $60 \times 50 \times 35$ cm, ki je služil kot podstavek za nakovalo.

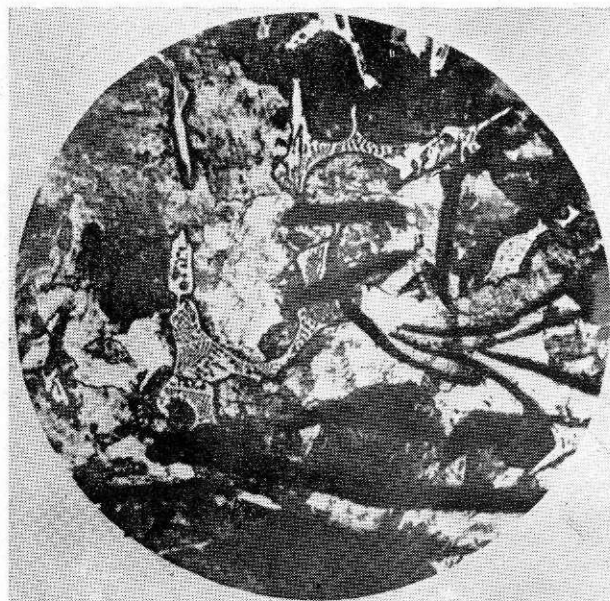
V delavnici, ki jo je od topilnega prostora ločil 1,50 m debel zid, so bila ilovnata tla prekrita s smrekovimi deskami. V vzhodni steni je bila večja niša za shranjevanje orodja. V stranskem prostoru, ki ga je ločil od delavnice 55 cm debel in 1 m visok zid, je bil pesek, na katerem so ležali odkruški brusnih kamnov.



Slika 28 — Dva koščka livarske žlindre



Slika 29 — Mikrostruktura v nejedkanem stanju — 110 ×



Slika 30 — Mikrostruktura v jedkanem stanju — 110 ×

Ob peči, predvsem pa ob potoku Plavževka in na niže ležečem zemljišču preko potoka, je bilo najti mnogo žlindre. Žlindre so živo zelene do modre barve, steklastega izgleda, gladkih površin, z malo vsebnostjo železa.

Livarski obrat v Koritih pri Nomnju je zgodovinar Valvasor označeval kot drugi Bohinj. Propadla livarna, o kateri so sledi še danes vidne, je tudi za našo tehnično zgodovino izrednega pomena. To je bila prva in edinstvena sivolivarna na Slovenskem.



Slika 31 — Mikrostruktura sive litine — 200 ×

V Tehniškem železarskem muzeju od te livarne nimamo dosti ohranjenega materiala. Hranimo le košček jekla z 1,54 % C, žlindro in ognjevdzdržni material. Sive litine smo dobili le toliko, da je bilo mogoče napraviti metalografski preiskavi obeh primerov.

Kemična analiza steklaste livarske žlindre:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃
43,44	8,57	1,67	2,41	1,80	40,53	2,19	0,18	0,04

Kemična analiza ognjevdzdržnega materiala:

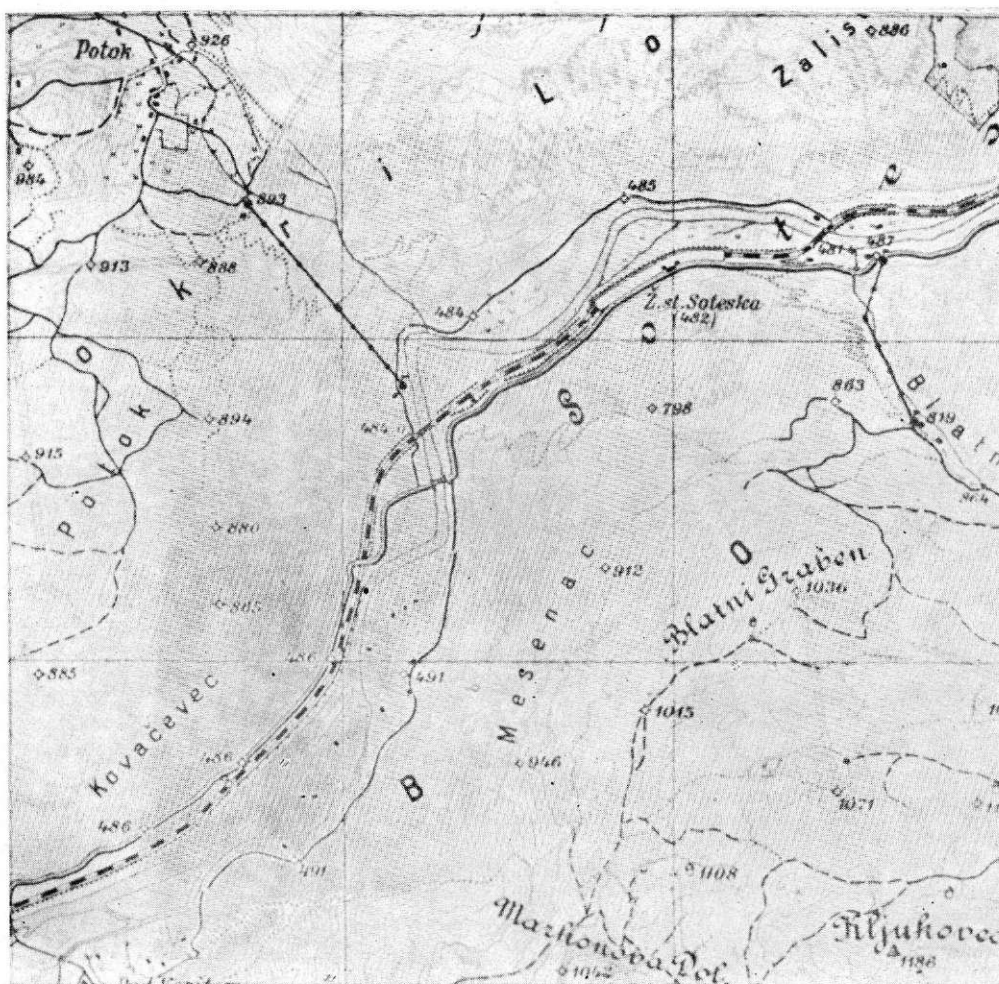
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃
78,32	6,52	4,38	1,82	0,20	5,05	1,79	0,29	0,12

Pri prvem vzorcu sive litine smo ugotovili naslednje:

Mikroskopski posnetek (sl. 29) kaže obrusek zrna v nejedkanem stanju. Zrno predstavlja strukturno sivo litino z enakomerno porazdeljenim grafitom. Grafit je na perlitni osnovi z izločenim fosfidnim evtektikom (sl. 30).

Pri drugem vzorcu sive litine pa smo ugotovili, da je struktura grafit v lamelah in perlit (sl. 31).

V pogledu tehnične zgodovinske zanimivosti je pri livarni v Koritih potrebno omeniti dve: ognjevdzdržni material in uporabnost manganove rude v livarstvu. Jašek peči je bil grajen iz posebnega kompaktnega silikatnega materiala. Ognjevdzdržna ilovica pri gradnji jaška ni prišla v poštev zaradi slabših mehanskih lastnosti. Uporabljali so jo le pri utrditvi jaškovega zidu, za katerega so jo zatlačili. Zatlačena ilovica je preprečevala vdor tekoče litine skozi špranje, preden se stene med posameznimi kvadri niso med seboj zaradi vročine zlili v kompaktni ognjevdzdržni jašek.

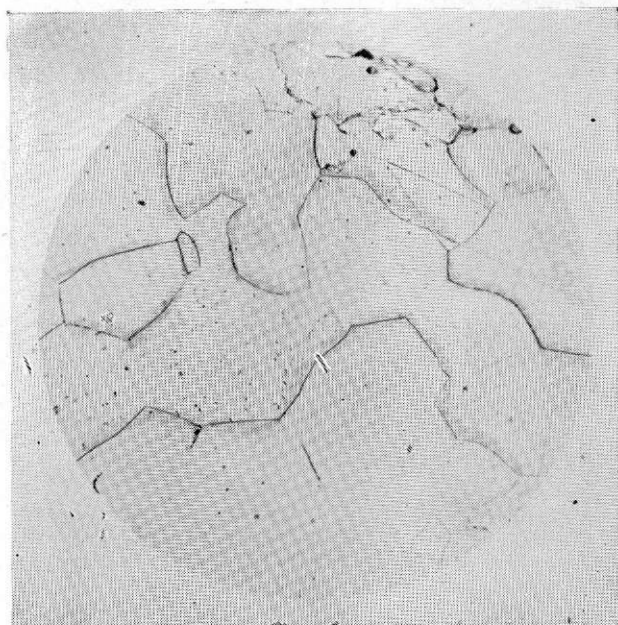


Slika 32 — Področje Mešenaca

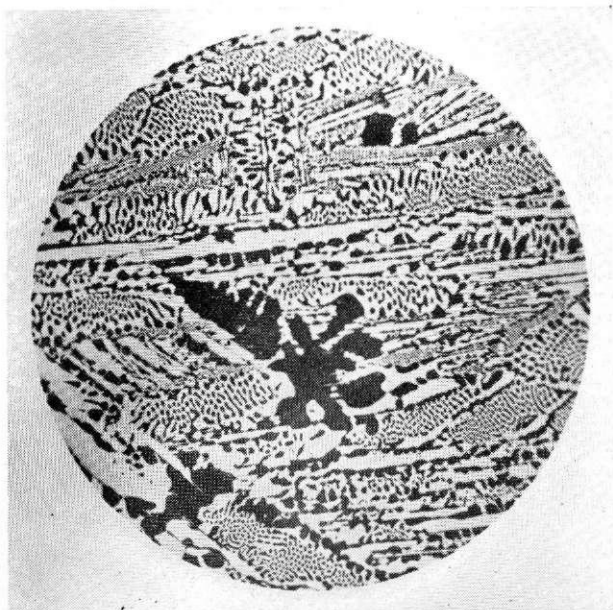
Pokojni Slavko Smolej, član Tehn. železarskega muzeja Železarne Jesenice, ki je 1938. leta spremljal V. Šmida pri izkopavanju nomenjske livarne, je nekoč omenil manganovo rudo, ki jo je videl v prostoru, namenjenem za skladišče. Iz tega lahko sklepamo, da so to rudo uporabljali za dezoksidacijo in razžveplanje tekoče sive litine. Manganovo rudo so po vsej verjetnosti kopali in vozili s področja nad Srednjo vasjo, kjer se nahaja planina Ceteže.

Nedaleč od te livarne, ob vznožju Mešenaca, na desni strani Save Bohinjke, je bila neznano kdaj tudi fužina, ki so jo že obravnavali Hacquet, Windischgraetz in Müllner, toda nihče ni mogel dati nobenih zaključkov. Iz ostankov nekdanje topilnice so sklepali, da je bil v Mešenacu star železarski obrat. Ta kraj je 600 m oddaljen od drugega mostu v Štengah v smeri proti Bohinju. Topilnica je bila pri enem izmed rokavov gorskega potoka, ki izvira v skalovitem, na karti označenem področju Mešenac.

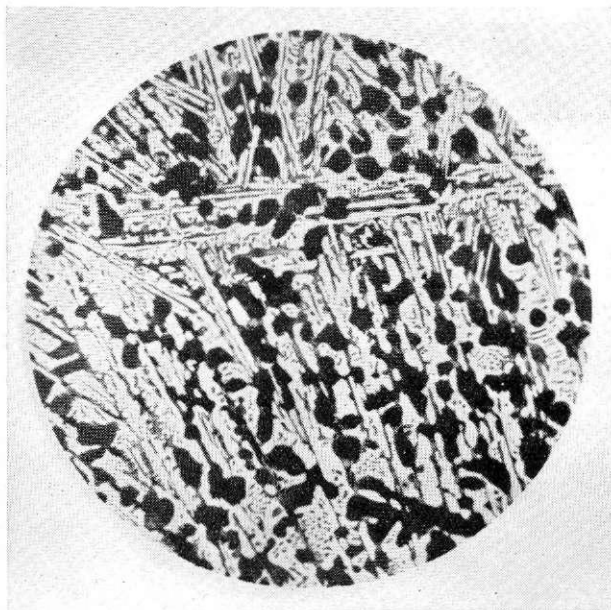
Lansko leto sem s pomočjo družine Vidic-Maver iz Nomenja uspel ponovno odkriti že dolgo časa iskano železarsko mesto, ki ga je Hacquet nazival



Slika 33 — Mikrostruktura prvega primerka feritno železo — 100×



Slika 34 — Mikrostruktura drugega primerka:
grodelj — 100×



Slika 35 — Mikrostruktura tretjega primerka:
grodelj — 100×

»Mesnovc«. O Mešenacu nam je bilo znanega le toliko, kolikor je Müllner napisal v svoji zgodovini železarstva na Gorenjskem. Pri pregledu žlindre in najdenih koščkov železa sem takoj uvidel, da ne gre za livarno. Glede livarne je Müllner že sam podvomil in tudi njegov opis žlinder to potrjuje.

Po njegovi izpovedi je bila žlindra težka črna masa, železorjavega loma, kovinskega sijaja in nesteklastega izgleda s 45 % železa. Taka žlindra res ni livarska, posebno še, če jo po izgledu in rezultatih kemične analize primerjamo z žlindro iz Korit, kjer je izkopaval V. Šmid.

Kemične analize teh vzorcev »žlinder«:

a) SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	Mn_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5	SO_3
2,30	2,31	13,72	77,50	0,57	1,46	0,64	0,38	0,13
b) SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	Mn_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5	SO_3
2,58	2,08	13,15	77,54	0,57	2,13	0,64	0,40	0,13
c) SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	Mn_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5	SO_3
2,34	1,80	9,29	82,30	1,71	1,00	0,40	0,34	0,13

Žlindri a in b sta si skoraj popolnoma podobni. Vsebujeata še cca 70 % železa, prav tako tudi zadnja pod oznako c). Iz zadnje sem dobil večji košček železa, ki je bil zalit z žlindro. Njegova kemična sestava je razvidna iz kemične analize.

Kemična analiza železa (jekla):

C	Si	Mn	P	S	Cu
0,37	0,25	—	0,146	0,017	0,10

Poleg tega sem našel še tri koščke železa, ki smo jih metalografsko preiskali. Prvi primer je čisto feritno železo.

Drug primer je grodelj. Po sestavi je blizu evtektika. Struktura je skoraj evtektična in se le na nekaterih mestih dajo ugotoviti mali dendritski kristali.

Tretji primer je tudi grodelj podevtektiske sestave. Struktura je dendriška na evtektični podlagi.

F. Torkar, kustos za fužinarstvo pri Tehn. železarskem muzeju ŽJ, je v Mešenacu našel kamene, ki kaže po kemični analizi ognjevdružne lastnosti. Ta ognjevdružna kamenina bi lahko služila za kvadre pri jaškasti peči v Koritih.

Kemična analiza kamenine:

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Mn_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5	S	TiO_2	žaroizg.
67,40	13,36	4,80	0,09	1,90	0,24	0,064	0,044	0,16	8,70

Iz teh skupih podatkov ni lahko prodreti v skrivnost Mešenaca brez kakršnih koli zgodovinskih navedb in dokazov. Edino, kar moremo izklju-

čiti je to, da v Mešenacu ni bilo peči na veter v takem smislu kot na Ajdovskem gradcu, Dunaju, Studorju in Komni, ker proti temu govori sam

kraj — ob vodi. V Mešenacu je bilo železarstvo tehnično na višji razvojni stopnji. Če upoštevamo, da se je v 10. stoletju topilništvo preselilo s hribov v dolino in šele v 15. stoletju začelo uporabljati vodno silo za pogon mehov, potem velja za Mešenac drugi primer.

Zgodovinar Anton Koblar omenja: »Za plavž v dolini imamo najstarejšo letnico 1422, ki je bila vklesana na kameniti plošči, vzdani pri stari peči na volka na Racovniku in v Spodnjih Železnikih. V Kropi so pri Starem kladvu ali v Zgornji Kropi že v 14. stoletju sezidali »slovensko peč« na volka. Železo so kovali pod 9—11 stotov težkim kladivom, ki so ga kupili na Štajerskem. V Spodnji Kropi pa so postavili plavž na volka 1442. leta. Za enega volka je bilo potrebnih 18—24 vsipov oglja in rude. Ko je nastal volk, so spodaj odstranili sprednjo steno peči in izvlekli iz nje volka. Ker je bil težak, so ga včasih izvlačili s pomočjo vodnega kolesa. V 16. stoletju je bilo že polno »slovenskih plavžev« po Kranjskem: v Radovni, v Kolnici, Kamni gorici, Kropi, Železnikih in Hobovšah.

V tem času pa so se pojavile boljše nemške in laške peči z dvojnimi pihalom. Te peči so sicer bile višje, toda še vedno na volka. Nemška peč je bila 10 čevljev visoka, na vrhu je merila v širino 14 palcev, na sredini 3 čevlje, na dnu pa se je zožila na 2 čevlja. Na desni strani, kjer se je vpihaval, je bila narejena luknja, skozi katero so izvlekli volka. V 24 urah sta nastala dva volka po 4 cente težka in sta dala pod kladivom po 2 centa čistega železa. Plavžarju ali »plajarju« so pomagali drugi fužinarski delavci, da je spravil volka pod kladivo. »Mojster kladiva« ga je raztegnil ali razcepil na 4 ali 6. delov. Te dele je segreval v posebni peči in ponovno vlekli pod kladivom v železne palice.«

Zanimiv je tudi Hacquetov opis tradicionalnega obratovanja bohinjskih mehov, tako n. pr.: »Bohinjski plavž ima na svoji spodnji strani dve odprtini. Prva je luknja za žlindro in druga prsi, ki merijo dva čevlja v kvadratu. Obe odprtini se zadelata z veliko pogačo gline. Nato se zabode z lesenim kolom v prsi luknjo, kamor se vstavijo leseni mehovi, ki ležijo na valjih zato, da se brez truda odstranijo, kadar se prsi, oziroma odprtina za dovajanje zraka odpre, da izvlečejo volka. Pri večini plavžev pa ostanejo poleg prsi, ki so zaprte samo z glino, kvadrataste luknje, ki se zaprejo z železnimi zamaški v glini, ker rabijo za odtekanje žlindre. Po potrebi se mehovi ustavijo pri začetem taljenju nižje in zatem pri ogrevanju rude po potrebi višje, dokler se volk ne usede in se odprejo tudi luknje za iztek žlindre.«

Peč v Mešenacu se verjetno od ostalih peči v Bohinju ni razlikovala.

Najdena žlindra, ki v pravem smislu ni žlindra, temveč bogata železna ruda bobovec iz Jelovice, pa govori o visoki sposobnosti takratnih topilcev rude. Ruda je bila podvržena toplotnim spremembam, kar se vidi že makroskopsko. V tem primeru ne gre za žlindro, ampak »roštano« — pra-

ženo rudo. Ker se je ruda pražila v »roštanci« — pražilni peči izmenično s plastmi oglja in ogljenega prahu približno teden dni, so se v rudi izvršile spremembe v smislu redukcije od Fe_2O_3 do FeO . Če je bilo dosti redukcijskih plinov in zadosti visoka temperatura, se je stvaril tudi kakšen košček železa, kot sem ga dobil jaz v enem izmed kosov žlindri podobni snovi.

