

# DZELZS IEGUVE NO PURVA RŪDAS: 2016. GADA ARHEOLOĢISKĀ EKSPERIMENTA REZULTĀTI PIEJŪRAS BRĪVDABAS MUZEJĀ UN TĀ PRIEKŠVĒSTURE

*Armands Vijups*

Dr. hist., Latvijas Universitātes Vēstures un filozofijas fakultāte, asociētais profesors, Ventspils muzejs, direktora vietnieks – vadošais pētnieks.  
Zinātniskās intereses: vēsturisko laiku arheoloģija, Kurzemes aizvēsture un arheoloģija.

Rakstā aplūkots dzelzs ieguvei no purva rūdas veltīts eksperiments, kas 2016. gada augustā notika Piejūras brīvdabas muzejā Ventspilī, kā arī šī eksperimenta priekšvēsture – 2003. un 2010. gadā notikušie mēģinājumi veikt dzelzs ieguvi, izmantojot plūsmas krāsns replikas. Eksperimenta pamatmērķis bija izprast dzelzs redukcijas procesā izmantoto izejvielu – māla, dzelzs rūdas, ogļu – savstarpējās mijiedarbības specifiskos praktiskos aspektus, nepieciešamo tehnisko aktivitāšu kārtību un īpatnības Latvijas apstākļos, izmantojot Latvijā iegūtos izejmateriālus. Eksperiments noritēja Latvijas–Norvēģijas pētnieciskā projekta “Tehnoloģiju pārnese minerālo resursu izmantošanā senākos laikos” ietvaros, tā sagatavošanā un norisē būtiska loma bija projektā iesaistīto norvēģu pētnieku iestrādēm praktiskā dzelzs ieguves procesa rekonstruēšanā.

*Atslēgas vārdi:* eksperimentālā arheoloģija, dzelzs ieguve aizvēsturē, purva rūda – limonīts, Piejūras brīvdabas muzejs.

## IEVADS

Dzelzs ieguves no purva rūdas aizvēsturiskajiem un arheoloģiskajiem aspektiem Latvijas arheoloģijas historiogrāfijā pievērsta pamatoti liela uzmanība – gandrīz katrā dzelzs laikmetu plašāk aplūkojošā publikācijā šiem jautājumiem veltīta lielāka vai

mazāka vieta,<sup>1</sup> visai bieži raksturojot arī paša procesa tehniskos un ķīmiskos faktoros. Hrestomātiski plašāku uzmanību izpelnījusās galvenokārt Spietiņu apmetnes un Asotes pilskalna dzelzs ieguves krāsnis,<sup>2</sup> lai gan kopumā šobrīd pētītas vairāk nekā 20 šāda rakstura arheoloģiskās liecības.<sup>3</sup> Izvērstākus pētījumus par dzelzs ieguvi no purva rūdas Latvijas teritorijā līdz šim veicis metālu tehnoloģiju speciālists Aleksis Anteins (1915–2002). Viņa pētījumos lakoniski aprakstītā dzelzs ieguves procesa gaita<sup>4</sup> plaši izmantota arī vēlākajās publikācijās Latvijā, kurās pieskaras šim jautājumam. A. Anteina sniegtajā aprakstā norādīts, ka pūsmas procesa šahtveida krāsni vispirms izkarsēja, tajā sadedzinot kokogles, tad iebēra jaunu kokogļu devu kopā ar apdedzinātu purva rūdu un nepieciešamajiem kušņiem, šahtas virspusi aizmūrēja, atstājot vidū nelielu caurumu gāzu izplūšanai, un gaisu ar plēšām pievadīja caur krāsns apakšējā daļā izveidotu atveri, kura reizē kalpoja sārņu izvadišanai (gaisu reizēm mēdza pievadīt arī caur sānu atveri). Kokoglēm sadegot, temperatūra paaugstinājās līdz 1350–1450 °C. Dzelzs sāk reducēties no apdedzinātās rūdas jau 450–500 °C temperatūrā, bet process visintensīvāk norit tad, ja temperatūra ir augstāka. 900 °C temperatūra ir pietiekama, lai dzelzs oksīds varētu labi reducēties un tā iegūtu dzelzi, kura, sametinoties mikstas un sīkstas pikas veidā, deva dzelzs kricu – jēldzelzi. Procesā beigās krāsns virsdaļu nojauca un ar knaiblēm izvilka kricu, tā iegūstot izejmateriālu dažādiem izstrādājumiem. Savā plašajā pētījumā A. Anteins pieskaras arī purva rūdas, kuriņāmā un sārņu atradumu raksturojumam saistībā ar pūsmas procesa krāsnīm.<sup>5</sup>