Rude na področju Mešenaca ni, dovažali so jo iz nižje ležečih predelov Jelovice. V bližini tega kraja je dosti starih rudnih in ogljarskih poti, ki se stekajo prav v Mešenacu.

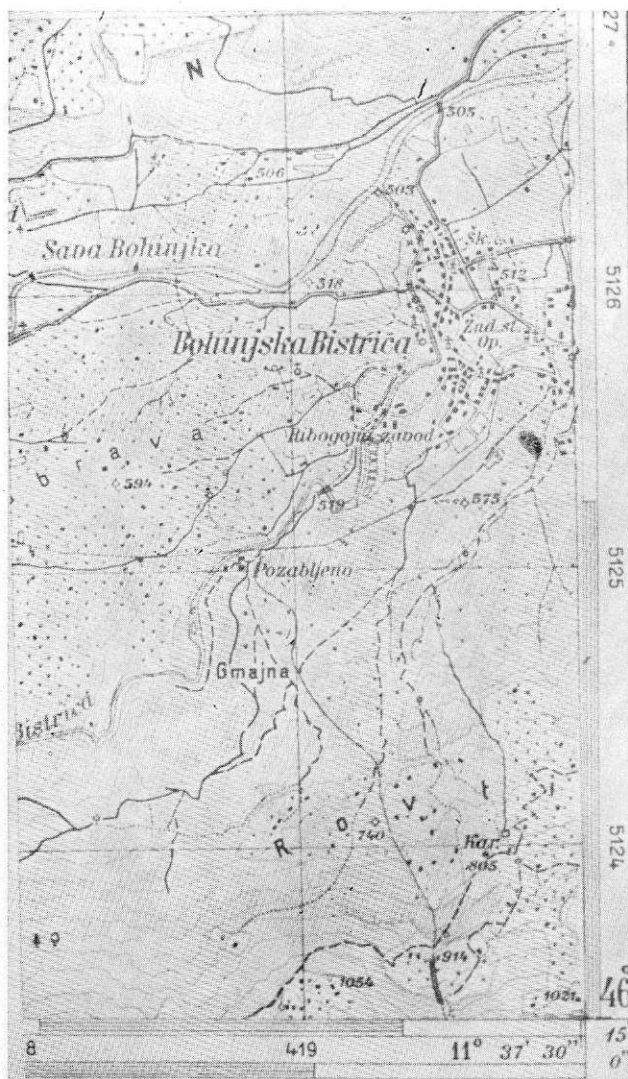
Da bi bile v Mešenacu samo »roštance« ni verjetno, kajti kraj je izredno primeren za fužinarstvo.

Od vseh krajev, kjer so bile fužine, ni tako močne vodne sile kot tukaj. V Mešenacu so bili dani vsi pogoji za »roštance«, volkovo peč in kladivo. Čudno je le to, da se ni ničesar ohranilo ali vsaj zapisalo, saj je mimo tega kraja vodila stara steza skozi Stengec, ki je povezovala Bohinj z Bledom.

Plemeniti Locatelliji — trije bratje: Jurij, Vincenc in Aleksander (pokopani v cerkvi na Bitnjah) so bili dolgo časa najmočnejši in najnaprednejši fužinarji. Italijanski fužinarji Tazolliji in Locatelliji so postavili fužinarska kladiva breščanske vrste v Stari Fužini in na Bistrici. Kljub ogromnemu bogastvu so Locatelliji prišli v finančne stiske. 1. 12. 1712. leta je rudarski glavar Kappus zahteval ureditev odplačil dolga Francu Pittoniju, deželnemu glavarju Gradiščanskemu. 4. 5. 1723 je prišlo tako daleč, da je moral Johann Baptista plemeniti Locatelli, ki je podedoval fužine po



Slika 36 — Michelangelo Zois



Slika 37 — Bohinjska Bistrica in Pozabljeno

Aleksandru, poravnati vse neporavnane dolgove. S Francem Pittonijem je napravil kupno-prodajno pogodbo za fužino Bistrice in Staro Fužino. Pogodbo je 30. 5. 1729. leta potrdil rudarski glavar Kappus iz Kamne gorice. Fužine so prišle v posest italijanske družine Pittoni. Dne 24. 1. 1741 je bila podpisana kupno-prodajna pogodba med Petrom pl. Pittonijem in Jožefom Pittonijem za fužini Bistrica in Stara Fužina. Peter je Staro Fužino 9. 2. 1743 prodal Matiji Varlu. Varl kljub prizadevnosti ni mogel fužine obdržati, zašel je v velike dolgove, tako da so Stare Fužine kmalu do bile novega lastnika.

V železarski zgodovini Bohinja se večkrat ponavlja, da se naši ljudje niso bili sposobni uveljaviti kot gospodarji. Bili so dobri in skrbni delavci, ki pa so imeli premalo sposobnosti in izkušenj s trgovanjem. Trgovsko žilico so imeli le tujci.

Leta 1749. je Stara Fužina pripadala Gabrijeleu Abrahamu plemenitemu Werthu. Koliko časa je

bila v njegovi posesti, se ne ve. Od domačinov, ki so bili tudi nekaj časa lastniki v Stari Fužini, se omenja le nekega Kemperla.

Fužine v Bistrici so bile nekaj časa še v posesti Pittonijev, 19. 7. 1749 pa je s pogodbo med Guiseppe Antonio baronom Pittonijem železarska oblast prešla v posest Michelangela Zois, veletrgovca iz Ljubljane. Zois je kmalu po nakupu fužine kupil še graščino in Pozabljeno od Jožefa Pittonija. Z ogromnim kapitalom, s katerim je razpolagal Zois, je v kratkem času pokupil v Bohinju vse, kar mu je bilo dosegljivega. V Ljubljani, kjer je imel veletrgovino z železom, je uspel vse prodati, ker je imel vsepovsod dobre trgovske zveze.

Da bi onemogočil domače fužinarje na Kranjskem in imel edino on monopol v trgovini železa, je sklepal pogodbe za nakup železa tudi na Koroškem.

Leta 1750 se je pritožil pri dunajski vladi Anton Grošelj, fužinar iz Kroepe, da Zois nima pravega odnosa do fužinarjev. Grošelj s pritožbo proti Zoisu ni uspel. V Ljubljani so na komercialnem kongresu Grošlja celo obsodili, da Zois obrekuje in mu odmerili globo v višini 12 cekinov.

Dve leti po Grošljevi pritožbi je Zoisu uspela nova poteza. Na Gorenjskem pod Karavankami je kupil še eno pomembno fužino, ki je bila zgrajena po sistemu italijanskih fužin. Ob prisotnosti vrhovnega rudarskega sodnika Baptista di Nemizhoffena je lastnici fužine Javornik, Tereziji plemeniti Moschkon, 17. maja 1752 plačal 22.000 florintov.

Leta 1766 je bilo proti Zoisu že več pritožb kranjskih fužinarjev. Dunajska vlada je hotela razčistiti spor med fužinarji in Zoisom, toda Zois je zmagal. Bilo je rečeno: »Če skuša Zois v trgovini z železom obogateti, to še ni kaznivo dejanje. Želeti bi bilo, da bi imeli v cesarstvu še več tako sposobnih trgovcev, kot je Zois.« Pri dunajski vladi je bil Zois dobro zapisan. Vlada mu je leta 1760 podelila naslov barona.

Baron Zois pl. Edelstein je v Bohinju pokupil gozdove, kopišča, rudna polja in Staro Fužino. Da ne bi bilo preveč hrupa, je del premoženja v Bohinju imel vpisanega pri rudarskem glavarstvu anonimno.

Celotno premoženje je s kupno-prodajno pogodbo prodal leta 1774 sinu Žigu iz drugega zakona. Pred tem pa je sina izsolal in vpeljal v trgovske posle. Toda v času Žiga Zois se je že občutila močna konkurenca švedskega železa v Sredozemlju. Zoisova skladišča v Ljubljani in Trstu se niso praznila, trgovina pa je iz leta v leto pešala. Kljub težkemu položaju Zois svojih fužin ni zanemaril. Da bi mogel konkurirati močni tuji konkurenci, posebno švedski, je v Bohinju izvedel dalekosežno rekonstrukcijo in modernizacijo in odpravil primitivne metode za pridobivanje železa. Namesto peči na volka je 1791. leta zgradil plavž v Bohinjski Bistrici. Navzlic Zoisovi sposobnosti pa do normalizacije v bohinjskih fužinah ni prišlo.

Zaradi slabega socialnega stanja je vladala med delavstvom nediscipliniranost in fluktuacija. Leta 1738 je bilo zaposlenih 1000 delavcev, leta 1811 le še 386 in leto kasneje le še 242. Mnogi Bohinjci so se začeli izseljevati drugam, tako da se je pri fužinah pojavila stiska za delovno silo. V Bistrici je bilo treba streči plavžu, dvema kladivoma na Pozabljenem in trem kladivom v stari Fužini, delavcev pa je bilo vedno manj. Tudi Napolconova vojska in pa kontinentalna zapora so omajale obratovanje in trgovino železa na starodavnih poteh, posebno v Benetke.

Fužine v Bohinju so po smrti žige Zoisu prešle v roke nečaku Karlu Zoisu. Pred smrtjo sta 27. oktobra 1819. leta napravila kupno-prodajno pogodbo. Karl Zois je 13. februarja 1820. leta zaprosil rudarsko oblast za prepis fužin na svoje ime. Dasi so izgubili italijanski trg, so Zoisovi nasledniki vodili obrate do leta 1869. Največje zasluge za nadaljnji razvoj fužin v Bohinju je imela fužinarica Serafina Zois, žena umrlega Karla Zoisu.

Leta 1846 je 55-letni baronici Serafini Zois rojeni grofici Aichelburg, materi devetih otrok, uspelo dobiti dovoljenje za gradnjo valjarne. Njen program so v Bohinju izvajali že pred uradnim dovoljenjem obratovanja. Avstrijske oblasti so imele za Serafinine načrte dolgo časa gluha ušesa, vendar fužinarica ni odnehala. Že od 1836. leta je z mojstri s češkega Albertom Bernardom, K. Klerihom in Kochom izvajala zamišljeni delovni program. V programu je bila valjarna, livarna in mehanična delavnica.

Pognati valjarno je bil tvegan poskus — vendar zadovoljivo rešen, zakaj tehnika obdelave in

oblikovanja železa s pomočjo valjarn je v moderni industriji 19. stoletja izpodrinila stare načine vlečenja jekla pod kladivi.

Valjarna na Pozabljenem pri Bohinjski Bistrici je bila prva te vrste v vojvodini Kranjski. Valjalo se je robato, okroglo in tračno železo raznih razsežnosti.

Po smrti Serafine Zois — 15. avgusta 1849 — so fužine prevzeli njeni otroci in jih vodili do leta 1896, dokler jih ni najmočnejša konkurenca, Kranjska industrijska družba, odkupila.

Kranjska industrijska družba je nadaljevala z obratovanjem in izvedla več tehničnih sprememb. Leta 1874 so imeli v načrtu zgraditi 6 novih ognjišč (Lancashire) na Pozabljenem. Predvidena je bila tudi rekonstrukcija valjarn in gradnja varilne peči, ki bi jo kurili s šoto iz Češnjice. Valjarna je dobivala vedno večji pomen, tako da so dne 16. marca 1877 sklenili zgraditi novo turbino. Mnoge načrte pa je pri Kranjski industrijski družbi preprečila gospodarska kriza, ki je trajala že od 1873. leta dalje.

V plavžu na Bistrici, ki je bil visok preko 9 m, segrevan z zrakom na 300 °C, se je v letu 1874 proizvedlo 141.624 kg sive litine in 391.496 kg belega grodlja. Sivi grodelj so pretalili v livarni, beli grodelj pa se je predelal v jeklo, ki so ga valjali v žico.

Železarna v Bohinjski Bistrici je obratovala do 1890. leta. Pozabljeno in Stara Fužina pa do 1891. Bistriško fužino je 18. oktobra 1890. leta uničil požar, zaradi česar je Bohinj ostal brez železarske industrije.

Aleksander Rjazancev

DK 533.1

Vesti o bobovcih iz Julijskih Alp

Kakšni so bili strokovni pogledi na »bobovec« — bogato, kisló limonitno železno rudo v vojvodini Kranjski do 18. stoletja, nam ni znano. Šele v 18. stoletju so dobili bobovci svoj pomen tudi v znanstveni mineralogiji. Zasluge za to ima baron Žiga Zois.

Vnet zbiralec in poznavalec bobovcev je bil naš znameniti mineralog in fužinar Žiga Zois (1747 do 1819). Dolga leta je zbiral, kupoval in zamenjaval razne primerke rud in kamenin iz vsega sveta. Nastala je prekrasna, sistematično urejena zbirka, z okrog 4000 primerki, ki še danes sodi med največje in najbogatejše zbirke v svetu. Po Zoisovi smrti so mineraloško zbirko prodali njegovi dediči deželni vladi v Ljubljani, ta pa jo je podarila leta 1831 Kranjskemu deželnemu muzeju v Ljubljani, ki je bil tedaj ustanovljen.

Zoisova mineraloška zbirka je bila pravzaprav povod za ustanovitev deželnega muzeja v vojvodini Kranjski. Že sam zbiratelj Zois je imel namen in željo, da bi Ljubljana dobila muzej, kjer bi javnosti pokazali plod njegovega dolgoletnega udejstvovanja v mineralogiji. Žal pa je umrl, preden je bil muzej ustanovljen. K sreči je zbirka našla pravo mesto, ne da bi jo raznesli posamezni zbiralci.

Baron Žiga Zois je bil pomembna osebnost. Dopisoval je z mnogimi tujimi učenjaki in fužinarji. Mnoge znanstvene družbe so ga imenovalc za člana, mineralogi pa so ga počastili s tem, da so po njem imenovali neko na Svinji planini odkrito kamenino »Zoisit«. Tudi mi smo Zoisu hvaležni za vse, kar je zapustil v zvezi s preteklostjo rudarstva in plavžarstva pri nas.



Slika 38 — Žiga Zois

Za proučevanje železarstva so najpomembnejše železne rude, predvsem bobovci. V Zoisovi zbirki najdemo vse mogoče oblike bobovcev z Dolenjske in Gorenjske, za primerjavo pa še bobovec s Švedske, Nemčije, Francije in Madžarske. Razumljivo pa je, da so najbogatejše zbirke bobovcev iz Julijskih Alp, kjer so bila številna Zoisova rudna polja.

Kljub vsej podjetnosti, dejavnosti in znanju, je imel Zois kot fužinar izredne težave s fužinami v Bohinju zaradi pičlih zalog bobovcev in zastarelosti obratov. Železno rudo so že več kot dva

tisoč let izkoriščali bohinjski železarji. Zaradi vseh teh težav Zois ni mogel vzdržati tekme s švedskim izvozom železa in jekla. Čeprav je šla njegova trgovina z železom rakovo pot, ni odnehal. Njegovi rudosledi so iskali nahajališča bobovcev na Poljuki in okrog Črne prsti.

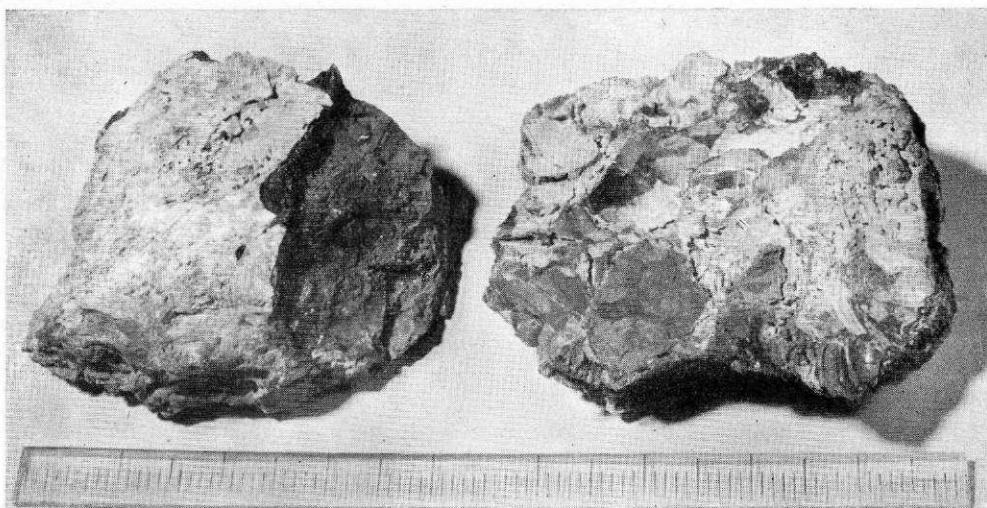
Bohinjski bobovci so izredno podražili proizvodne stroške železa zaradi oddaljenosti rudišč in pa zato, ker so kopači iz velikih količin nakoopanega materiala izločili le malo bobovcev. Poleg tega pa je bilo treba bobovec prati in prebirati zaradi jalovine in prisotnega železovega kršca. Težave, ki jih je imel baron Zois s fužinami zaradi bobovcev, razberemo iz njegovega arhiva iz leta 1777.

V Zoisovi mineraloški zbirki se nahaja zanimiv primer, ki priča, da so Zoisu poslali v Ljubljano, kjer je živel, vzorce železne rude, najdene na Fužinarski planoti. Železna ruda je zavita v papir, na katerem piše:

»Johan Zvetek je po mojem nasvetu iskal rudo (kopal) na planini Uševnik ter je bil tako srečen, da je v nekem zapuščenem jarku našel sloj rude, ki je obsežen. Prosim, da tega človeka podpirate. Mogoče stara govorica o mnogo rude na tej gori le ni zastonj. Z obojestranskim vljudnim priporočilom Vaš najvdanejši (podpisa ni).« Iz vsebine, ki jo je napisal eden Zoisovih upraviteljev fužin v Bohinju, je razvidna zainteresiranost za novo nahajališče in upanje, da se bo stara govorica o Uševniku uresničila. Na Uševniku danes lahko vidimo številne jaške in dva izredno globoka brezna, kjer so kopali železno limonitno rudo, med katero so bili bobovci.

Od 1777. leta so se pričele večati gospodarske in materialne težave pri Zoisovih fužinah. Trgovanje z Italijo je bilo vedno slabše zaradi konkurence švedskega in ruskega železa.

Stare »volkove« pečii so bile nerentabilne. Med seboj so se razlikovale samo po velikosti. Preskrba



Slika 39 — Vzorec železne limonitne rude, poslan Zoisu iz Uševnika (Viševnik)



Slika 40 — Baltazar Hacquet

teh peči z bobovcem in bukovim ogljem je bila slaba. Trdega oglja je celo pričelo zmanjkovati. Kopači in oglarji niso bili stalni Zoisovi delavci. Delo so opravljali le priložnostno, ko ni bilo kmečkega dela, zato se je tudi zgodilo, da včasih peči niso imeli s čim zakladati.

Fužinar Zois se je odločil stare peči podreti in koncentrirati železarsko industrijo v Bohinjski Bistrici. S podiranjem peči je pričel leta 1789 in končal 1791. leta. V tem času so v Bohinjski Bistrici zgradili en sam plavž, v katerem so namestili uporabljati rudne mešanice in mehko lesno oglje. Pred dograditvijo plavža so bohinjske bobovce in ostale limonitne rude poskusili na Javorniku.

Javorniška fužina pod Karavankami, ki je prav tako pripadala Zoisu, je imela mali plavž, v katerem so za razliko od bohinjskih »volkovih« peči proizvajali grodelj. Novi plavž v Bohinjski Bistrici je bil prav tako namenjen za proizvodnjo grodlja, zato se je preudarni fužinar Zois hotel najprej prepričati in poučiti o morebitnih težavah v zvezi s plavžarjenjem.

V približno istem obdobju kot Zois, je živel tudi znani Baltazar Hacquet (1739—1805), ki je veljal za pomembnega mineraloga in alkimista. Prepotoval je vse naše gore in doline ter se seznanil s problemi rudarstva in fužinarstva. V opisu zemeljske površine Kranjske in sosednjih dežel



Slika 41 — Tako so izgledale ruševine fužine in plavža po požaru 1890. leta v Bohinjski Bistrici. To je bil zadnji plavž, ki je talil bobovec

(*Oryctographia carniolica* I—IV, 1778—1789) nam je zapustil številne in pomembne poglede na tedanje fužinarstvo, mineralogijo in geologijo. Področja Julijskih Alp, kjer so se nahajali bobovci, je poznal do podrobnosti. Precenil je rudne zaloge za Zoisove fužine, za katere je dejal, da gredo h koncu. Tako mišljenje si je ustvaril v času, ko je z bohinjskimi rudosledi in lovci osvajal triglavske svet. On je bil tudi prvi, ki je določil Triglavu njegovo višino. Za Zoisom in Hacquetom dolgo ni bilo nikogar, ki bi proučeval bobovce Julijskih Alp. Šele 1849. leta so na Dunaju pričeli misliti na ustanovitev državnega geološkega inštituta, ki bi deloval po načinu zapadnih držav, kot so bile Sev. Amerika, Francija in Anglija. Najprej naj bi se proučilo z geološkega stališča celotno cesarstvo. Pri tem naj bi se zbral material, sistematiziral in preiskal v laboratorijih. S tem namenom je prišel z Dunaja znameniti geolog švicarskega porekla — A. Morlot. Leta 1849 sta skupaj z upraviteljem Zoisovih fužin v Bohinju F. Sprungom preiskala gorske predele Julijskih Alp in proučila geološke razmere. Geolog Morlot je napisal o bobovcih Julijskih Alp obširno razpravo v knjigi »Jahrbuch der K. K. Geologischen Reichsanstalt in Wien«, ki je izšla leta 1850.

Nekaj pomembnih podatkov o bobovcih zasledimo v poročilih iz leta 1877, ki jih je Kranjska industrijska družba zbrala za K. K. Revier Bergamt v Ljubljani. Tudi Bergwerke — Geographie des Kaiserthums Oesterreich 1888 prinaša nekaj podatkov o bobovcih, ki jih uporablja Kranjska industrijska družba za svoj plavž v Bohinjski Bistrici.

Po preselitvi železarskih obratov iz Bohinja na Jesenice leta 1890 se za bobovce in njihova nahajališča ni nihče več zanimal, razen zgodovinarjev železarske zgodovine A. Müllnerja, A. Koblarja in pozneje V. Šmida. Zgodovinar Anton Koblar je v zgodovinskem prispevku »Zgodovina železarstva na Kranjskem« zapisal takole:

»Ob robovih obširnega gozda Jelovice, namreč pri Bohinju, Železnikih, Kropi in Kamni gorici so našli največ bobovca. Ker leži včasih prav na vrhu zemlje, da ga ni treba kopati, je umljivo, zakaj so tam nastali najstarejši plavži. Bobovec ima 62—64 % železa in daje danes po 50 % železa v palicah. Ob času Rimljanov so ga dobivali komaj po 40 %.«

Tudi o praženju bobovca je napisal nekaj stavkov:

»Ruda se praži ali »rošta« tako: Vloži se v pražnico (roštanco) en čevlj visoko oglja in tri čevlje rude, pomešane z braškami. Potem zopet oglja in rude. Ko je polno, se zažge, da gori ali tli osem dni. S tem se ruda ne raztopi, ampak postane le bolj voljna in se otrebi žvepla.«

Kranjska industrijska družba je imela do konca svojega obstoja registrirana rudišča v Julijskih Alpah pri Rudarskem uradu v Ljubljani, čeprav jih ni izkoriščala. Letno so pošiljali pismena obvestila o stanju rudišč in vsa leta prosili ta urad za podaljšanje rudarskega dovoljenja.

Na prošnjo Kranjske industrijske družbe je V. Šmid 1944. leta poslal iz Gradca prispevek »Das Eisenwesen von Wochein«. V razpravi med drugim omenja tudi tole: »Rudo za taljenje na Ajdovskem gradu so dovažali iz Rudnice, kjer so še danes vidni izkopani jarki za rude.« Glede bobovcev, za katere je mislil V. Šmid, da so jih Karni kopali na Rudnici, je treba revidirati.

V. Šmida je verjetno premotilo ime »Rudnica«, kar pa ne moremo šteti v zlo največjemu raziskovalcu bohinjske železarske antike.

Nekaj let po odkritju boksita v južni Franciji so namreč leta 1821 odkrili prav tako rudo tudi na Rudnici. Tuji geologi so jo krstili »Vohajnit« po Bohinju, ki se je za časa vojvodine Kranjske imenoval Wochein. Tako je boksit iz Rudnice prišel v mineraloški leksikon. Šele okrog 1909. leta je bila od rudarskega glavarstva v Celovcu izdana podelitvena listina za izkoriščanje boksita, pozneje pod Jugoslavijo pa 1920. leta od Rudarskega urada v Ljubljani. Na Rudnici so kopali boksit do druge svetovne vojne.

Izključeno ni, da boksit ni mogel služiti kot primes ognjevdržnemu materialu za železarske peči, kar bo treba še proučiti.

Pri našem muzeju je že pred leti zbiral in proučeval bobovec pokojni Slavko Smolej. Žal pa o bobovcih ni ničesar zapisal. Zbral je le nekaj podatkov kemičnih analiz, ki so bile izvršene v kem. laboratoriju Železarne.

Od 1961. leta smo se člani Tehn. žel. muzeja ponovno pričeli zanimati za bobovce, zaradi predvidenih poskusov v vetrni peči. Z bobovci in vetrno pečjo smo hoteli retrogradno proučiti postopke o načinu pridobivanja železa. To smo napravili 1962. leta v Studorju v Zgornji bohinjski dolini. Bobovci so postali za nas zanimiv študijski material.

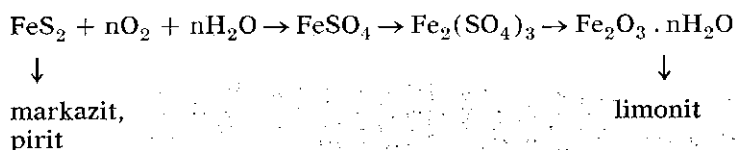
Bobovci Julijskih Alp

V Julijskih Alpah, kjer prevladujeta apnenec CaCO_3 in dolomit $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ različnih geoloških starosti, nahajamo številne železne rude. Te se po genezi in metamorfozi razlikujejo med seboj.

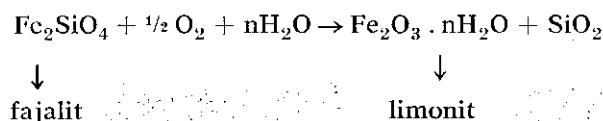
Prevladujejo limoniti v kristalinični in amorfni obliki. Ločimo bobovec, glinasti železovec, močvirski železovec in limonit na sideritu.

Nastanek limonitov

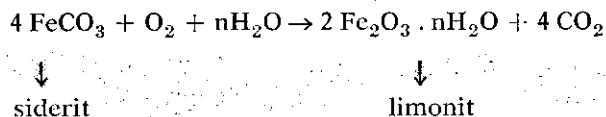
1. Oksidacija železovega bisulfida



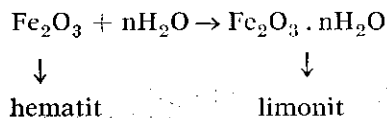
2. Preobrazba fajalita



3. Oksidacija železovega karbonata



4. Hidratacija hematita



Železne rude se razlikujejo med seboj že makroskopsko po strukturi, barvi, trdoti in sijaju. V glavnem se razlikujejo med seboj po količini železa in primesnin. Primesnine so kisle in bazične narave.

Prevladujejo kisline, zato bobovec prištevamo med kisle limonite. Bobovci, železovi ooliti, tvorijo med železnimi rudami posebno skupino, ki je za proučevanje antičnega železarstva na območju Julijskih Alp najbolj zanimiva.

Različne vrste limonitov

Ime rude:	nahajališče	kemična sestava									
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	Mn_2O_3	CaO	MgO	P_2O_5	SO_3	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
bobovec	Brjanca	2,30	0,20	86,07	—	sled.	0,45	0,16	0,205	0,100	10,40
glinasti železovec	Sp. Gorjuše	8,20	7,40	41,50	0,20	0,24	18,14	1,80	0,200	0,025	22,59
močvirski železovec	Rudno polje	6,30	4,33	73,40	0,57	0,34	0,78	0,64	0,300	0,400	12,80
limonit na sideritu	Na Šeh	3,50	3,51	69,89	0,28	0,34	6,48	0,24	0,480	0,750	13,76

Bobovce ločimo med seboj po načinu nastanka, saj so produkti sedimentacije in psevdomorfoze. Največ bobovcev je nastalo po psevdomorfozi markazita FeS_2 in pirita FeS_2 , ki imata sicer enako bruto formulo in enako razmerje med železom in žveplom, vendar pa se razlikujeta med seboj v strukturni formuli, kristalni strukturi ter še v drugih fizikalnih lastnostih.

Kemične spremembe železovih spojin so se izvršile ob posebnih pogojih iz rudnin ali raztopin, ki so vsebovale žveplo, silicij in kisik. Nastale so nove rude, od katerih so nekatere obdržale tujo obliko, to je tisto, ki je prešla skozi oksidacijski milje.

Tisti limoniti, ki niso bili podvrženi mehanskim vplivom, imajo dobro vidno zunanjo kristalno obliko, tako da lahko presodimo, iz kakšnega gradiva so nastali. Psevdomorfozirane bisulfide z ohranjenjo zunanjo obliko, proste ali vrasle kot kopuče, često napačno označujemo kot bobovce.

Največ takih primerov je nad planino Blato in na planini Viševnik. Najdemo jih v kamenitih plazovih, prosto ležeče med kamenjem in v osušenih strugah gorskih hudournikov. Barve so temnorjave do črne z dobro izraženo paobljko.

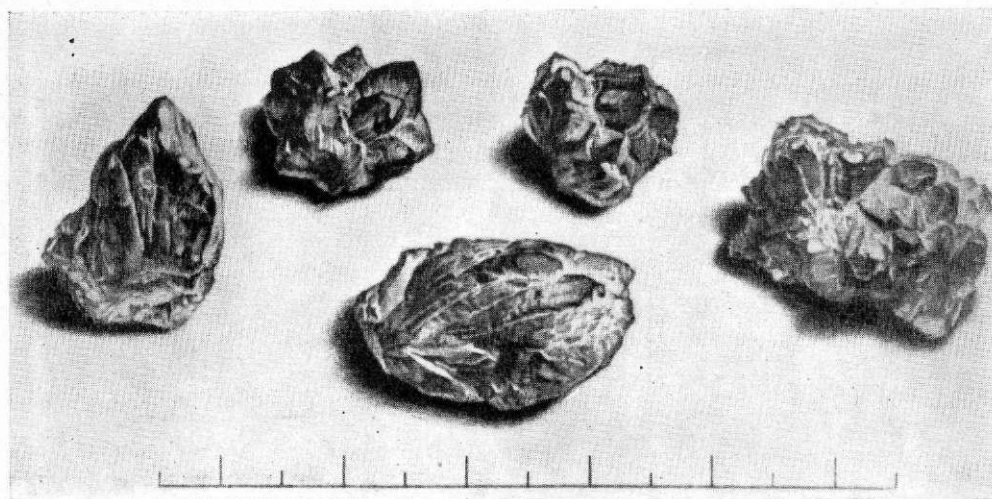
Pri rudah, nastalih iz bisulfidov, se oblika ni mogla v vseh primerih obdržati zaradi delovanja mehanskih sil. Kristalne oblike so se zabrisale samo delno, tako da se je vrhnji del kristalnih ploskev zgledil hkrati z robovi vred. Če je bilo brušenje zaradi vrtenja in drsenja takšno, da od kristalnih ploskev ni ostalo ničesar, so nastali bobovci. Današnji bobovci so dokončna oblika mehanskih dogajanj iz preteklosti. So izredno trdi, tako da jih komaj prime nova jeklena pila. Na površini so lepo zglačeni, le v manjših vdolbinicah ne. Tudi prelomna ploskev ni gladka, ampak hrapava, iz česar moremo sklepati, da je gladek in svetleč samo tisti del površine, ki je prišel v dotik z enako ali še tršo snovjo. Lom pri bobovcih je fino hrapav in ostrih robov. Pri bobovcih, nastalih

po sedimentaciji, je lom bolj vegast. Barve so različne, odvisna je od primesi, ki spremljajo rudno snov. Primesi so: Si, Al, Mn, Ca, Mg, P, S in Ti v obliki spojin. Med seboj jih ločimo po tem, kakšni sta raza in prah. Raza in prah se med seboj po barvi le redko razlikujeta. Če bobovce segrevamo, izgubijo svoj sijaj, postanejo motni, razpokani in sivo-kovinsko obarvani. S puhalko ne dosežemo kovinskega zrna, pač pa žlindri podobno črno snov.

Limonitni bobovci, ki so nastali iz vodnih raztopin, imajo dobro vidne sedimentacijske plasti. Plasti se po debelini in barvi med seboj razlikujejo, kar je treba pripisovati času sedimentacije in kemični sestavi. Ko je limonit sedimentiral in se strdil, ga je začela mehanska sila vode in drugih trdih kamenin preoblikovati iz večjih kosov v manjše, pri čemer so se robovi in površina zgledili ter tako preoblikovali v bobovce. Pri izoblikovanem bobovcu vidimo na njegovi gladki površini plastnice, ki so ekscentrične in različnih mer. Zaradi plastnic jih lahko klasificiramo in ločimo od ostalih vrst bobovcev. Oblike so školjkaste, gladkih površin z dobro in slabo izraženim sijajem. Barve so temnorjave, svetlorjave in sivorjave.

Izredno lepo se vidijo plasti pri preluknjanem bobovcu z Dednega polja. Ta bobovec nam potrjuje dvoje: da so nekateri bobovci na Dednem polju sedimentacijskega izvora, kar se lepo vidi v njegovi notranjosti in tudi to, da v notranjosti, v kateri je nekoč tičal kamenček, ni gladkih svetlečih sten, kot so na površini. Iz tega primera lahko zaključimo, da imajo bobovci gladko površino zaradi trenja, prav tako kot silikatni ooliti, ki so spremljevalci bobovcev.

Nekateri bobovci, ki spadajo v to skupino, nimajo na površini vidnih plastnic, iz česar bi se dalo sklepati, da je bil sedimentacijski material, iz katerega so nastali, bolj homogen in kemično bolj enoten od prvega primera. Da pa so prav tako produkt sedimentacije, ugotovimo šele na



Slika 42 — Predstopnja bobovcev — psevdomorfoza bisulfida — Planina Viševnik

ŽELEZOV BISULFID



rombska holodrija
MARKAZIT FeS_2

pentagonska hemiedrija
PIRIT FeS_2

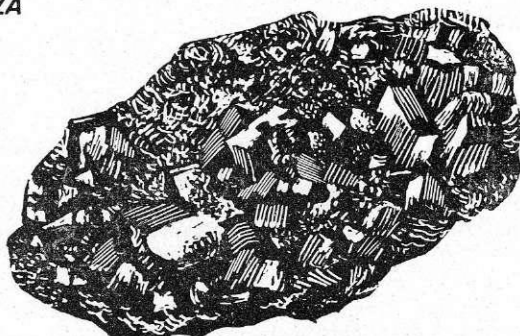


OKSIDACIJSKI MILJE

PSEVDOMORFOZA



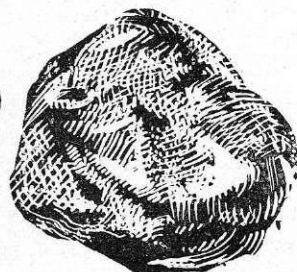
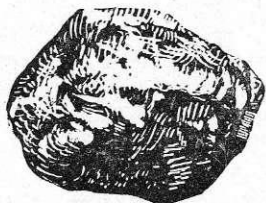
LIMONIT $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
kristalna psevd oblika



LIMONIT $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
kristalna psevd oblika