Skaidrais un salīdzinoši vienkāršais procesa apraksts līdzās eksperimentālās arheoloģijas straujajai attīstībai 20. gs. beigās – 21. gs. sākumā stimulēja vēlmi mēģināt atkārtot dzelzs laikmeta beigu posma dzelzs ieguves procesu arī mūsdienās. Šādi mēģinājumi pirmo reizi 2003. un 2006. gadā notika Ventpils muzeja struktūrvienībā – Piejūras brīvdabas muzejā, parādot, ka teorētiskais procesa apraksts visai maz atspoguļo senās dzelzs ieguves sarežģītos praktiskos aspektus. Abās eksperimenta reizēs dzelzs

krica netika iegūta. Jāatzīmē, ka dzelzs ieguves procesa rekonstrukcija dažādās sarežģītības pakāpēs, izvirzot dažādus sasniežamos mērķus, kopš 20. gs. vidus ir salīdzinoši populāra eksperimentālās arheoloģijas joma,<sup>6</sup> līdz ar to Piejūras brīvdabas muzejā notikušais eksperiments nav uzlūkojams par unikālu Eiropas kontekstā, taču vienlaikus tas ir pirmais šāds mēģinājums Latvijas arheoloģijas praksē.

2015. gadā, uzsākot īstenot Latvijas–Norvēģijas pētniecisko projektu “Tehnoloģiju pārnese minerālo resursu izmantošanā senākos laikos”, kurā līdzdarbojās Latvijas Universitātes Vēstures un filozofijas fakultātes, LU Latvijas vēstures institūta un Oslo Universitātes Kultūrvēstures muzeja arheologi un vēsturnieki, kā viena no projekta specifiskajām aktivitātēm tika iezīmēta dzelzs ieguves no purva rūdas procesa rekonstrukcija. Eksperimenta uzdevumu klāstā neietilpa autentisku repliku izmantošana, tā pamatvirzība bija mēģinājums izprast šim procesam nepieciešamo izejvielu un materiālu specifiku un sekmīgu dzelzs redukcijas procesu nodrošinošo rīcību īpatnības. Tā pamatmērķis bija izprast dzelzs redukcijas procesā izmantoto komponentu – māla, dzelzs rūdas, ogļu un gaisa – savstarpējās mijiedarbības specifiskos praktiskos aspektus, nepieciešamo tehnisko aktivitāšu kārtību un īpatnības Latvijas apstākļos, procesa atveidē izmantojot līdz šim iegūtās arheoloģiskās liecības un vietējos materiālus gan krāsns replikas veidošanā, gan arī redukcijas procesa izejmateriālu pielietojumā.

Eksperimenta sagatavošanā būtiskas bija gan norvēģu kolēģu ilggadējās iestrādes dzelzs ieguves arheoloģisko liecību izpētē Norvēģijā, gan arī praktiskā pieredze šādu eksperimentu veikšanā un senā dzelzs ieguves procesa rekonstrukciju regulārā demonstrācijā, gan arī iespēja veikt purva rūdas, iegūtās jēldzelzs un sārņu ķīmiskās analīzes. 2015. gada 27. septembrī – 3. oktobrī Latvijas Universitātes arheologu un vēsturnieku grupai<sup>7</sup> studiju brauciena ietvaros, kura laikā tika apmeklētas arheoloģiskās dzelzs ieguves vietas, bija iespēja iepazīties ar dzelzs ieguves procesa rekonstrukcijas specifiku Dokflejas (*Dokkfløy*)

demonstrācijas centrā, kurā rekonstruēta vēlā dzelzs laikmeta – viduslaiku dzelzs ieguves krāsns. Šī pieredze ļāva apzināt gan atsevišķus nozīmīgus kopīgus tehnoloģiskos procesa norises aspektus (rūdas smalcināšana un apdedzināšana, gaisa pievades ar plēšām intensitāte, procesa norises ilgums u.c.), gan arī atšķirīgās iezīmes (purva rūdas un krāšņu konstrukciju, kurās plaši izmantots akmens, specifiku). Eksperimenta norises sagatavošanā un iepriekšējo mēģinājumu neprecizitāšu un kļūdu apzināšanā nozīmīgas bija arī norvēģu kolēģu atziņas un pēdējo desmitgažu laikā Skandināvijā veiktie pētījumi seno dzelzs ieguves tehnoloģiju jomā, kā arī līdzīga rakstura eksperimenti.<sup>8</sup> Būtiskas bija arī norvēģu kolēģu prof. Jena Jensena un Toma Haraldsena norādes par krāsns uzbūves tehniskajām detaļām. Dzelzs rūdas ieguves eksperiments Piejūras brīvdabas muzejā tika veikts 2016. gada 13. augustā, tā sagatavošana (plūsmas krāsns izbūve, aizsargojuma uzcelšana, nepieciešamo izejmateriālu (ogles, dzelzs rūda) sagatavošana tika uzsākta jau 7. augustā.

### 2003. GADA DZELZS IEGUVES EKSPERIMENTS

Lai izprastu 2016. gada eksperimenta nozīmi, nepieciešams pieskarties tā priekšvēsturei. Pirmo reizi dzelzs redukcijas procesu Piejūras brīvdabas muzejā tika mēģināts rekonstruēt 2003. gada vasarā, lielā mērā iedvesmojoties no iepriekšējā – 2002. gadā Valda Bērziņa un Baibas Dumpes šeit veiktā neolīta māla trauku darināšanas un ekspluatācijas sekmīgā un informatīvi bagātīgā eksperimenta. Iepazīstoties ar dzelzs redukcijas procesa vispārējo raksturojumu un tobrīd pieejamo literatūru par šīs jomas arheoloģisko eksperimentu rezultātiem,<sup>9</sup> kā arī izmantojot Latvijas arheoloģiskā materiāla ziņas, tika nolemts uzbūvēt vēlā dzelzs laikmeta redukcijas krāsni un, izmantojot vietējo purva rūdu, veikt dzelzs ieguves procesu.

Par pamatu krāsns replikai tikai izmantotas Asotes pilskalnā 1951. gada arheoloģiskajos izrakumos atsegtās 10. gs. krāsns

(A Nr. 22) liecības.<sup>10</sup> Asotes pilskalna krāsns izvēli noteica apstākļi, ka līdzšinējās Latvijas arheoloģiskās pētniecības gaitā šis krāsns paliekas bija saglabājušās salīdzinoši vispilnīgāk. Vienlaikus jāatzīmē, ka saglabājušās liecības sniedz ziņas tikai par krāsns apakšējās daļas uzbūvi, līdz ar to jēdziens “replika” attiecināms tikai uz krāsns pamatveidolu, kas pamatots tās apakšējās daļas tuvināti precīzā atveidē un loģiskos secinājumos par nepieciešamo krāsns konstrukcijas augstumu. Eksperimenta gaitā īpaša uzmanība tika veltīta krāsns konstrukcijai, tās masivitātei un viengabalainībai. Krāsns korpusa izbūvei tika izmantots keramiķu māls tā mitrā substancē, daļai māla, kas bija paredzēts šahatas iekšpuses “oderēšanai”, karstumizturības paaugstināšanas nolūkos (Latvijas māla kušanas temperatūra atkarībā no tā sastāva svārstās 1000–1100 grādu robežās, kas ir tuva un atsevišķos gadījumos pat zemāka par redukcijas procesā atsevišķās krāsns vietās sasniedzamo temperatūru) tika piejaukti izdedzinātu laukakmeņu zvirgzdi. Atbilstoši izrakumos atsegtajai Asotes krāsns apakšdaļai jaunās krāsns sienas tika veidotas 30 cm biezumā, šādu biezumu ievērojot visā konusveida krāsns stāva augstumā. Krāsns stāvs tika izbūvēts 75 cm augstumā no pamatnes, kuru veidoja ar mālu apziests akmens pamats, ap pamatnes perimetru tika izveidotas trīs ap 0,3 m<sup>3</sup> ietilpīgas sārņu noteces bedres. Krāsns tika žāvēta divas nedēļas pirms redukcijas procesa eksperimenta uzsākšanas, uzsākot redukcijas procesu, tā tika apmēram pusstundu uzkarasēta ar malku.

Gaisa padeves kanāls, kura pievadu līdz plēšām nodrošināja metāla caurule, tika veidots līdzās sārņu noteces atverei. Gaisa padevi krāsniņ nodrošināja vieglas konstrukcijas jaundarinātas plēšas, kā kurināmais materiāls šajā un arī turpmākajās reizēs tika izmantotas rūpnieciski ražotas kokogles, tās papildus neapstrādājot. Kokogles, atšķirībā no vēlākajiem eksperimentiem, krāsns šahtā tika iebērtas jau aizdedzinātas.