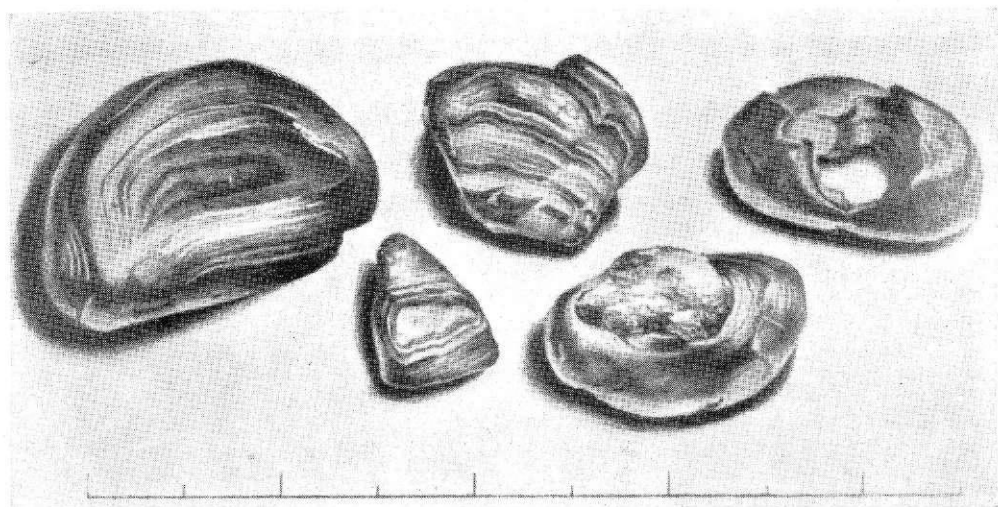
MEHANSKI PROCESI

PRODUKTI

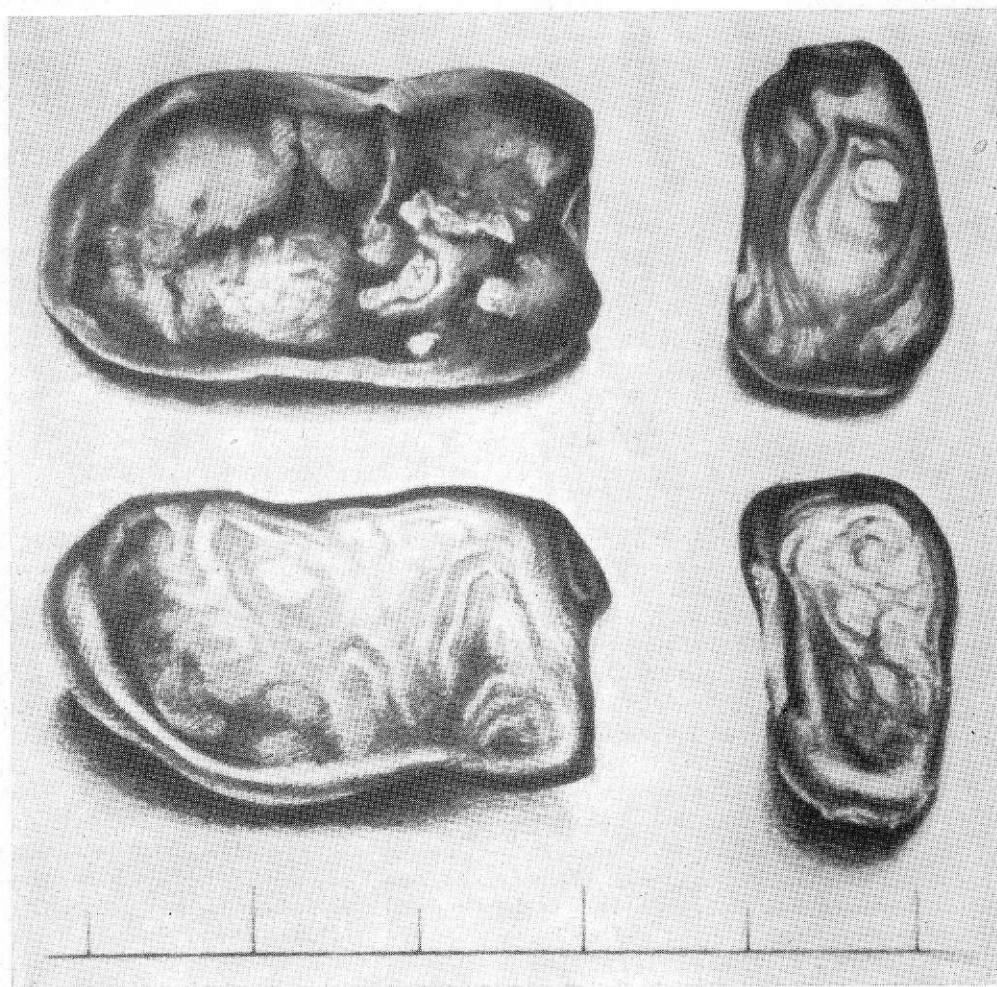


BOBOVEC $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

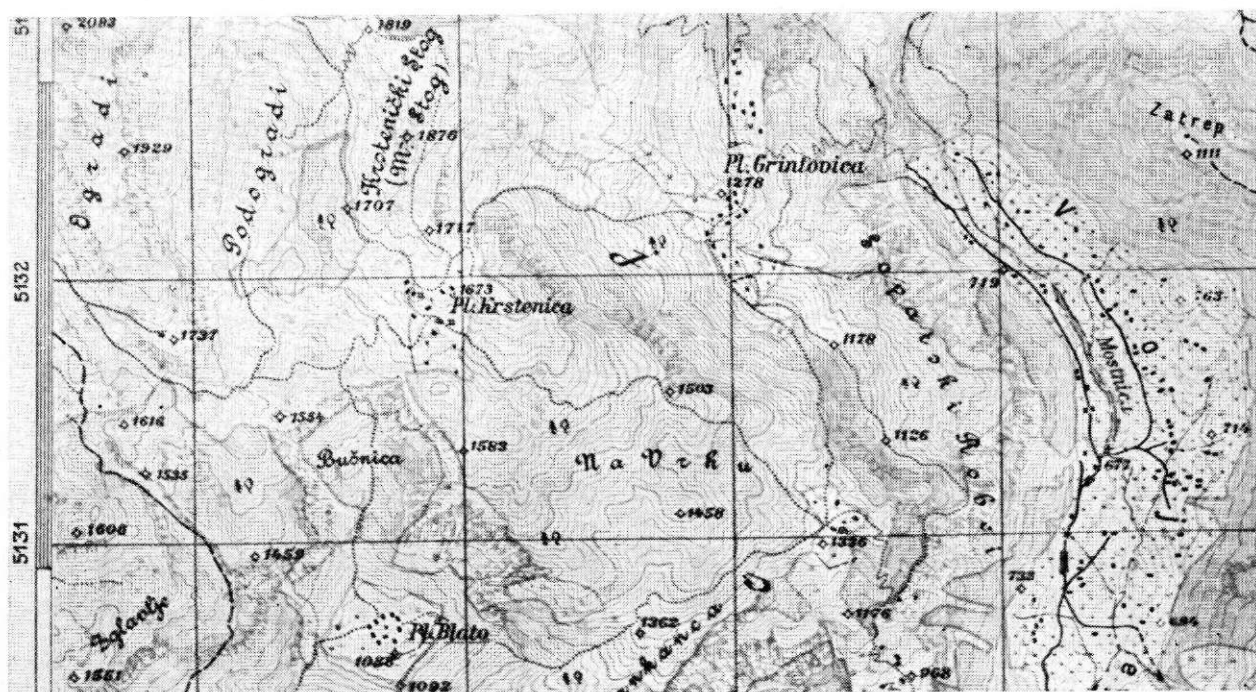
Slika 44 — Nastanek bobovcev iz železovega bisulfida



Slika 45 — Sedimentacijske oblike bobovcev — Rudno polje in Dedno polje



Slika 46 — Zgornja in spodnja stran dveh sedimentacijskih bobovcev — Dedno polje



Slika 47 — Področja predstopenj-bobovca in bobovca

Silikatni ooliti

Vrsta:	nahajališča:	kemična sestava									
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	žaroizg.
temnosiv — mat	Korita	46,52	12,92	20,33	—	0,17	8,17	4,16	0,180	0,190	3,40
rjav — droben	Korita	84,42	1,52	5,98	—	—	2,66	1,12	0,050	0,250	3,22
rjav — debel	Korita	89,58	2,62	3,19	—	—	1,00	0,96	0,190	0,120	1,80
bel — droben	Dedno polje	65,38	1,70	3,70	—	0,23	14,50	0,32	0,210	0,130	13,16
sivozelen	Kratki plazi	91,14	1,01	3,71	—	—	0,78	0,80	0,180	0,150	1,62

Brušenje in nastanek sekundarnih oblik najdemo tudi pri drugih trdih kameninah, ki jih najdemo med bobovci. To so silikatni ooliti, ki vsebujejo različne količine železa kot primesnino. Če so ooliti temne barve, jih na prvi pogled težko ločimo od pravih železnih oolitov — to je bobovcev. Da gre za lažne bobovce, spoznamo s pomočjo kemične analize. Velikost in oblika silikatnih oolitov sta identični z bobovci istega nahajališča.

Na površini je največ prosto ležečih bobovcev in to na izpranih apnencih in dolomitih, ali pa so pomešani med peskom, okrušninami in ilovico; lahko so tudi pod rušo. Največje razlike so opazne pri tistih bobovcih, ki se nahajajo pod rušo med koreninami gorskih trav. Ti so vedno okrogle ali eliptične oblike, pri katerih je ena stran konkavna, druga pa konveksna. Bobovci, ki se nahajajo pod temi v zemlji, so vedno drobnejši in drugih oblik.

Te spremembe so verjetno v neki zvezi z vegetacijo in humusom. Biokemični procesi in organske kisline verjetno vplivajo na bobovce v tem smislu, da se izvrši površinska korozija. Zgornja stran (konkavna), to je tista, ki je bližja rastlinam, je bolj podvržena koroziji, kot spodnja. To si razlagamo s tem, ker je zgornja stran bolj kontaminirana z biološko-kemijskimi reakcijami, kot spodnja. Tudi koncentracija ogljikovega dioksida, ki se sprošča pri bioloških reakcijah, je večja. Pri korozijski dejavnosti ogljikove kisline pomagajo še humusne in druge kisline. Zgornji zemeljski pas je najaktivnejši glede tvorbe topnega železovega bikarbonata, saj pride tu do največje koncentracije ogljikove kisline, predvsem deževnice in snežnice. Prav tako je tu najaktivnejši oksidacijski pas, kjer prehaja topna oblika železove spojine v netopno okro. Netopna okra se pomeša z ostalo



Slika 48 — Debela vrsta bobovca — Rudno polje

zemljo, zato vsebuje taka zemlja znatne količine železa.

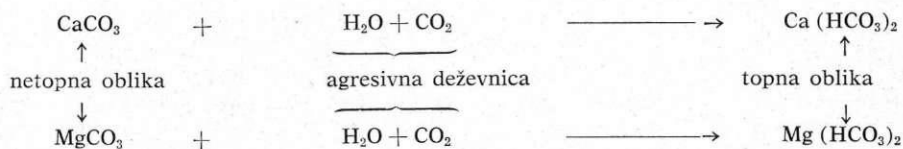
Bobovci pa se nahajajo tudi v izrednih globinah, v tako imenovani »lavori«, to je plasti, ki sestoji iz apnenčevega grušča in ilovice, ali pa so v skalnatih razpokah, kjer je visokogorski kras najbolj izrazit. Prvi primer najdemo na Rudnem polju in Spodnjih Gorjušah, drugega pa nad planino Viševnik. V obeh primerih je bobovec v tak položaj spravila voda ali premik ledenikov.

V nekaterih predelih bohinjskih gora in planin so tudi zlepljeni bobovci. Največ jih je na Rudnem polju. Vrasli odnosno zleplili so se v modifikacije apnenca, silikatne konglomerate in otrdilo ilovico. Včasih so bobovci sami ali pa v družbi s koščki drugih limonitov. Posebno drobni pa se nahajajo v sigistem apnencu in otrdeli ilovici kot skupna naplavina na primarnem apnencu ali



Slika 49 — Okrogli bobovec po markazitu z vidnim žlebičkom — Rudno polje

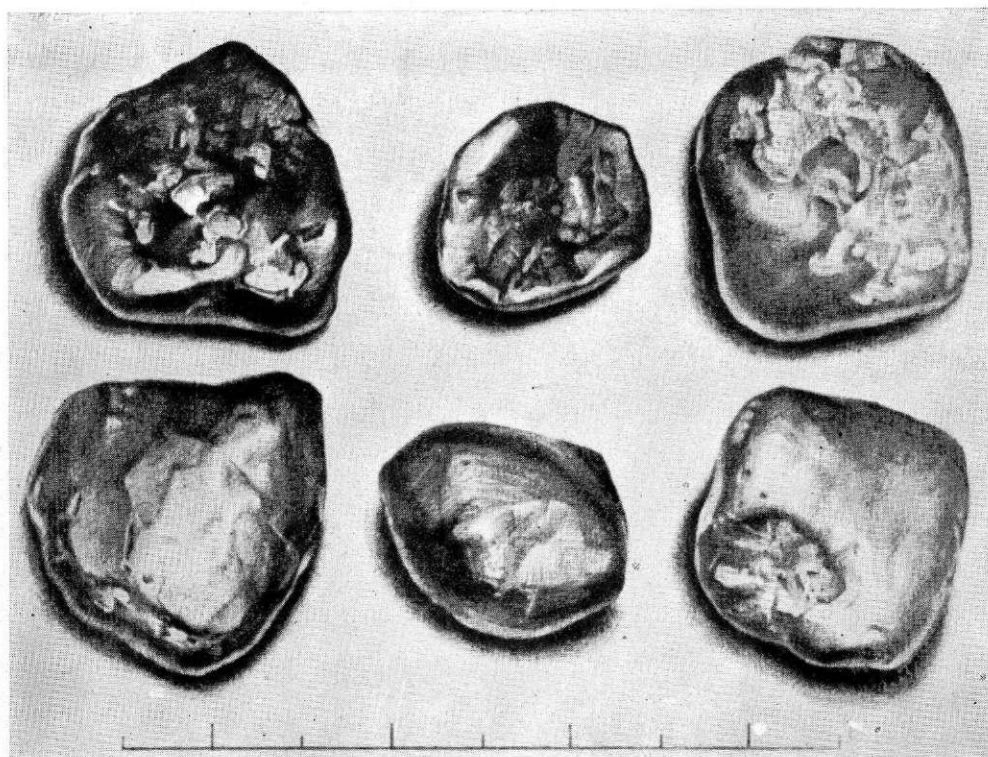
dolomitu. Večkrat najdemo v kamenini prazne votlinice, to so posteljice bobovcev, ki so postali prosti po delovanju atmosferilij, preperevanja in učinkovanja agresivne deževnice. Vpliv agresivne deževnice, predvsem pa snežnice, je največji pri nižjih temperaturah. Najobčutljivejše so kamenine, ki vsebujejo kalcijev in magnezijev karbonat. Pod vplivom ogljikove kisline, predvsem na območju visokogorskega krasa, nastane pretvorba obeh karbonatov v topno obliko, kot je razvidno iz dveh kemičnih enačb.



Kemični razkroj omogoča bobovcu, da se odloči od karbonatnih sten, nakar ga voda in led izrmeta iz kamenitega oklepa. Če so bobovci zelo blizu drug drugega, reakcija osvobajanja hitro napreduje, ker so običajno karbonatne stene med bobovci tanke. Teže se osvobajajo bobovci, ki so zaliti v okameneli ilovici.

Pseudomorfozirani piriti so prišli v omenjene kamenine in otrdele raztopine potem, ko je bila že zaključena faza pseudomorfoze in vpliva zunanjih mehanskih dogajanj. Tudi bobovci, nastali iz sedimentacijskih limonitov, so že pred vraščanjem in zlepljenjem med seboj ter tujo snovjo

imeli svoje oblike. Pri bobovcih, ki prosto ležijo — tu so mišljeni tisti, ki so se odločili od neke trdne podloge — opazimo zanimive primere v obliki posodice. Vdolbina takšnega bobovca je že delno zdeformiran negativ tuje kamenine, na kateri je bila svoječasnno limonitna ruda. Ko se je ruda odločila od podlage zaradi preperevanja kamenine in prešla pod vpliv sekundarnega preoblikovanja, se je kljub temu ohranila vdolbina. Takšnim bobovcem so najbolj podobni primerki votlih bobovcev s tankimi stenami. To so nekakšne lažne geode, katerih notranjost je bila izpolnjena s tujo nerudno snovjo, običajno z drobno



Slika 50 — Boboenci izpod ruše — zgornja in spodnja stran — Dedno polje

gline ali ilovnate zemlje. Oba primera sta produkt psevdomorfoze.

Boboenci, nastali iz pirita, so bolj robati. V zemlji jih najdemo v fazi limonitizacije ali pa v dokončni fazi. Boboenci, ki pravzaprav še ne opravičujejo tega imena, imajo na prelomu dobro vidno mejo med nastalo novo snovjo in piritom. Bobovce, ki so nastali iz pirita ali markazita, je težko razlikovati. Potrebne so preiskave s pomočjo vpadne svetlobe, to je s proučevanjem obruskov.

Zelo redek je bobovčev pesek. To je zmes izredno drobnih bobovčkov in delcev sigastega apnenca. Oblike so nepravilne — okroglaste in ploščate. Barve so temnorjave, svetlorjave in rdeče. Zaradi sigastega apnenca je njihova površina prašna, kar jim zakriva osnovno barvo in sijaj.

Če take bobovčke odločimo od apnenca in jim odstranimo prah, so enaki drugim bobovcem.

Posebnost med bobovci so paramagnetični bobovci z Dednega polja, ki jih privlači magnet. Nahajajo se v smeri Huda rupa med apnenci jurskega porekla in so delno pomešani z železom vsebujočo zemljo. Pomešani so med druge bobovce in jih na pogled ni mogoče razlikovati. Barve so temno rjave, gladkih površin in različnih oblik. Vsebujejo največ železa in mangana od vseh do sedaj znanih bobovcev.

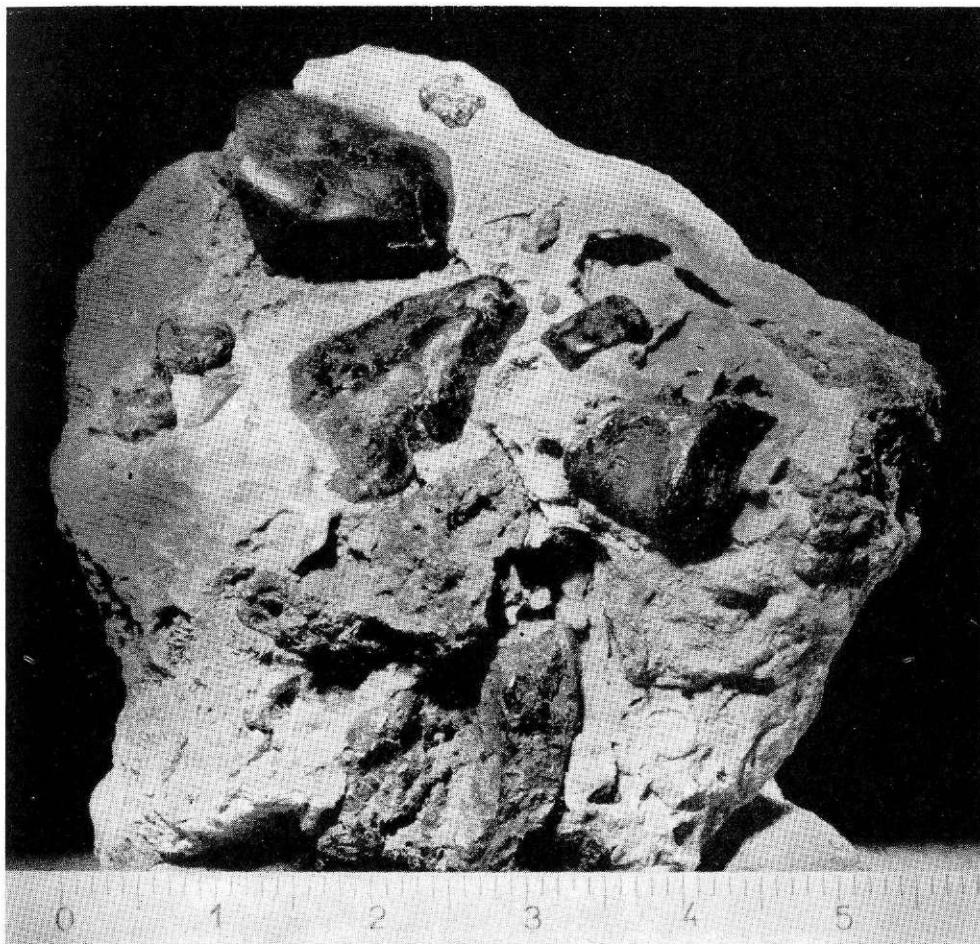
Paramagnetičnih bobovcev je razmeroma malo med drugimi bobovci istega rudišča.