Jau 2003. gada eksperimenta laikā iezīmējās pamatizejvielas – purva rūdas – sagādes grūtības. Apsekojot Sārņates (Užavas pag.) apkārtni, kura kā potenciāla purva rūdas atradne tika

atzīmēta 20. gs. 30. gados,<sup>11</sup> pietiekami intensīvi dzelzs oksīda iekrāsotas formācijas netika konstatētas. Veicot apsekojumus citās Ventspils novada vietās, par piemērotākajām tika atzītas Ziru pagasta Sembu māju tuvumā ap 30 cm dziļumā konstatētās formācijas ar vizuāli noteiktu šķietami augstu dzelzs oksīda saturu. Precīzākas šī materiāla analīzes netika veiktas, pieņemot, ka salīdzinoši stingrā izrakto veidojumu struktūra un intensīvais tumšbrūnais krāsojums liecina par augstu dzelzs oksīda saturu.

2003. gada 30. augustā, izmantojot neapdedzinātu izejmateriālu (Sembas “dzelzs rūdu” apdedzinot, tā saira smalkā smilšveida konsistencē, kas pēdējo eksperimentu uzkrātās informācijas gaismā liecina par ļoti zemu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  saturu), aptuveni astoņu stundu eksperiments beidzās bez rezultātiem, iegūstot vien nelielus nemagnētiskus sārņu–sakusumu fragmentus. Neveiksmē tobrīd tika vainotas vieglās konstrukcijas plēšas, kas salūza pēc aptuveni 4 stundu ekspluatācijas un kuru labošana radīja pārtraukumu. Atkārtojot eksperimentu tā paša gada 25. oktobrī un izmantojot 20. gs. pirmās puses kalēja smēdes plēšas, rezultāts līdzīgi bija negatīvs. Abu nesekmīgo mēģinājumu rezultāti netika publicēti, un informācija par tiem bija pieejama tikai plašsaziņas līdzekļos.<sup>12</sup>

## 2010. GADA DZELZS IEGUVES EKSPERIMENTS

Uzkrājoties informācijai par dzelzs redukcijas procesa konstrukcijas pieredzi citās valstīs, tika secināts, ka līdztekus nepietiekamai gaisa padevei būtiska loma ir arī purva rūdas kā pamatizejmateriāla kvalitātei un tās priekšapstrādei – apdedzināšanai.<sup>13</sup> 2010. gadā, veicot atkārtotu eksperimentu muzejā, tika izmantota podnieka Eināra Dumpja sagādātā purva rūda no Madonas novada Ļaudonas pagasta. Šajā reizē krāsns konstruktīvajai uzbūvei un tās izžāvēšanai tika pievērsta pakārtota uzmanība. Krāsns tika būvēta nedaudz augstāka (tās stāva augstums no pamatnes 80 cm), ar ievērojami plānākām sienām

(līdz 15–20 cm) un plašāku sārņu izvada kanālu, krāsns mālam netika pievienoti zvirgzdi. Lielāka uzmanība tika pievērsta purva rūdas priekšapstrādes procesam un intensīvai vienmērīgas gaisa plūsmas nodrošināšanai. Iegūtā purva rūda tika mazgāta un apdedzināta atklātā ugunskurā, lielākie rūdas gabali pēc apdedzināšanas tika atlasīti un sajaukti ar kokoglēm. Līdzīgi kā 2003. gadā, lai izslēgtu laikietilpīgo kokogļu izdedzināšanas jeb ieguves procesu, eksperimenta paātrināšanai tika izmantotas rūpnieciski ražotas kokogles.

2010. gada 10. augustā notikušajā eksperimentā kušanas uzlabošanai rūdas–ogļu maisījumam nelielos daudzumos (ap 2–5%) tika pievienots arī kaļķakmens. Eksperimenta gaitā tika izmantots ap 19 kg rūdas un 22,5 kg kokogļu, gaisa plūsma tika nodrošināta ar nelielām plēšām, bet, konstatējot plūsmas nepietiekamību, tika pieslēgta elektriska gaisa padeve. Temperatūra krāsns vidusdaļā tika mērīta ar keramikas apdedzināšanas kontrolei lietojamo termometru, un, spriežot pēc tā rādītājiem, temperatūra vidēji bija pietiekama sekmīgam redukcijas procesam.<sup>14</sup> Eksperimenta gaitā krāsns sienā izveidojās liela plaīsa, kas, iespējams, ietekmēja temperatūras samazināšanos eksperimenta beigu posmā. Piecas stundas ilgušā eksperimenta rezultāts bija negatīvs – “atverot” krāsni, tika iegūti nelieli sārņu fragmenti un lielāks daudzums magnētisku sīkdaļu, kas acīmredzot bija nereducējusies apdedzinātā purva rūda.

## 2016. GADA DZELZS IEGUVES EKSPERIMENTS

Viens no dzelzs ieguves eksperimenta norises papildus aspektiem saistījās ar pamatizejvielas – purva rūdas ar pietiekami augstu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – atrašanas grūtībām. 2016. gada pirmajā pusē, sākotnēji par mērķi izvirzot eksperimentā izmantot vietējā reģionā iegūto pamatizejmateriālu, Ziemeļkurzemē tika apsekotas vairākas eventuālās vietas, kurās, spriežot pēc ārējām pazīmēm (t.s. purva rāvas tuvējās ūdenskrātuvēs) vai vietējo iedzīvotāju ziņām, bija iespējams iegūt purva rūdu (Sārnate, Dundaga, Puze, Ēdole,

Jūrkalne). Tumši brūns, no pamatzemes atšķirīgas cietības slānis visos gadījumos atsedzās 0,30–0,50 m dziļumā. Paraugi analizēm tika ņemti sešās vietās, no tiem tikai divos gadījumos – Ēdoles un Jūrkalnes pagastā dzelzs oksīda procentuālais daudzums atbilda tiem nosacījumiem, kas izvirzāmi kvalitatīvam pamatizējamajam materiālam redukcijas procesā.<sup>15</sup> Eventuāli lielākas cerības piemērotas purva rūdas ieguvei saistījās ar Puzes pilskalna tuvumā atklātās dzelzs ieguves vietas apsekošanu – uzkalna, kura augšējā daļā tika konstatētas dzelzs ieguves liecības (sārņi, krāsns paliekas), pakājē atradās mitra un strautam tuva vieta. Dzelzs ieguves vietas 2016. gada arheoloģiskās izpētes laikā (vad. A. Vijups) šeit kā potenciālā seno izejvielu iegūšanas vietā tika mēģināts iegūt purva rūdu. Tomēr paņemtajos paraugos dzelzs sastāvs bija tikai 32%.<sup>16</sup> Tādējādi saskaņā ar iegūtajiem rezultātiem lielākā daļa analīzei iesniegto paraugu bija uzskatāmi par oršteinu, nevis purva rūdu. Ņemot vērā to, ka Ēdoles paraugs, kurā vienīgajā bija konstatēts pietiekami augsts  $Fe_2O_3$  sastāvs, nenodrošināja nepieciešamo rūdas daudzumu, tika izmantota no 2010. gada eksperimenta saglabātā rūda no Madonas novada Ļaudonas pagasta. Līdz ar to interesants šķiet jautājums: kādas pazīmes tika ņemtas vērā senatnē, sekmīgi apzinot dzelzs iegūšanai nepieciešamo izejvielu?

Balstoties atziņā, ka ogļu ķīmiskais sastāvs radikāli nemainās atkarībā no to izdedzināšanas veida, tāpat kā iepriekš, arī šai reizē tika izmantotas rūpnieciski ražotas lapukoku ogles.

2016. gada 13. augusta eksperimentu veica pieredzējušais norvēģu dzelzs ieguves speciālists Toms Haraldsens (*Haraldsen*), projekta eksperti Armands Vijups, Bernts Rundbergets (*Rundberget*), Ingars Merkestēls Gundersens (*Gundersen*), Jans Henings Larsens (*Larsen*), Mārcis Kalniņš un iepriekšējo gadu (2003, 2010) eksperimentu “veterāns” vēsturnieks Ernests Sviklis. Eksperimenta beigu posmā tajā piedalījās arī Asaru dzelzs manufaktūras arheoloģiskās izpētes dalībnieku grupa.

Līdzīgi kā iepriekš, 2016. gadā krāsns konstrukcijas izveidei par paraugu tika ņemta Asotes pilskalna 10. gs. krāsns, tās šahtas



pamatā novietots bāzes akmens un perimetru 20–30 cm augstumā veidojot no dūres lieluma laukakmeņu riņķa, kas nosegt ar mālu kārtu. Krāsns pamatdaļas izbūve tika veikta nedēļu pirms redukcijas eksperimenta uzsākšanas (06.–07.08.2016.). Krāsns stāva izveidei tika izmantots ar smiltīm liesināts māls (smilšu piejaukums tika pievienots 20% apmērā). Veidošanai izmantotais sausais māls bija iegūts Auces novada Lielauces pagastā.<sup>17</sup> Šahtas atvere lejasdaļā veidota 27 cm diametrā (Asotes pilskalna krāsnij – 30 cm), augšdaļā – 24 cm diametrā, kopējais sākotnējais krāsns augstums no pamatnes – 95 cm. Eksperimenta gaitā krāsns stāvs pēc Toma Haraldsena ierosinājuma, balstoties uz empīriskās pieredzes viņa iepriekš veiktajos eksperimentos, kā arī ar mērķi nodrošināt optimālu vilkmi tika pagarināts vēl par 20–25 cm, kopējam augstumam no pamatnes sasniedzot 1,20 m, bet šahtas dziļumam – 95 cm (1. att.).