Bobovec z Dednega polja je drobna ruda. Po obliki ločimo več vrst, ki pa se po kemični sestavi dosti ne razlikujejo med seboj, razen paramagnetičnih, kot je razvidno iz kemičnih analiz.

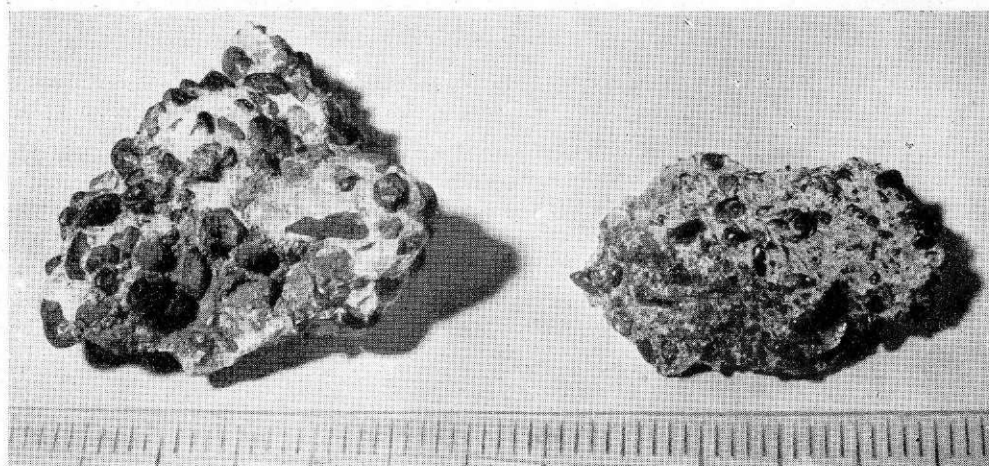
Kemične analize bobovcev z Dednega polja:

Naziv bobovcev:

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	CO ₂ + H ₂ O
temni, ovalni, gladki	1,56	0,32	84,87	0,58	0,17	0,56	0,32	0,460	0,160	10,92
rjavi, ovalni, gladki	2,14	0,32	82,02	0,50	0,74	0,78	0,65	0,480	0,070	11,74
rjavi z obrušeni robovi	2,26	0,40	82,23	0,50	0,74	0,90	0,72	0,530	0,080	11,00
temni, nepravilne okrogle oblike	1,94	1,33	82,26	0,79	0,17	0,78	0,64	0,550	0,220	10,54
temni, ploščati izpod ruše	1,34	0,12	85,50	0,58	0,45	0,34	0,32	0,340	0,060	10,21
paramagnetični	2,48	0,87	90,06	1,24	0,93	0,60	0,24	0,500	0,120	2,80



Slika 51 — Debelejši bobovci zlepljeni v kamenini — Rudno polje



Slika 52 — Drobni bobovci — levo v sigastem apnencu, desno v okameneli ilovici — Rudno polje

Na celotnem področju, ki ni večje od ca. 40 m², se nahajajo samo železni ooliti brez predstopenj bobovcev ali drugih vrst železnih rud. Od vseh do sedaj znanih nahajališč bobovcev v Julijcih je bo-

bovce z Dednega polja najtežje nabirati, ker leže na izprani zemlji kot razsuto proso. Le tu in tam so med njimi malo večji bobovci predvsem ploščate oblike.

Kemične analize apnenca in zemlje z Dednega polja

Vrsta apnenca iz zemlje:

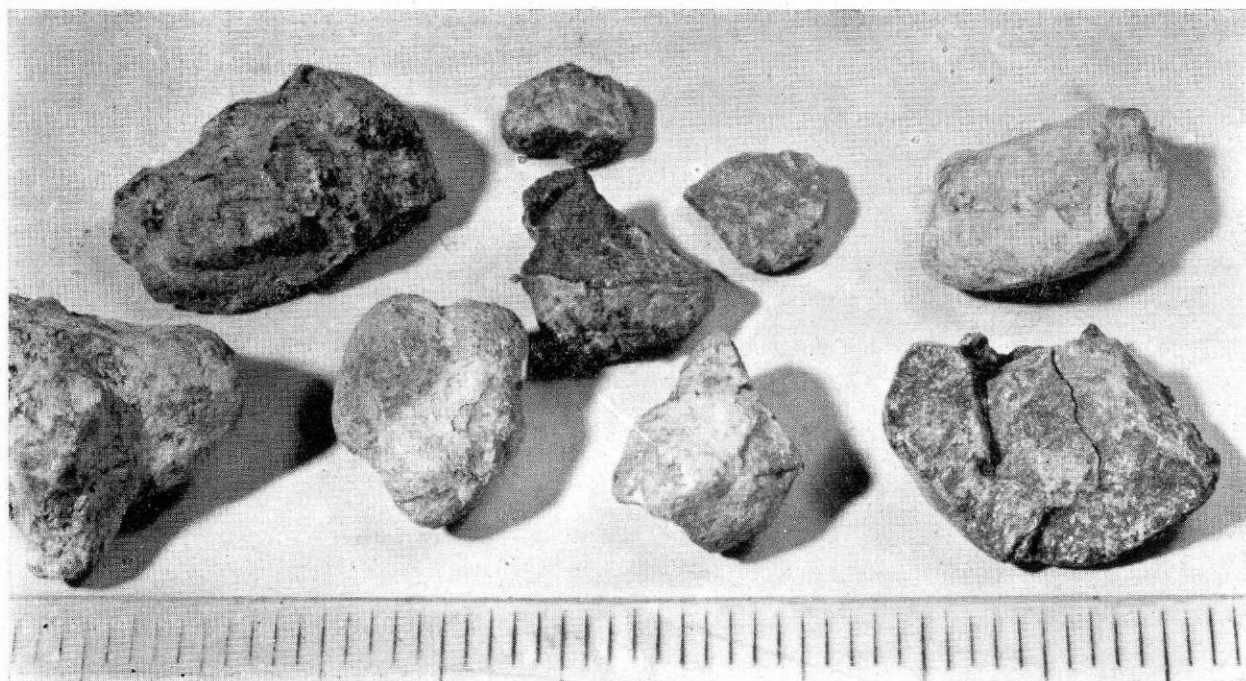
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	žaroizguba
apnenec	1,54	0,56	1,43	—	53,42	0,24	sled.	0,040	41,76
sigasti apnenec	10,80	3,62	5,10	—	39,12	6,20	sled.	0,120	34,14
ilovnata zemlja	20,14	9,91	24,17	0,34	20,50	1,44	0,320	0,200	22,64

Najobširnejše področje bobovca in ostalih vrst železnih rud je bila nekoč planota Pokljuka. Rudišča so bila od triglavskega predgorja do Gorjuš in Koprivnika. Na tem obširnem področju z višinsko razliko preko 300 m, ki se znižuje od severozahoda proti jugovzhodu, je bil v preteklosti največji rudarski obrat, od koder so stoletja eksploatirali železno rudo. Nešteti dokazi so rudna gnezda, globoki jaški in korita za pranje rude. V zaostali jalovini, ki jo sestavlja glina, skriljevci in apnenci, se še najde kakšen bobovec. Po najdbah bi se dalo sklepati, da se je na Pokljuki dobival kvalitetni bobovec, ki je dosegal največje velikosti od vseh bobovcev v Julijskih Alpah. Izredno debel bobovec smo našli v Lomu v smeri Uskovnice, na Uskovnici, Brjanci in Spodnjih Gorjušah.

Navzlic obsežnim predelom so nekdanji izdatni viri bobovcev popolnoma usahnili, preostale so le še druge neoolitne železne rude, posamični kosi ali pa celi debeli skladi, kot je to primer Na Šeh in v smeri Spodnje Gorjuše.



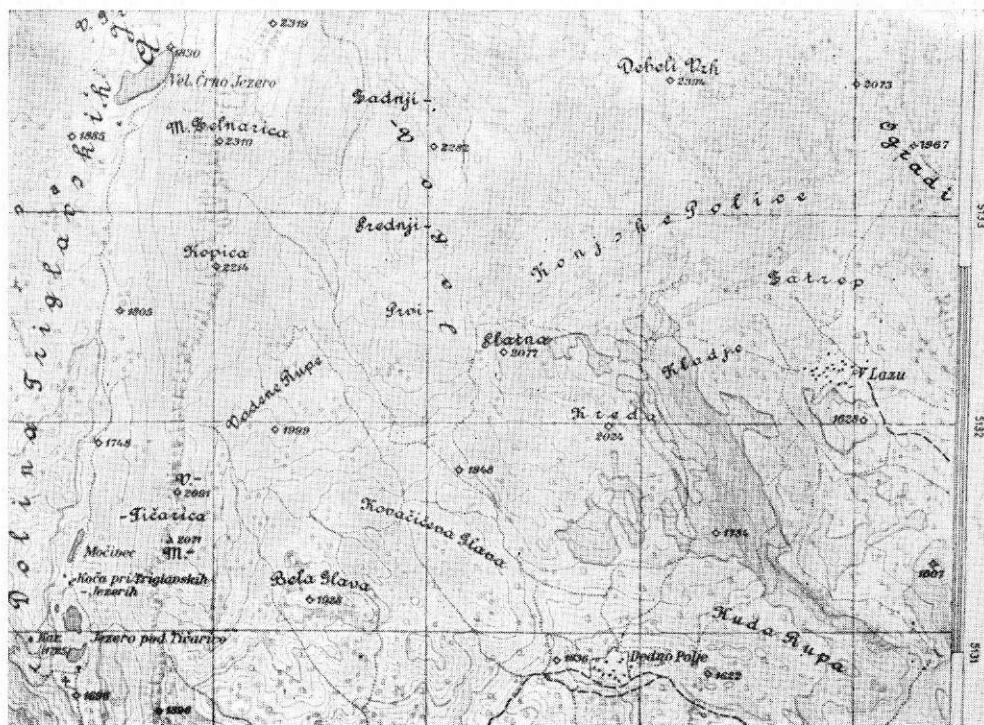
Slika 53 — Bobovec v obliki posodice (Zoisova zbirka)
— Rudno polje —



Slika 54 — Piritni bobovci v fazi limonitizacije — Spodnje Gorjuše



Slika 55 — Planina Dedno polje — 1570 m

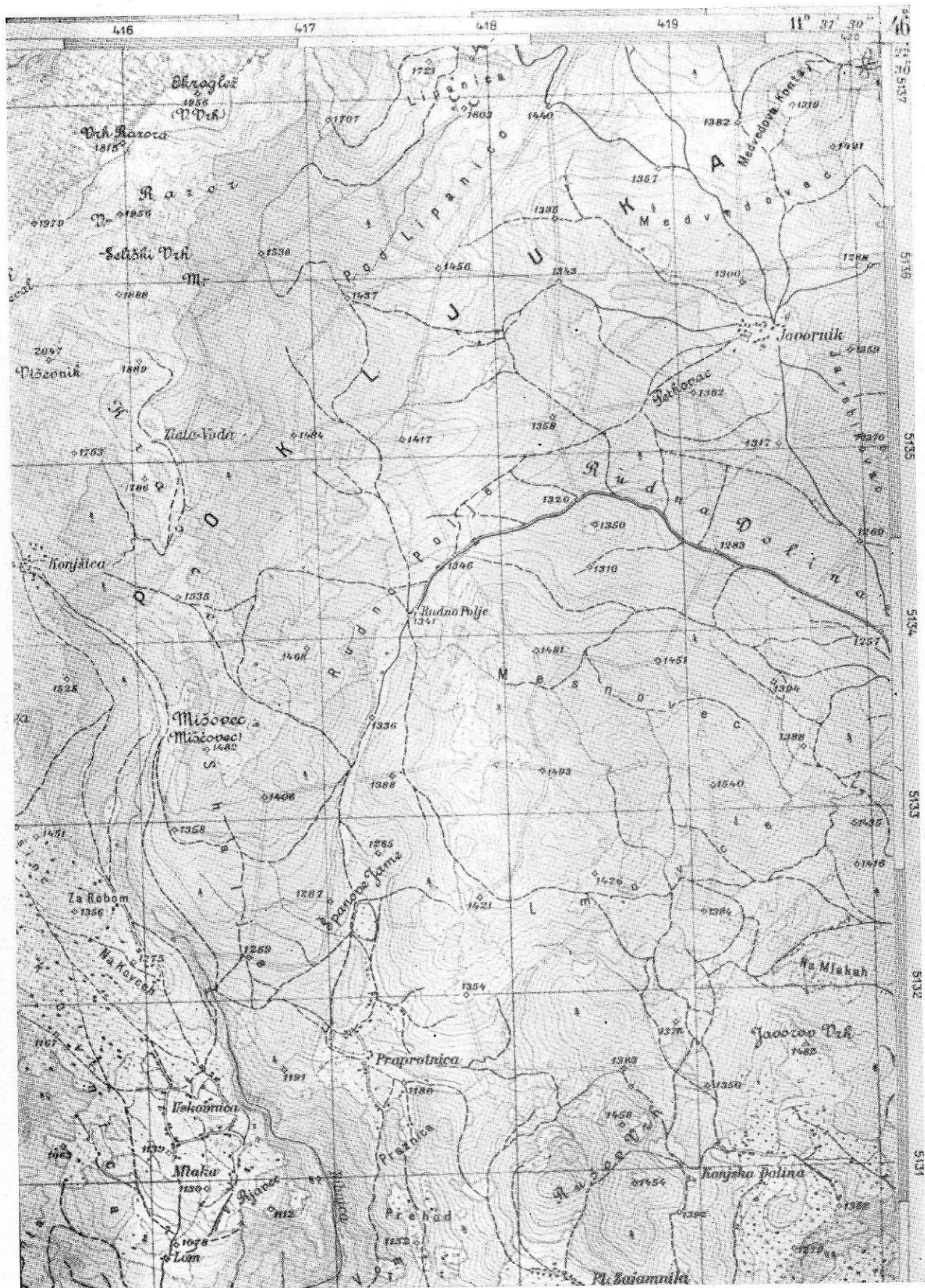


Slika 56 — Področje bobovca

Bobovci iz ostalih področij Bohinja:

Nahajališča:

	Kemična sestava									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	So ₃	CO ₂ + H ₂ O
Uskovnica	1,60	0,89	83,64	0,94	0,23	0,67	0,40	0,300	0,130	11,02
Lom	1,90	0,95	83,35	0,56	0,23	0,67	0,40	0,250	0,100	11,10
Storeča raven — svetlo rjav	1,40	1,16	81,49	0,79	0,34	0,70	0,32	0,570	0,120	11,48
Storeča raven — temno rjav	2,30	1,84	79,70	0,36	0,45	0,67	0,32	0,550	0,120	12,46
Kratki plazi —										
temno rjav debel	1,56	0,46	83,82	0,47	0,21	0,67	0,24	0,340	0,080	11,70
Kratki plazi — rjav droben	1,54	3,29	81,53	1,76	0,23	0,56	0,24	0,390	0,080	9,38
Mali vrh nad Ravnami	2,22	0,87	83,54	0,21	0,33	0,56	0,56	0,150	0,040	11,32



Slika 57 — Pokljuka



Slika 58 — Nabiranje bobovca — Spodnje Gorjuše



Slika 59 — Bobovci s sledovi psevdomorfoze — Rudno polje

Od vseh bobovcev iz te razpredelnice so najbolj zanimivi primerki z Malega vrha nad Ravnami. So izredno veliki, ploščati, rjavi in temno rjavi. Nahajajo se v ilovici, ki ima to lastnost, da tvori na bobovcih homogen, kompakten oklep, ki ga s samo vodo zelo težko odstranimo. Šele če mehanško odstranimo 2—3 mm debel oklep, lahko vidimo, da je v njem bobovec. V prejšnjem stoletju

so ta rudišča opustili prav zato, ker bobovcev niso mogli prati in z njih odstranjevati jalovine.

Bobovci s Storeče ravni so razmeroma veliki, ploščati, ovalni in ostrorobi. Nekateri primerki so taki, da je ena stran ravna, gladka, druga prav tako gladka s polokroglimi grozdastimi posnemki. Barve so svetle do temnorjave. Povečini so produkt sedimentacije in delno psevdomorfoze, ki je

Kemični analizi ilovnate zemlje in apnenca — Kratki plazi:

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	žaroizguba
apnenec	1,54	sled.	1,00	—	51,96	1,68	0,250	0,300	42,40
ilovnata zemlja	56,26	18,53	10,01	0,23	2,70	1,22	0,230	0,280	9,70

močno zabrisana glede na obliko. Nahajamo jih prosto ležeče in vrasle v sekundarnih apnencih, ki vsebujejo 1—2 % železa. Bobovci vsebujejo precej več fosforja in žvepla kot ostali bohinjski bobovci. Po zunanjem izgledu so razen velikosti slični bobovcem s Kratkih plazov.

Na področju Kratki plazi je zelo malo bobovcev, tu in tam se vidijo sekundarni apnenci, v katerih so vrasli drobni bobovčki. Tik pod vrhom skalnatega grebena na severni strani se nahaja nekaj kvadratnih metrov obsežna rjava ravnica med skalami. Ravnica je delno prekrita z gorsko travo in sega v globino približno poldrug meter, zraven pa je več globokih skalnatih razpok. V tej rjavi ravnici, ki jo tvori ilovnata zemlja, se nahajajo bobovci. Bobovce dobimo pod rušo in vse do skalnatega apnenca, na katerem leži zemlja. V okolici, kjer so skalnate stene visokogorskega krasa, bobovcev ni. To je zaostala groblja z bobovci. Ta



Slika 60 — Bobovci s Storeče Ravni



Slika 61 — Področje bobovca

primer nas uči, da so bila ležišča bobovcev tudi v sami zemlji, nasprotno z ležišči bobovcev v lavori. Edini spremljevalci so silikatni ooliti, ki pa so sila redki. Bobovci v ilovnati zemlji so po velikosti različni, vendar ne presegajo 3 cm. Tisti bobovci, ki se nahajajo tik pod rušo, so podobni po obliki bobovcem z Dednega polja.

Bohinjski bobovci vsebujejo tudi titan. Vsebnost titana je razmeroma majhna, vendar vredna, da jo registriramo. Titan je odigral važno vlogo

Bobovci:	% titana
debelejši bobovci — Dedno polje	0,014
bobovci — Lom	0,012
temni bobovci — Storeča raven	0,014
svetli bobovci — Storeča raven	0,014
bobovci — Mali vrh nad Ravnamo	0,012
bobovci — Kratki plazi	0,015
bobovci — Rudno polje	0,013
paramagnetični bobovci — Dedno polje	0,100

v kvalitetni vrednosti želez in jekel iz preteklosti bohinskega železarstva. Železo bohinskih žele-

zarn je imelo zaradi prisotnosti titana večjo trdnost in elastičnost.

Zaključek

Zaman bi bilo proučevati tehniko topilništva iz preteklosti naše železarske akropole Bohinja, če ne bi pričeli z zbiranjem podatkov osnovnega gradiva, to je železne rude. Predvsem bobovci so bili baza 2500-letnega železarstva, s katerim se je pričela in končala železarska dejavnost.

Z ozirom na proučevanje železarske zgodovine Bohinja nas zanimajo stara rudišča bobovcev. S pomočjo zbranih bobovcev po nahajališčih, obliki, velikosti in kemični sestavi, se nam bo morda v bodočnosti posrečilo razvozlati uganko, od kod so bohinski železarji dobivali rudo za svoje topilnice. Posebno nas zanimajo antične topilnice: Ajdovski gradec, Dunaj pri Jereki in Studor. Najvažnejše pa bo, ko bomo doumeli uporabnost, pripravo, predelavo in način taljenja bobovcev v razvojnih obdobjih železarske tehnike.



Slika — 62 — Studor — del železarskega Bohinja

Aleksander Rjazancev

Drugo poskusno taljenje bobovca na Ušejci nad vasjo Studor

DK 669.09

Prvi poskusi taljenja bobovca v juniju in septembru 1961. leta v vetrni peči na Prodovju pod kamenito steno Studorja so nam dali zadovoljive rezultate. Pri teh poskusih smo naleteli na razne težave in prišli do zaključka, da bo potrebno napraviti še mnogo poskusov, predno bomo mogli povedati kaj več o tem, kako je človek nekoč pridobival železo v svoji primitivni peči.

Lani smo meseca maja zgradili v Studorju novo, večjo vetrno peč. Zanj smo izbrali mesto

nad Rajno na Ušejci, to pa zato, ker je na Rajni v zemlji mnogo stare žlindre, iz česar smo sklepali, da so bile v davni tu številne vetrne peči prav tako kot na Prodovju. Lega na Ušejci je najbolj odgovarjala našemu delu in bivanju.

Vetrno peč smo zgradili na južnem robu Ušejce, v smeri, kjer je najmočnejše pihal veter. Za gradnjo peči smo uporabili ilovico iz Zalaz, onstran potoka Ribnica, zemljo za toplotno izolacijo z Ušejce, tako tudi kamenje za ogrodje peči. Ena

tretjina peči je bila v laporni zemlji, dve tretjini pa sta segali nad zemljo. Glede ognjevzdržnih sten smo se odločili, da ne bomo uporabili same ilovice, ker vsebuje samo 30 % SiO_2 in 8 % Al_2O_3 in bi bila zato ognjevzdržnost preslaba, kot smo videli pri poskusih leta 1961.

Odločili smo se, da napravimo ognjevdržno oblogo iz mešanice ilovice in zemlje, ki ji pravijo domačini ajdova zemlja, v razmerju 1 : 2. Ajdovo zemljo smo uporabili za toplotno izolacijo.

Surovine za vetrno peč so imele naslednjo kemično sestavo:

	Apnenec	Ilovica	Ajdova zemlja
SiO ₂	0,60	30,00	54,66
Al ₂ O ₃	0,12	8,20	16,58
Fe ₂ O ₃	0,18	3,06	9,07
FeO	—	—	—
Mn ₂ O ₃	—	—	0,23
CaO	56,22	27,00	4,37
MgO	0,64	4,36	6,72
P ₂ O ₅	sled.	0,04	0,27
SO ₃	sled.	0,22	sled.
žaroizguba	41,90	22,10	7,46

Debelina ognjevdržne obloge je znašala 150 milimetrov, debelina toplotne izolacije pa 300 mm. Dno in gnezdo sta bila še posebej ojačena z ognjevdržno maso.

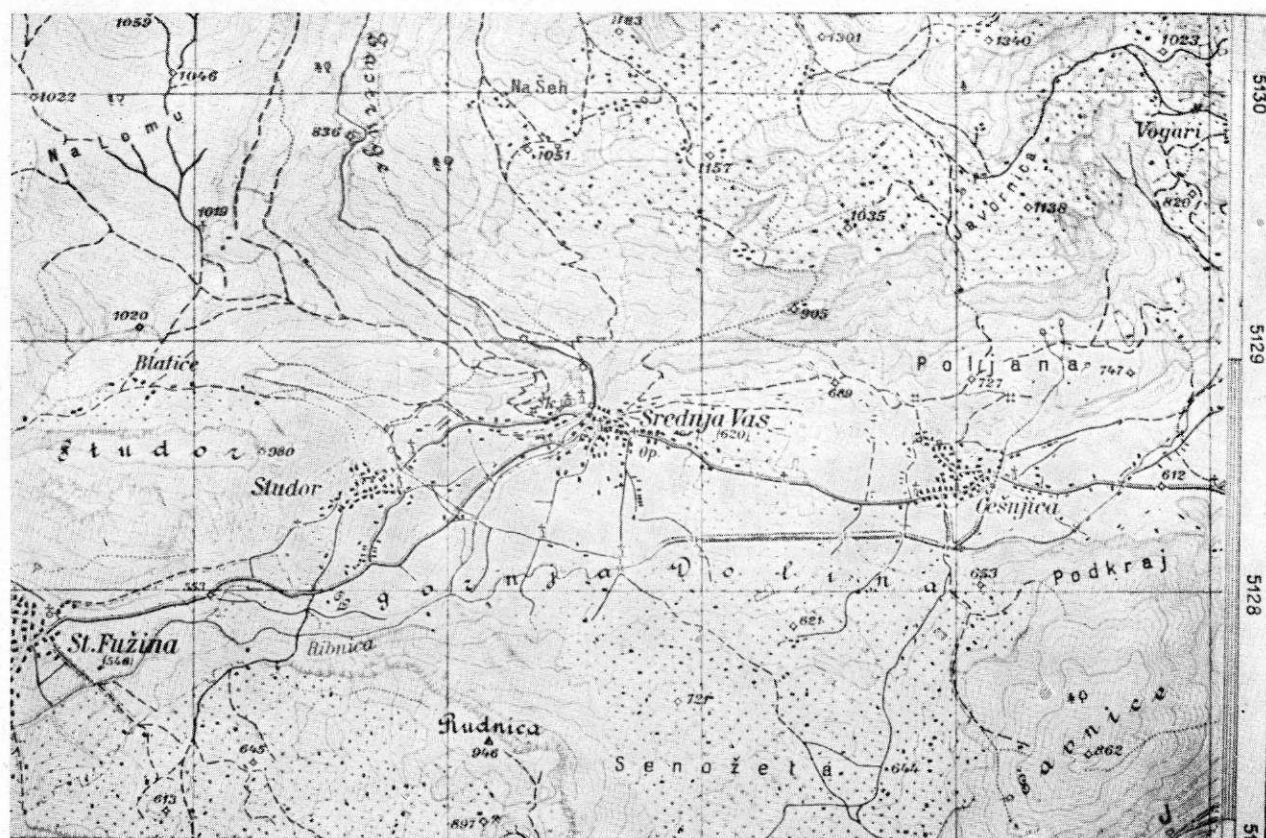
Dimenzije vetrne peči:

višina peči	1750 mm
premer žrela	300 mm
premer trebuha	500 mm
višina odprtine za dovod zraka	300 mm

Volumen peči, ki smo ga zmerili s pomočjo drobnega žaganja, je znašal cca 1 m³. Peč je bila znatno večja od prve poskusne peči na Prodovju. Površino peči smo zavarovali z leseno streho in pustili do avgusta, da se je obloga na zraku posušila in otrdila.

Železna ruda:

Od julija do avgusta smo iskali limonitne bobovce po Spodnjih bohinjskih gorah, Pokljuki in Fužinarski planoti. Uspehi so bili slabi. Bobovce so v razdobju 2500-letnega železarstva porabili, kar pa jih je ostalo, so v težko dostopnih krajih, ali pa se nahajajo v globinah, iz katerih bi jih dobili le s tehničnimi pripomočki. Lahko bi namesto bobovcev dobili druge železne rude, toda naš program je zahteval samo uporabo bobovcev. Za poskusno taljenje smo s težavo nabrali bobovce s Storeče ravni (1145 m), Malega vrha nad Ravnami (1419 m), Dednega polja (1570 m) in Rudnega polja (1340 m).



Slika 63 — Zgornja bohinjska dolina



Slika 64 — Rajna — v ozadju Ušejca

Limonitni bobovci:

	Dedno polje mešanica debelega in drobnega	Dedno polje droben, pomešan s peskom	Rudno polje	Storeč raven	Mali vrh nad Ravnami
SiO ₂	2,00	4,02	1,64	2,40	1,40
Al ₂ O ₃	1,19	2,82	1,80	1,16	1,62
Fe ₂ O ₃	82,29	55,67	83,14	81,12	81,49
FeO	0,58	0,86	0,58	0,22	0,79
Mn ₂ O ₃	0,21	0,34	0,23	0,45	0,34
CaO	0,87	14,78	0,45	0,95	0,70
MgO	0,32	0,40	0,32	0,26	0,32
P ₂ O ₅	0,32	0,32	0,15	0,55	0,57
SO ₃	0,22	0,12	0,08	0,12	0,12
CO ₂ +H ₂ O	12,16	20,40	11,52	12,16	11,48

Lesno oglje:

Za taljenje bobovcev smo pripravili bukovo lesno oglje. Pred uporabo smo ga sortirali ter odločili druge vrste oglja ter lubje, da ne bi morebitno pridobljeno železo iz bobovcev vsebovalo preveč fosforja, ki se nahaja v lubju. Oglje smo tudi strli na odgovarjajočo velikost, da bi pri poskusih bile plasti v peči bolj enakomerne in da bi bil prehod plinov lažji. Dimenzije oglja bi tudi zadrževale gladke bobovce, predvsem drobnejše, da ne bi padali skozi prevelike luknje med ogljem na dno peči.



Slika 65 — Vetrna peč na Ušejci



Slika 66 — Vetrna peč je zakurjena

Bukovo oglje:

C	H	S celokupni	Pepel	Vlaga
89,00	2,57	0,11	1,52	4,08

Analiza pepela:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	alkalijs
11,30	0,61	5,99	—	1,83	35,39	9,76	3,27	0,16	30,59

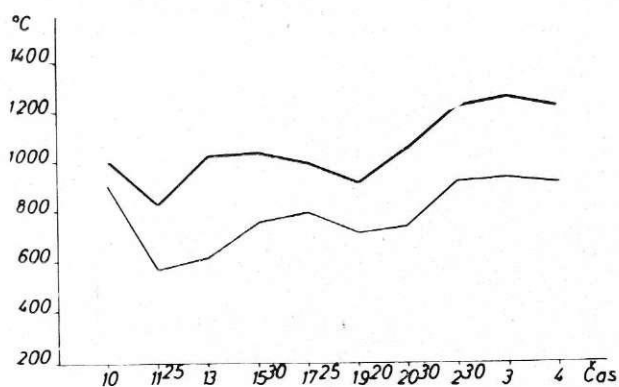
Poskusno taljenje bobovca:

27. avgusta 1962. leta smo pričeli s poskusi. Peč, ki je bila že dobro naravno presušena in brez razpok, smo kurili z bukovimi drvami ter jo segreli na 750° C. V peč smo nasuli 8 vedr (á 3 kg) bukovega oglja s kalorično vrednostjo 6390 kalorij za kg.

Od 28. 8. do 6. 9. smo napravili 6 poskusov taljenja bobovcev in predelavo sintra v vetrni peči. Zaradi pomanjkanja bobovcev smo med poskusi k rudi dodajali še povratek, t. j. skupke sintranih bobovcev, ki smo jih dobili pri poskusih.

Prvi poskus smo naredili z mešanico drobnega in debelejšega bobovca z Dednega polja. Založili smo 3 kg bobovcev, ki smo jih dali v časovnih presledkih po 0,3 kg med plasti oglja. Bobovec smo dajali na oglje tako, da smo vedno najprej dali debelejše bobovce, nanje pa drobnejše, da nam ne bi padali skozi oglje na dno peči. Za poskus smo porabili 22 kg lesnega oglja. Temperature smo merili na dveh mestih — spodaj v gnezdu in zgoraj v jašku. Temperature med poskusom so razvidne iz diagrama. Veter je pihal le od časa do časa s hitrostjo 1—3 m na sekundo. Podnevi smo imeli veter iz doline, ponoči pa s severa »nočnik«.

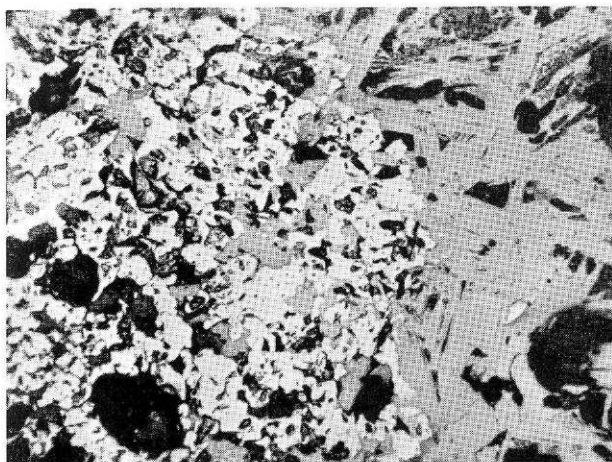
S pomočjo kromaste cevi in nivojnih steklenic smo iz jaška jemali pline, ki smo jih analizirali z Orsat aparatom. Dobili smo naslednje rezultate:



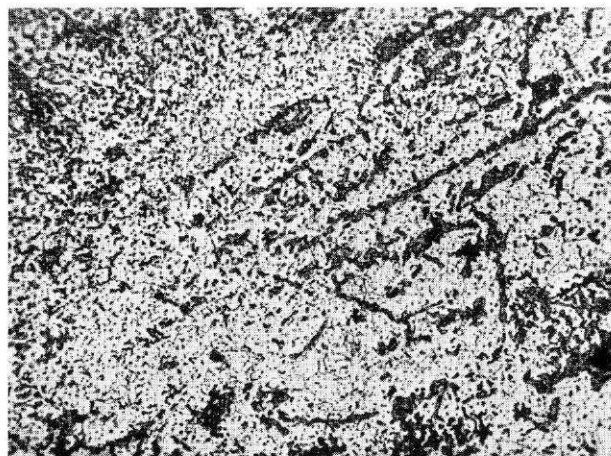
Slika 67 — Diagram temperatur

Čas	CO ₂	O ₂	CO	CH ₄	H ₂	N ₂
9,30	5,0	0,2	27,4	—	9,2	58,2
12,30	5,2	0,2	26,1	—	11,5	57,0
16,30	10,2	0,2	23,7	—	11,6	53,9
18,00	7,2	0,2	24,0	—	12,1	56,3
3,30	7,20	0,2	26,7	—	8,7	57,2

Iz peči smo dobili tri vrste produktov: silikatno žlindro, kompaktni sinter ter posamične kovinske bobovce. Silikatna žlindra steklastega izgleda je



Slika 68 — Mikrostruktura sintra nezreduciranih bobovcev
— Dedno polje — 200 x



Slika 69 — Mikrostruktura kovinskega bobovca — 200 x

produkt drobnih silikatnih oolitov, ki so se nahajali med bobovci. Kompaktni sinter je bil temno srebrne barve, to je bil produkt nedokončno zreduciranih bobovcev, ki so se popolnoma med se-

boj združili in tvorili kompaktno maso. V tistih bobovcih pa, ki se niso združili in so ostali prosti, se je izvršila redukcija, kot je razvidno iz metalografske mikrostrukture.

Kemična analiza sintra nezreduciranih bobovcev:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃
1,54	2,02	36,59	57,94	0,23	0,67	0,24	0,16	0,03

Kovinski bobovec predstavlja primer feritnega železa. Feritne poligonalne meje so tu in tam zelo poudarjene. Je pa železo pomešano z večjimi količinami žlindre.

Pri drugem poskusu smo za peturno segrevanje peči porabili 25 kg lesnega oglja, do konca poskusa pa še 23 kg. V peč smo v treh obrokih založili 7 kg čistega drobnega bobovca in mešanico drobnega bobovca, ki mu je bil primešan apnenec in silikatni ooliti v obliki drobnega peska. Bobovec je bil z Dednega polja.

30. 8. smo napravili vmesni poskus, tako da smo založili v močno segreto peč približno 4 kg sintra od prvega in drugega poskusa. Sinter je bil v peči od 10h do 14h. Za ta poskus smo se odločili, ker je dopoldne pihal veter z jakostjo 7 m na sekundo. Eno uro po založitvi pa vse do izpraznitve peči ob 14,30 je bil veter vedno slabši.

Temperature v založeni peči:

Čas meritev	Gnezdo	Jašek
11,30	1080° C	960° C
12,00	1040° C	940° C
13,00	960° C	780° C
14,00	1020° C	910° C

Plinski režim v peči je bil tako slab, kot je razvidno iz kemične analize, ki je bila izvršena ob 12. uri.

Plinska analiza:

CO ₂	O ₂	CO	CH ₄	H ₂	N ₂
11,8	0,1	17,4	1,3	3,2	66,2

Iz peči nismo dobili nobenega železa, ampak delno spremenjen sinter, kar se je videlo že na zunanosti. Izvlekli smo ga kar vročega in založili oglje.

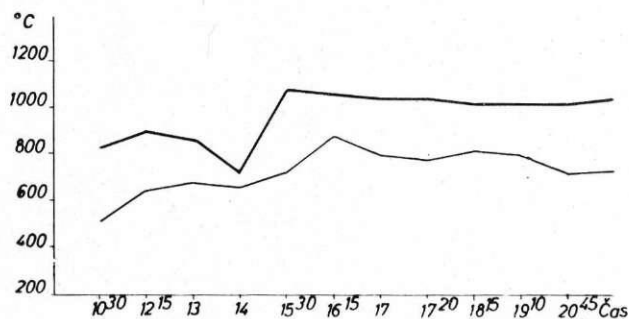
S poskusi smo nadaljevali do naslednjega dne. Porabili smo 29 kg oglja. Od 15,30 do 24. ure smo založili 5 kg bobovca s Storeče ravni in 1 kg prebranega bobovca z Dednega polja. Do 5. ure zjutraj smo dodajali samo oglje, nato pa smo gorišče zatrpali z ogljem. Zaradi okvare enega pirometra nismo merili temperature gnezda, pač pa samo jaška.