Gaisa plūsmas pievadei tika izmantotas 20. gs. pirmās puses kalēja plēšas, būtiskā atšķirība no iepriekšējiem eksperimentiem bija plēšas sprauslas novietojums 0,5–1 cm atstatumā no krāsns stāvā veidotās atveres gaisa pievadei.

Eksperimenta uzsākšanai tika apdedzināti 20 kg purva rūdas ar augstu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  saturu (80%), pēc apdedzināšanas iegūstot 16,5 kg izejmateriāla, no kuriem eksperimentā tika izmantoti 9,5 kg (2. att.). Atšķirībā no 2010. gada, kad tika atlasīti lielākie apdedzinātās rūdas gabali, šoreiz apdedzinātā rūda tika sasmalcināta līdz 0,5–1 cm lieliem graudiem. Ap 4–5 cm lielos gabalos tika sasmalcinātas arī rūpnieciski ražotās kokogles, atdalot iegūtos gabalus no ogļu smalknes. Pirms redukcijas procesa uzsākšanas krāsns tika 1,5 stundas uzkaršēta, šahtas apakšējā daļā veidota sasmalcinātu sārņu un ogļu pamatne jeb spilvens, pēc tā izveides nodrošinot pamatnes augstumu līdz gaisa atveres spraugai 10 cm augstumā.

Pēc krāsns uzkaršēšanas (3. att.) un iekurināšanas tajā tika iebērts apdedzinātās rūdas un kokogļu maisījums proporcijās 1: 1 un nodrošināta gaisa pievade ar plēšām (4. att.). Kopējais šī procesa norises ilgums bija 6,3 stundas, regulāri papildinot



*1. att.* Dzelzs redukcijas krāsns stāva koriģēšana (paaugstināšana) pirms eksperimenta uzsākšanas, E. Sviklis un T. Haraldsens.

*A. Vijupa foto*



2. att. Purva rūda pirms apdedzināšanas un apdedzināšanā izmantotā dzelzs pamatne. A. Vijupa foto



3. att. Krāsns žāvēšana pirms eksperimenta uzsākšanas, A. Vijups, E. Sviklis, B. Rundbergets, T. Haraldsens. L. Palmas foto



4. att. Dzelzs rūdas un ogļu maisījuma papildināšana eksperimenta procesa gaitā. A. Vijupa foto

izdegušo masu ar jaunām maisījuma porcijām. Procesā gaitā zināmas problēmas radīja etnogrāfisko plēšu (20. gs. pirmā puse – vidus) tehniskais stāvoklis, nespējot sekmīgi izturēt ilgstošo slodzi un vairākās vietās pārplīstot ādai. Eksperimenta nobeiguma fāzē tika konstatēta nepietiekama gaisa plūsmas pievade šahtas aktīvajai zonai un nolemts eksperimentu beigt. “Atverot” krāsni sārņu izplūdes atveres rajonā (5. att.), tika konstatēti uz plūstamības robežas esoši sārņi un lielāks daudzums neizdeguša (neizreaģējuša) rūdas/ogļu maisījuma no šahtas augšējās daļas, kā arī zināms daudzums (ap 200 g) nelielu dzelzs kricas jeb jēldzelzs fragmentu (6. att.), kurus bija iespējams kalt.

Līdz ar to bija iespējams konstatēt, ka eksperiments noritējis veiksmīgi tikai daļēji – lai gan pirmo reizi šādu eksperimentu gaitā Latvijas teritorijā iegūta krica jeb jēldzelzs, vienlaicīgi netika sasniegts pilnībā pozitīvs rezultāts – lielākas, ap 1 kg viengabalainas kricas iegūšana. Apsekojot krāsns šahtu pēc atvēršanas, tika konstatēts, ka procesa gaitā, kūstot mālam, būtiski sašaurinājusies (aizplūdusi ar izkusušo mālu, kuram “pielipušas” dzelzs rūdas un sārņu daļiņas) gaisa pievades atvere krāsns stāvā, kas