Temperature jaška:

čas meritve	temperatura	čas meritve	temperatura
15,30	320° C	21,00	950° C
16,45	400° C	21,30	1000° C
18,00	630° C	22,00	800° C
18,30	780° C	22,30	750° C
20,00	850° C	23,00	750° C
20,30	900° C	23,30	920° C
		4,00	620° C
		5,00	600° C



Slika 70 — Jemanje pečnih plinov s pomočjo nivojnih steklenic

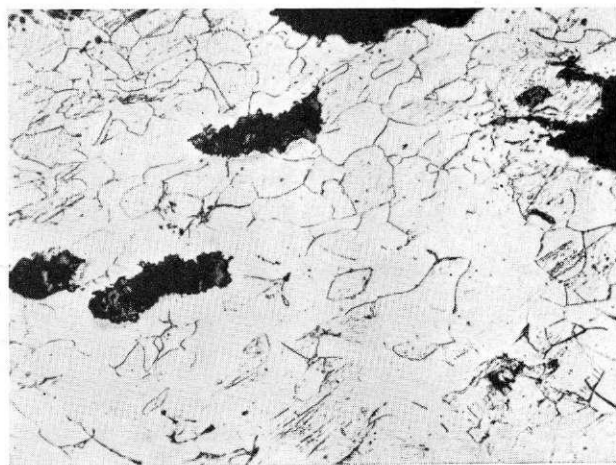


Slika 71 — Diagram temperatur

Kemične analize pečnih plinov:

čas	CO ₂	O ₂	CO	CH ₄	H ₂	N ₂
10,00	12,50	0,2	18,00	0,8	8,50	60,00
12,00	13,00	0,1	17,50	1,2	9,10	59,10
16,00	8,20	0,1	24,10	0,0	7,10	60,50
19,00	9,20	0,1	25,20	0,4	7,80	57,30
22,00	10,80	0,1	20,20	0,8	8,20	59,90
24,00	12,20	0,1	19,20	0,6	9,50	58,40
4,00	11,80	0,1	18,00	1,2	8,00	61,10

Iz peči smo dobili sinter in posamezne debele in drobne bobovce, spremenjene zaradi vpliva redukcije. Tokrat smo dobili približno 130 g železa v obliki večjih in manjših koščkov. Prave žlindre nismo našli, temveč tako, ki smo jo označili: črna, luknjičava.



Slika 72 — Mikrostruktura kovinskih bobovcev, staljenih v ploščico — 100 x

Kemična analiza sintra:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃
3,6	4,95	17,94	70,0	0,33	0,89	0,40	0,24	0,087

Ta analiza odgovarja sintru, iz katerega smo pobrali dokončno zreducirano železo. To železo pripada bobovcu s Storeče ravni.



Slika 73 — Razna opravila pri vetrni peči



Slika 74 — Merjenje vetra

Dva primera železa imata razmeroma podoben kemični sestav, kar bi pomenilo, da je bil proces v obeh vzetih vzorcih skoraj enak. Železi imata več fosforja kot sinter, vendar pa manj drugih primesnin. Vsebnost fosforja v sintru kot železu odgovarja, če upoštevamo visoko vsebnost fosforja v bobovcih.

Dva primera železa iz bobovcev (sintra)
Storeča raven:

	C	Si	Mn	P	S	Ti
vzorec A	sled.	0,99	0,16	0,460	0,012	0,015
vzorec B	sled.	0,78	0,10	0,468	0,014	0,015

Obrusek sintra potrjuje vsebnost železa v njem. Ta se vidi kot male bele točke v mikrostrukturi, medtem ko ga v posameznem bobovcu, ki se ni sintral, ne opazimo.

Drug primer bobovcev s Storeče ravni je mešanica nezreducirane rude in železa. V tej mešanici so večji skupki čistega železa feritne strukture.

Najlepši primer kemične analize železa smo dobili iz drobnih bobovcev z Dednega polja.

Kemična analiza železa:

C	Si	Mn	P	S	Ti
0,2	0,31	0,02	0,065	0,08	0,03

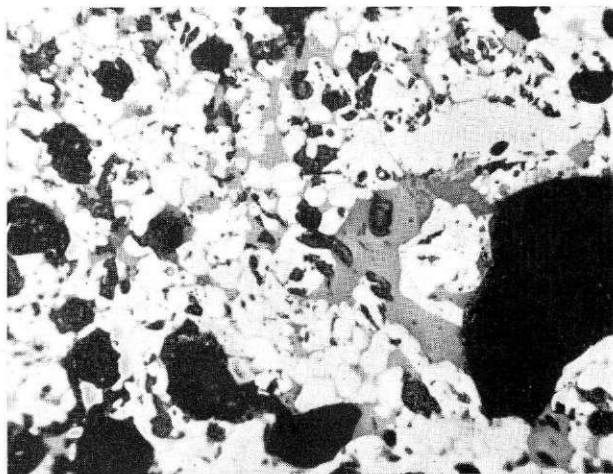
Vzorec predstavlja primer jekla. Struktura vzorca je feritna perlitna. Metalografsko se lahko oceni, da je koncentracija ogljika na preiskanem mestu cca 0,25 %. Je pa vzorec precej heterogen v strukturi in lahko opazimo mestoma večje vključke žlindre.

Med vzorci želez smo dobili primer litega železa. Na osnovi metalografske preiskave lahko rečemo, da predstavlja primer nadevtektskega surovega železa. V strukturi opazimo primarni — penasti grafit, izločen skupno z evtektskim grafitom. Osnovna struktura je feritno-perlitna. Perlit že delno razpada ter je bil vzorec dalj časa žarjen pri temperaturah okoli 700° C. Ker koncentracija ogljika ne presega 4 %, predstavlja izločeni grafit le različno modifikacijo podelvektskega grafita.

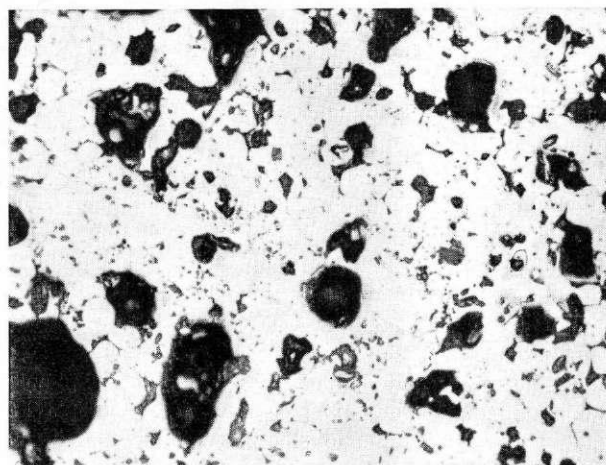
Kemična analiza litega železa:

C celok.	C graf.	Si	Mn	P	S	Ti
3,34	2,92	3,59	1,06	0,141	0,094	0,062

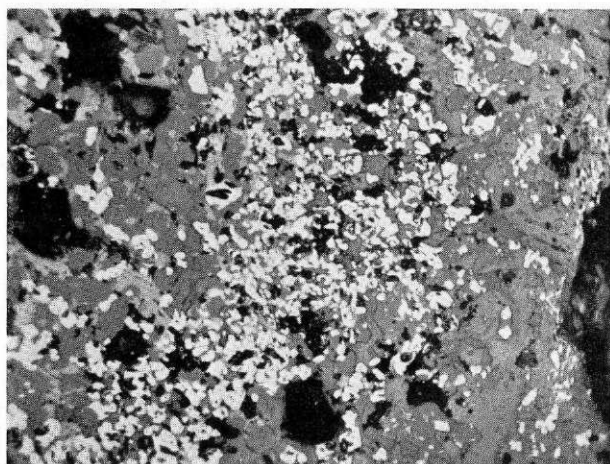
Četrti poskus smo pričeli 2. 9. ob 23h s predkurjenjem. To smo opravili s suhimi bukovimi drvni. V jašku smo dosegli 750° C. Ko smo dobili dovolj žerjavice, smo peč založili z ogljem, ki smo ga porabili do zjutraj 20 kg, da bi dosegli čim višjo temperaturo peči in visoko plast žerjavice. Ob 8h smo založili 2 kg bobovcev z Dednega polja, ki so bili pomešani s peskom. Na rudo smo nato vsuli še 3 kg oglja. Ob 10h smo dali še 2,5 kg rude iste vrste. Za tem smo založili v peč še 10 kg oglja. V predkurišču smo kurili bukova drva, da bi segrevali zrak, ki vstopa v peč. Ob 11,15h



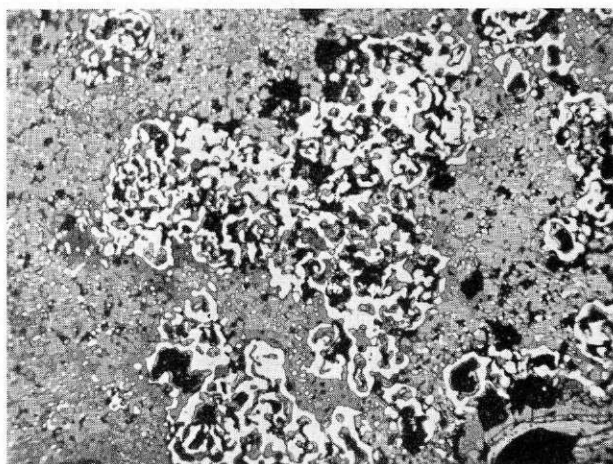
Slika 76 — Mikrostruktura sintra — 200 x



Slika 77 — Mikrostruktura neizreduciranega bobovca — 200 x



Slika 75 — Mikrostruktura črne luknjičave žindre — 200 x



Slika 78 — Mikrostruktura mešanice — 200 x



Slika 79 — Mikrostruktura železa — 100 x

in ob 14h smo dodali 2,5 kg bobovca z Malega vrha nad Ravnami. Bobovce smo prekrili še z 2 kg oglja. Ob 20,30h smo zmerili temperaturo v gnezdu, le-ta je znašala 1350° C. Peč smo pustili v miru do naslednjega dne, dokler oglje ni pogorelo.

Kemični analizi sintra:

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
iz bobovca z Dednega polja	3,30	1,28	56,62
iz bobovca z Malega vrha nad Ravnami	5,14	1,05	77,80

Iz primerjave obeh sintrov vidimo, da je pri bobovcih z Dednega polja šla redukcija v smeri FeO dalj kot pri bobovcu z Malega vrha nad Ravnami.

Med sintrom z Dednega polja smo izločili železo, katerega kvaliteta je razvidna iz dveh primerov kemičnih analiz.

	C	Si	Mn	P	S	Ti
vzorec A	sled.	0,86	0,08	0,102	0,018	0,034
vzorec B	sled.	1,81	0,27	0,122	0,023	0,069

Zadnji poskus je trajal od 4. 9. zvečer pa do 6. 9. zjutraj. V prvi fazi smo založili sinter od prvega, drugega, tretjega in četrtega poskusa. V drugi fazi pa smo založili 3 kg bobovcev z Malega vrha nad Ravnami in 1 kg bobovcev z Rudnega polja. Dne 5. 9. smo opazili v peči cca 10 cm nad odprtino za zrak večjo nasedlino. Veter je bil ugoden in je včasih pihal s hitrostjo 7 m na sekundo. Največja temperatura v gnezdu je znašala 1340° C.

Skupno smo porabili 80 kg oglja. Dne 6. 9. zjutraj smo prekinili z delom. Iz peči smo izvlekli večje kose sintra. Nasedlino pa smo morali z naj-

Kemične analize pečnih plinov:

Čas	CO ₂	O ₂	CO	CH ₄	H ₂	N ₂
7,20	10,80	0,1	19,80	0,8	9,80	59,40
9,40	8,20	0,1	22,10	—	11,10	58,50
11,20	12,20	0,1	18,10	0,2	10,20	59,30
13,00	12,00	0,1	18,80	0,6	9,80	48,70
14,50	10,80	0,1	19,50	0,6	9,20	48,80
16,30	9,60	0,1	21,00	—	10,00	59,30
20,00	11,20	0,1	20,20	0,4	9,80	48,30

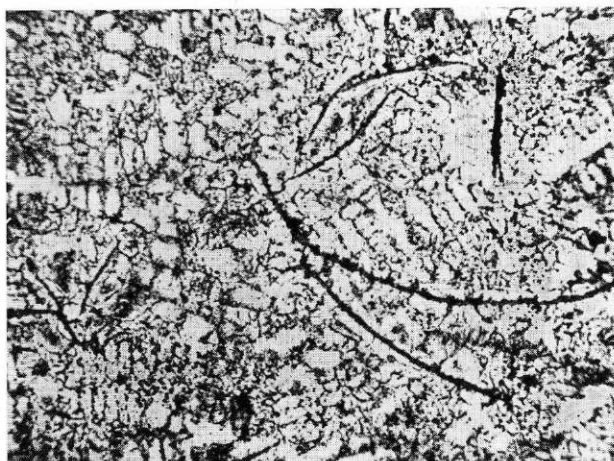
Temperature v jašku:

Čas meritve	Temperature
7,00	360° C
8,10	570° C
9,30	715° C
10,50	610° C
11,30	570° C
14,30	595° C
15,00	640° C
16,40	660° C
17,15	690° C
18,00	680° C
20,30	920° C

Iz peči smo dobili ponovno sinter ter nekaj posameznih prežganih bobovcev z Dednega polja in Malega vrha nad Ravnami.

FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃
36,00	0,14	1,56	0,24	0,390	0,035
13,89	0,17	0,78	0,32	0,46	0,018

večjo pazljivostjo odločiti od stene. Ta sinter je bil zlit med seboj predvsem na spodnji strani. V času poskusov je bila peč od dna do vrha brez razpok in okvar.



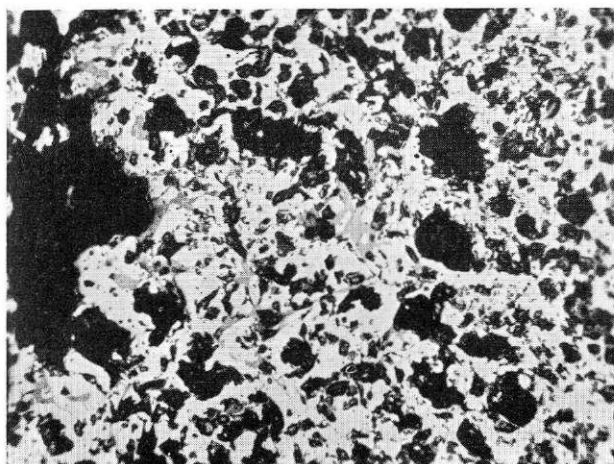
Slika 80 — Mikrostruktura litega železa — 100 x



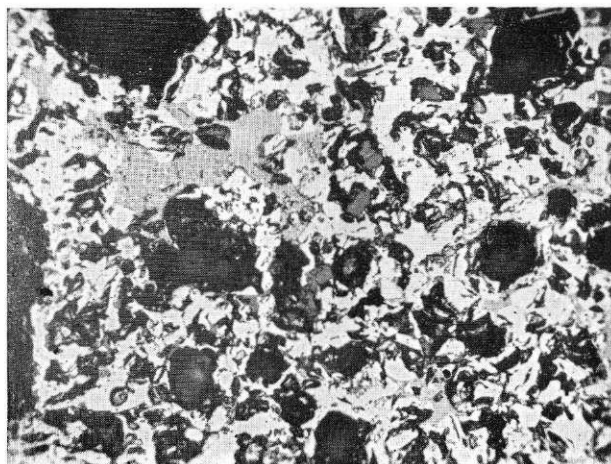
Slika 81 — Tehtanje bobovcev



Slika 82 — Delovna ekipa pred vetrno pečjo na Ušejci



Slika 83 — Mikrostruktura sintra iz bobovcev z Malega vrha nad Ravnami — 200 x



Slika 84 — Mikrostruktura sintra iz bobovcev z Dednega polja — 200 x

Kemične analize pečnih plinov:

Čas	CO ₂	O ₂	CO	CH ₄	H ₂	N ₂
6,00	11,80	0,1	20,10	1,20	9,20	57,60
9,00	10,20	0,1	22,00	0,80	10,00	56,90
12,00	8,80	0,1	24,00	0,40	9,80	57,10
15,00	10,20	0,1	22,10	0,40	8,80	58,30
19,00	11,00	0,1	19,90	1,20	9,00	58,80
24,00	10,00	0,1	22,00	0,40	7,80	59,70
6,00	12,10	0,1	19,90	0,60	9,00	58,30
11,00	12,00	0,1	20,00	0,80	9,10	58,00
15,00	11,20	0,1	21,10	0,60	8,90	58,10
19,00	11,00	0,1	20,80	1,00	9,20	57,90
23,00	10,20	0,1	21,00	1,10	10,00	57,60
3,00	12,00	0,1	19,80	0,80	9,20	58,10

Temperature v jašku:

Čas meritve	Temperature	Čas meritve	Temperature
11,00	800° C	7,00	845° C
11,20	970° C	9,00	870° C
12,30	780° C	11,40	820° C
14,10	800° C	13,20	840° C
15,00	750° C	16,30	870° C
17,00	750° C	18,00	865° C
21,00	700° C	22,00	880° C
23,00	810° C	23,00	850° C
1,00	900° C	2,00	890° C
2,40	905° C	3,30	880° C
4,00	890° C	6,00	900° C

Povprečne analize sintra:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	TiO ₂
5,60	1,86	43,74	44,02	0,45	2,47	0,97	0,357	0,026	0,10

Iz sintrov smo izolirali štiri primere železa, ki se med seboj bistveno razlikujejo.