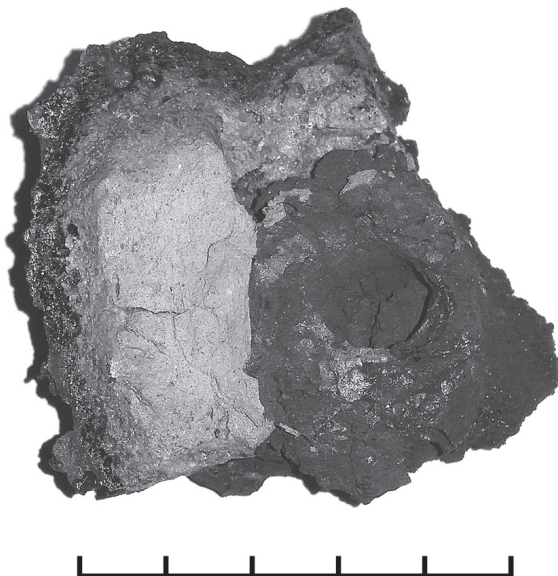


5. att. Krāsns atvēršana eksperimenta beigu posmā,  
T. Haraldsens. *L. Palmas foto*



6. att. Jēldzelzs fragments pēc izņemšanas no krāsns.  
*L. Palmas foto*

7. att. Gaisa plūsmas atvere ar apkusuma un sārņu aplikumu pēdām.  
A. Vijūpa foto



varēja būt arī viens no būtiskākajiem faktoriem, kuri ietekmēja eksperimenta rezultātu (7. att.).

Redukcijas rezultātā iegūtajā jēldzelzī dzelzs sastāvs svārstījās 53,2%–61,6% robežās.<sup>18</sup> Jāatzīmē, ka dzelzs sastāvs bija augsts arī analizētajos sārņu paraugos – 37,2%–40,2%, kas netieši liecina, ka eksperimenta pārtraukšanas brīdī dzelzs redukcijas process nebija realizējies pilnībā. Iegūtos jēldzelzs fragmentus bija iespējams kalt, tādējādi apliecinot pietiekami kvalitatīvas un tālākā metālapstrādē izmantojamas dzelzs iegūšanu.

## SECINĀJUMI

1. Dzelzs redukcijas sekmīga norise, izmantojot vēlā dzelzs laikmeta tehnoloģijas, balstās uz virkni empīriskā pieredzē sākotu tehnisku sīkdetāļu un procesa norišu rūpīgu ievērošanu, kas nodrošina jēldzelzs veiksmīgu iegūvi. Šī procesa gaitā nepieciešams ievērot krāsns konstruktīvā risinājuma specifiku, ņemot

vērā krāsns šahtas apakšējās un augšējās daļas diametra attiecības, gaisa padeves sprauslas novietojumu attiecībā pret šahtas lejasdaļu, krāsns šahtas augstumu u.c.

2. Būtiska nozīme ir krāsns uzbūvē izmantotajam mālam, kura sastāvam acīmredzot jābūt tādām, kas nodrošina pēc iespējas augstāku termoizturību. Māla kušana ietekmē gaisa padevi, kā arī redukcijas procesus un dzelzs ieguves beigu posmā var būtiski ietekmēt rezultātu.

3. Sekmīgam redukcijas procesa risinājumam nepieciešamas kvalitatīvas gaisa padeves plēšas, kas spēj nodrošināt vienmērīgas intensitātes ilgstošu gaisa padevi eksperimenta gaitā.

4. Redukcijas sekmīgu norisi nodrošina ne tikai atbilstoša pamatizejviela – purva rūda ar augstu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  saturu (ne zemāku par 60%), bet arī atbilstoša tās priekšapstrāde, kā arī rūdas daļiņu un ogļu izmēri, kas mijiedarbojās procesa gaitā.

5. Pamatizejvielas – purva rūdas apzināšana Ziemeļkurzemē aktualizēja jautājumu par tās kvalitatīvu resursu pieejamības ierobežoto raksturu un par vizuāli konstatējamām pazīmēm (purva rāvas pazīme? veģetācijas īpatnības? citas pazīmes?), kas senatnē ļāva lokalizēt piemērotas purva rūdas atradnes.