Kemične analize želez:

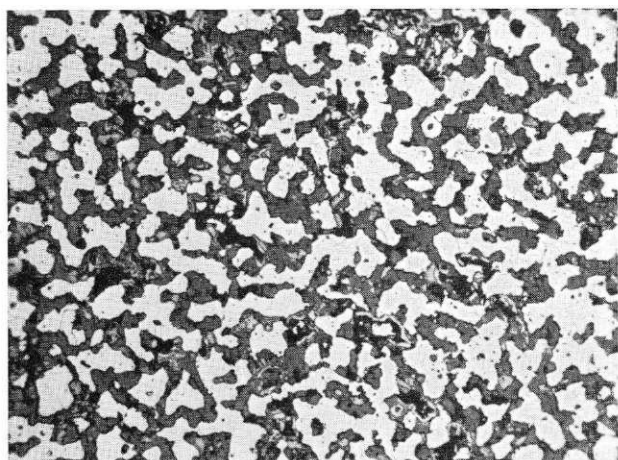
	C	Si	Mn	P	S	Ti
št. 1	sled.	2,30	0,22	0,164	0,034	0,077
št. 2	0,03	2,75	0,31	0,184	0,026	0,031
št. 3	0,02	4,22	0,32	0,220	0,016	—
št. 4	0,01	1,10	0,11	0,082	0,010	—

Zaključna beseda

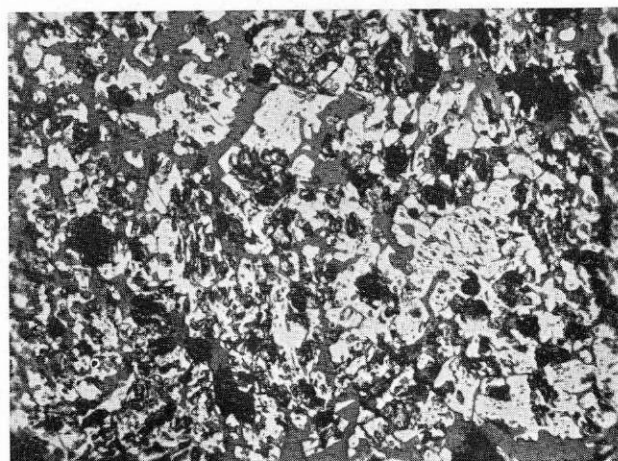
Karakteristično za vzorce iz vetrne peči je, da so nekateri skoraj popolnoma kovinski, pri drugih pa opazimo le mala zrnca kovine, ki so zlitia v žlindro. Poskusi so pokazali, da je potek reakcije odvisen od vrste in velikosti bobovca ter količine železa v njih. Že 1961. leta nam je bila pri prvih poskusih uganka, zakaj se dobi železo le iz ene vrste bobovcev. Letos pa se je stvar razjasnila s proučevanjem bobovcev z Dednega polja. Med bobovci smo našli »presenečenje« — t. j. paramagne- tične bobovce, ki se po zunanosti ne razlikujejo

od ostalih, vendar pa nam ti dajo z redukcijo v vetrni peči vedno kovinsko zlitino. Paramagne- tičnih bobovcev je zelo malo, tem ustrezne pa so tudi male količine železa, ki smo ga dobili v ve- trni peči. Ti bobovci so od vseh bohinskih bo- bovcev, ki jih poznamo, najbogatejši na dvo- in trovalentnem železu. Za te bobovce ustreza vetrna peč, tako glede dosežene temperature kot reduk- cijskega miljeja medtem ko za ostale bobovce ti pogoji ne odgovarjajo.

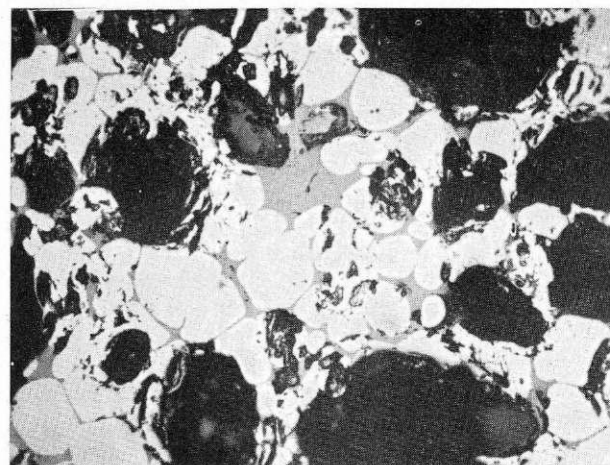
Brez nadaljnega lahko zagovarjamo teorijo, da so železo lahko pridobivali v vetrni peči brez me- hov, če so uporabljali take vrste bobovcev, kot jih je nudilo Dedno polje. To dejstvo nas sili k nalogi, da še bolj natančno preiščemo še ostale predele bohinskih gora, kjer bomo eventualno našli še več takih bobovcev, ki naj bi bili osnovna baza za pridobivanje železa na najnižji stopnji topilništva. Dedno polje v nobenem primeru ni moglo biti edino mesto, kjer bi prvi bohinski železarji — ilirski Karni — črpali dragoceno rudo za svoja pri- mitivna topilna ognjišča.



Slika 85 — Mikrostruktura sintra — Dedno polje — 200 x



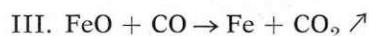
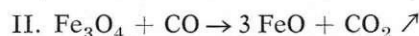
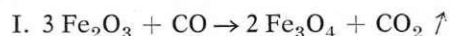
Slika 86 — Mikrostruktura sintra — Rudno polje — 200 x



Slika 87 — Mikrostruktura sintra — Mali vrh nad Rav-nami — 200 x

Železo iz paramagnetičnih bobovcev je lahko kovno in sliči po strukturi prazgodovinskemu železu. Poleg ostalega vsebuje še titan, ki mu daje še posebne mehanske lastnosti. Mnenje znamenitega arheologa prof. dr. Valter Šmida je z našo ugotovitvijo o titanu utemeljeno in neizpodbitno. Dr. V. Šmid je namreč zapisal, da je bilo noriško železo slavno, ker je vsebovalo titan, pri tem je mislil tudi na železo z južnega Norika, to je iz Bohinja.

Tudi malim zrnom kovine v sintru moramo pripisovati važen pomen. Ta zrnca, ki pripadajo zreduciranemu feritnemu železu, so produkt stehiometričnega razmerja med ferioksidom Fe_2O_3 in ferooksidom FeO , ki sta vezana med seboj v obliki feriferooksida, to je magnetita Fe_3O_4 . Če se med limonitno substanco nahaja magnetit, potem je razumljivo, da je reakcija redukcije pri magnetitu krajša (skrajšana) kot pri samem limonitu. To je razvidno že iz kemičnih enačb redukcij z ogljikovim monoksidom.



Kot je razvidno iz gornjih enačb, mora limonitna substanca preiti v prvi bazi redukcije v magnetit, nato iz magnetita v ferooksid in končno do tretje stopnje, kjer se ta spremeni v železo. Pri redukciji magnetitne substance v bobovcih pa odpade prva faza.

Ta primer nam lahko razjasni in odpre pot k dosedaj neznanemu problemu o antičnih žlindrah z Ajdovskega gradca, Dunaja pri Jereki in Studorja. Če primerjamo produkte naše poskusne vetrne peči z antičnimi žlindrami iz Bohinja, vidimo značilne skupne lastnosti po zunanem izgledu in kemičnih preiskavah. V vseh antičnih žlindrah najdemo prav tako razmerje med Fe_2O_3 in FeO , ki sta zaradi nedokončne preobrazbe v železo zastala v talini, ali bolje rečeno, v testasti masi. Mi naše nezreducirane taline neradi imenujemo žlindre, pač pa sinter, vendar pa le v tistih primerih, kadar je v žlindri malo silicija vezanega na železo. To so slabo kisle žlindre.

Žlindra s takšno vsebnostjo nezreduciranega železa je pravzaprav bobovčev koncentrat s spremenjenimi lastnostmi. Rudna snov se je v peči osvobodila vezane vode in karbonatov, medtem ko je redukcija potekala v smeri FeO do določene množine. Iz tistih bobovcev, ki so vsebovali največ železa in magnetita, je potekala redukcija do kraja, medtem ko za ostalo rudno snov v vetrni peči pogoji niso v celoti odgovarjali.

Naši poskusi in primerjave ostankov antičnih topilnih ognjišč so nas vodili do razmišljanja, zakaj je ena žlindra po zunanem izgledu podobna strjeni lavi, druga pa temnemu kamnu. Primerjave

in kemične analize so pokazale, da je žlindra z mnogo silicija (železovega silikata) dobila izgled strjene lave, drugače pa ne. Iz bobovcev bi pri visoki reduktivnosti morali dobiti malo žlindre, če upoštevamo, da je ruda razmeroma čista in bogata na železu. Po pravilih bi moralo biti v žlindri malo nezreduciranega železa. Izkušnje in preiskave pa nam dajo ravno nasprotno rezultate, tako v naših poskusih kot pri antičnih žlindrah. Ta pojav, da vsebujejo žlindre visok odstotek nezreduciranega železa, je realen glede na možnosti, ki smo jih imeli mi in gozdni kovači v Bohinju. Če primerjamo najstarejše žlindre z žlindro s področja Komne, vidimo, da vsebuje ta sicer manj FeO kot druge, vendar je celokupnega železa toliko zaostalega v njej, da v celoti ne spremeni moje mišljenje o stopnji reduktivnosti in količini dobljenega železa. Na področju Komne bi v gorski vetrni peči morali Karni zaradi močnejših vetrov kot v dolini dobiti žlindro z manjšo vsebnostjo železa, kot pa so jo dobili.

V času poskusov smo v Studorju našli na mestih, kjer so bile vetrne peči, med žlindro koščke železa v velikosti, ki jih navajam:

Velikost železa v cm

5 × 4,5
4 × 4,5
3,5 × 1,5
2,5 × 2
2 × 2

Teža v gramih

114
125
29,5
14,6
25,5

Poleg tega smo našli še košček železa kvadratne oblike 1,8 × 3,5 cm s težo 21,5 g, ki je kovaško zvarjeno iz dveh delov. Te male dimenzije nam pričajo, da se v preprostih vetrnih pečeh ni dalo dobiti večjih kosov železa.

Tudi antični železni predmeti so sestavljeni iz več posameznih želez, ki jih je združil mojster kovač s tehniko kovaškega varjenja. Kovaško varjenje je bilo spričo tega nujna iznajdba preteklosti.

Brez poskusov ni potrjenih domnev. Vse pa kaže na to, da je bilo železo težko pridobivati.

Iz mnogo rude malo železa, zato pa hkrati več vetrnih peči. Morda v tem primeru lahko za primerjavo uporabimo naš slovenski izrek: »Zrno do zrna pogača, kamen do kamna — palača!«

Opomba:

Pri poskusih so sodelovali: A. Urbanec, T. Pogačnik, I. Bizjak, S. Smrke, J. Dolenc in A. Rjazancev.

Kemične preiskave smo izvedli v OTK-ju, kemičnem oddelku, metalografske preiskave pa v raziskovalnem oddelku Železarne Jesenice.

Aleksander Rjazancev

DK 669.09

Od bobovca do železa

Iz preteklosti nam je kultura železne dobe iz Bohinja zapustila neizčrpno zakladnico v smislu proučevanja tehnike topilništva. Kako so stari mojstri izdelovali slavno noriško železo, danes še ni povsem pojasnjeno. S tem problemom se ne ukvarjamo samo mi, temveč vsi veliki narodi, ki imajo enako zapuščino in železarsko tradicijo kot mi. Ze desetletja se v različnih krajih Evrope vršijo terenski in laboratorijski poskusi s ciljem — ugotoviti, kako je ljudem uspelo na najpreprostejši način priti do železa. Ključa do teh skrivnosti žal še nismo našli, prav zato pa je v tej smeri vedno več raziskovalcev.

Človek tedanjih časov si postopkov dela ni zapisoval. Ostala nam je le borna zapuščina, ker je tudi zob časa opravil svoje. Mnoge železne izdelke je vlažna zemlja pretvorila nazaj v oksidno železno gmoto. Ohranila se nam je le železna ruda, iz katere so talili železo ter žlindra in pečna ognjevdržna obloga. Precej lažje bi bilo če bi vedeli kakšna so bila topilna ognjišča po velikosti in obliki, žal pa niti ne vemo, kdaj so začeli uporabljati ročne mehove za dovajanje zraka redukcijskemu gorivu.

Iz vsega materiala, ki ga najdemo ali izkoplje mo na terenih nekdanj obstoječih železarskih postojank, skušamo za naš železarski Bohinj retrogradno potem proučiti tehniko topilništva. Toda pri še tako vestnem zbiranju in proučevanju gradiva, nam zmanjkuje vmesnih členov — zaradi katerih ne moremo iz začaranega kroga. Vsa do-

gnanja so več ali manj hipoteza, v kateri pa je le nekaj bistvenih in neizpodbitnih reči.

Iz poskusov taljenja bobovcev leta 1961 in 1962 v Studorju — Zgornja Bohinjska dolina, ki jih je izvedel kolektiv Tehniškega železarskega muzeja Železarne na Jesenicah, smo se marsikaj naučili in dobili vsaj nekaj vpogleda v način pridobivanja železa v vetrni peči. Dobili smo preko 11 % zreduciranega železa, kar smatra večina strokovnjakov za izplen železa takratne antične peči. Pomembni so produkti železa prvih in drugih poskusov. Dobili smo sivo litino, nizko in visoko ogljično železo, največ pa dobro reduciranega kompaktnega kepastega sintra. Razmerje dvo- in trovalentnega železa v sintru v precejšnji meri odgovarja razmerju v starih žlindrah. Razlika je le v količini silicija (silikatov), ki je v žlindri višji. Pri naših poskusih smo sicer dobili neke vrste kislih žlinder, vendar z manjšo vsebnostjo železa. Ta žlindra je pravzaprav nastala v peči iz mešanice ognjevdržnega materiala (notranja pečna obloga) in sintra (bobovcev koncentrat). Če torej mi prave žlindre nismo dobili je to znak, da je bil naš način taljenja bobovcev napram staremu pomanjkljiv. Ta pomanjkljivost je v bistvu neupoštevanje visokega tališča oziroma zmehčišča alpskih bobovcev. Če primerjamo rezultate kemičnih analiz samo od šestih vzorcev, od katerih so trije najdeni v Studorju, trije pa naši poskusni, nam postane jasna vloga silicija pri taljenju bobovcev.

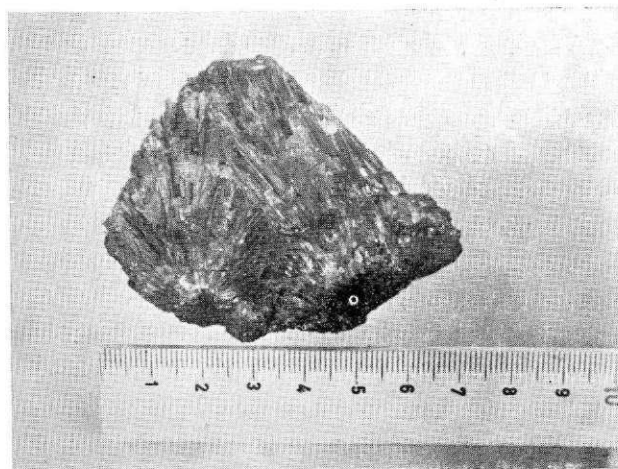
Kemične analize starih vzorcev iz Studorja:

	bobovec	sinter	žlindra
SiO ₂	2,21	3,00	29,06
Al ₂ O ₃	1,49	2,69	5,53
Fe ₂ O ₃	85,42	16,20	4,07
FeO	6,67	74,17	56,61
Mn ₂ O ₃	0,55	0,40	1,21
CaO	0,31	2,74	1,62
MgO	0,16	1,02	0,64
P ₂ O ₅	0,37	0,36	0,41
SO ₃	0,12	sled.	0,15
CO ₂ + H ₂ O	7,30	sled.	

Kemične analize poskusnih vzorcev — Studor:

	bobovec	sinter	neprava žlindra
SiO ₂	1,70	2,20	39,34
Al ₂ O ₃	0,18	0,90	25,42
Fe ₂ O ₃	83,35	75,31	20,07
FeO	—	20,33	10,06
Mn ₂ O ₃	0,36	0,72	sled.
CaO	0,95	0,09	1,45
MgO	0,16	0,03	1,04
P ₂ O ₅	0,14	0,10	0,55
SO ₃	0,10	0,07	0,08
CO ₂ + H ₂ O	11,34	—	—

Glede na podatke kemičnih analiz in poskusov je razumljivo, da samo bobovci s preko 2 % SiO₂ ne morejo tvoriti žlindre s cca 29 % SiO₂. Večina starih žlinder z Ajdovskega gradca, Dunaja pri Jereki in Studorja vsebuje od 16 % do 29 % SiO₂. Ti podatki dokazujejo, da so Karni pri talenju bobovca dodajali kremenjak. Zanimivo je tudi dejstvo, da imajo vsi najdeni bobovci (stara rudna zaloga) pri omenjenih antičnih topilnicah mnogo več SiO₂ kot naši bobovci, ki smo jih uporabili za poskusno taljenje. Dodajanje kremenjaka je bilo nujno potrebno, če upoštevamo nekaj primerov o tališču oziroma zmehčišču bobovcev.

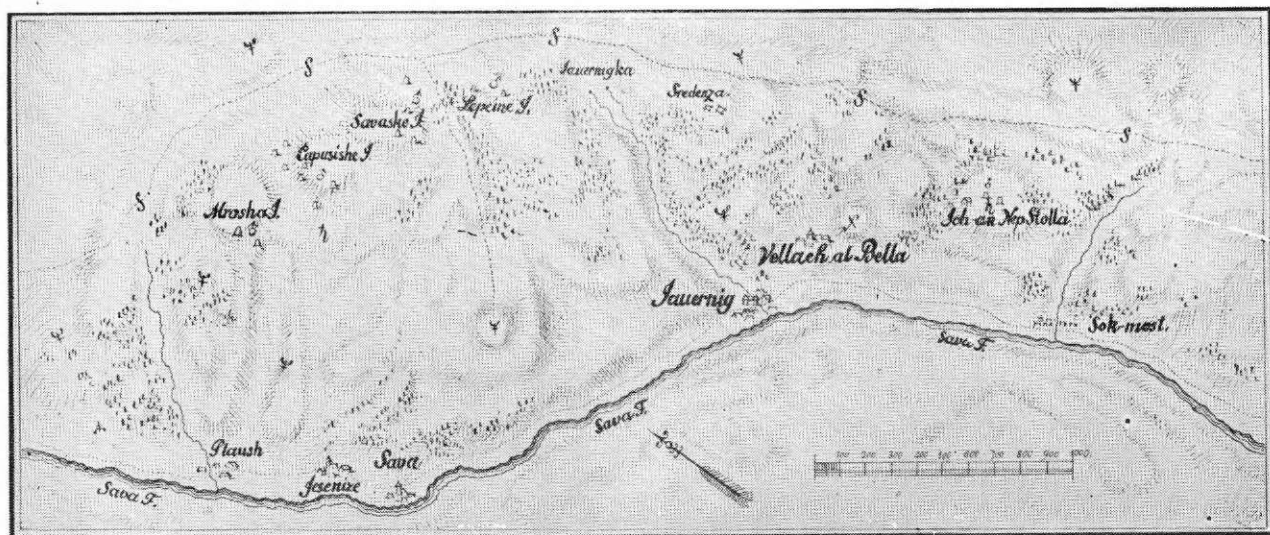


Slika 88 — Kremenjak iz Lepenj nad Javorniškim rovtom (Karavanke)

Tališče oziroma zmehčišče bobovcev:

Debeli bobovec Dedno polje	1500° C
Debeli bobovec Lom	1500° C
Debeli bobovec Mali vrh nad Ravnami	1460° C
Debeli bobovec Rudno polje	1480° C
Debeli bobovec Viševnik	1490° C

Gornji podatki — glej tabelo — veljajo za bobovce, ki vsebujejo od 1,10 % do 2,20 % SiO₂. Če upoštevamo samo dva primera bobovcev z Ajdovskega gradca in Dunaja pri Jereki z 2,43 % SiO₂, znaša njihovo tališče oziroma zmehčišče le 1335° C, seveda pri celoti moramo upoštevati še druge rudne komponente, ki vplivajo na rezultate. Vsekakor pa se rezultati ujemajo s teoretičnim razglabljanjem. Torej Karni so s prakso ugotovili, da mora biti njihov bobovec takšen, da se je jalovina mogla



Slika 89 — Lepenje — označene v Hacquetovem zemljevidu kot Lepeine