#### ATSAUCES UN PIEZĪMES

- <sup>1</sup> *Latvijas PSRS arheoloģija* (1974). Rīga: Zinātne, 124., 253.–255. lpp.; *Latvijas senākā vēsture. 9. g.t. pr.Kr. – 1200. g.* (2001). Rīga: Latvijas vēstures institūta apgāds, 201.–202., 328.–329. lpp.; Andris Šnē (2002). *Sabiedrība un vara: sociālās attiecības Austrumlatvijā aizvēstures beigās*. Rīga: Neputns, 149.–150. lpp.; u.c.
- <sup>2</sup> Sk., piemēram: Jolanta Daiga (1964). Dzelzs ieguves krāsnis Sēlpils Spietiņu apmetnē. No: *Arheoloģija un etnogrāfija*, VI. Rīga: Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas izdevniecība, 23.–36. lpp.; Elvira Shnore (1957). *Asotskoe gorodishche*. Rīga: Izdatel'stvo Akademii nauk Latviiskoi SSR, s. 15–16; Elvira Šnore (1957). Asotes pilskalna krāsnis. No: *Arheoloģija un etnogrāfija*, I. Rīga: Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas izdevniecība, 5.–14. lpp.; Māris Atgāzis (1994). Par Jaunlīves apmetni un tajā atklāto dzelzs ieguves krāsni. No: *Arheoloģija un etnogrāfija*, XVI. Rīga: Zinātne, 82.–90. lpp.
- <sup>3</sup> Alekssis Anteins (1976). *Melnais metāls Latvijā*. Rīga: Zinātne, 75. lpp.
- <sup>4</sup> Turpat, 74. lpp.; Alekssis Anteins (1960). Dzelzs un tērauda izstrādājumu struktūras, īpašības un izgatavošanas tehnoloģija senajā Latvijā (līdz 13. gs.).



- No: *Arheoloģija un etnogrāfija*, II. Rīga: Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas izdevniecība, 3.–60. lpp.; Aleksis Anteins (1959). *Zheleznye i stal'nye izdeliia drevnei Latvii*. V kn.: *Iz istorii tekhniki Latviiskoi SSR*. Rīga: Izdatel'stvo Akademii nauk Latviiskoi SSR, s. 5–32.
- <sup>5</sup> Anteins. *Melnais metāls Latvijā*, 70.–79. lpp.
- <sup>6</sup> Dzelzs ieguves eksperimentiem veltīta plaša literatūra, to teorētiskai un praktiskai apguvei tiek piedāvāti arī atsevišķi studiju kursi, sk.: <http://www.warehamforge.ca/TRAINING/ironsmelt.html>; <https://exarc.net/issue-2013-1/mm/fourth-iron-smelting-camp-hungary> u.c. Par Igaunijas eksperimentālās arheoloģijas iestrādēm šajā jomā sk.: Aivar Kriiska, Tõnis Mägi, Jüri Peets (1991). Neues in der Exerimentalarchäologie. *Eesti Teaduste Akadeemia Toimetised*, 40 (4), pp. 402–407.
- <sup>7</sup> Studiju ekskursijā no Latvijas pētnieciskajām iestādēm piedalījās projektā iesaistītie pētnieki Dita Auziņa, Andrejs Vasks, Andris Šnē, Mārīte Jakovļeva, Armands Vijups, Viktorija Bebre, Rūdolfis Brūzis un Inga Doniņa.
- <sup>8</sup> Jan Henning Larsen, Bernt Rundberget (2009). Raw Materials, Iron Extraction and Settlement in South-East Norway 200 BC–AD 1150. In: *Vitark. Acta Archaeologica Nidrosiensia*, 7. Trondheim, pp. 38–50; Bernt Rundberget (2006). Perspektivet påjærnproduksjon i Gråfjellorådet. In: *META*, 2. Lund, pp. 15–32; Axel Mjærum, Jan Henning Larsen (2014). Jernvinna i Setesdal. In: *Spor i Setesdalsjord*. Tvedestrand: Bokbyen Forlag, pp. 101–159; Jan Henning Larsen, Bernt Rundberget (2014). Iron Bloomery in South and Central Norway, 300 BC–500 AD. In: *Early Iron in Europe*. Montagnac: Éditions Monique Mergoil, pp. 241–247 (Monographies instrumentum, 50).
- <sup>9</sup> Kriiska, Mägi, Peets. Neues in der Exerimentalarchäologie, pp. 402–407; Jonas Navasaitis (2003). *Lietuviška geležis*. Kaunas: Technologija, 147 p.
- <sup>10</sup> Šnore. Asotes pilskalna krāsnis, 16.–19. lpp.; Shnore. *Asotskoe gorodishche*, s. 96–103.
- <sup>11</sup> Oto Mellis (1938). Limonīta atradnes Latvijā. No: *Ģeogrāfiskie raksti*, 6, 103.–122. lpp.
- <sup>12</sup> Ieva Rupenheite (2003). Latvijas eksperimentālās arheoloģijas globālā sasilšana, sk. <http://www.ventspils.lv/> [Ieva Rupenheite] (2003). Vēl viens mēģinājums Piejūras brīvdabas muzejā iegūt dzelzi pēc “sentēvu metodēm”, sk. <http://www.ventspils.lv/>; abas publikācijas digitālā vidē nav saglabājušās.
- <sup>13</sup> Navasaitis. *Lietuviška geležis*, pp. 31–43, 45–74, 146.
- <sup>14</sup> Eksperimenta sākumposmā temperatūra pakāpeniski tika paaugstināta no 600–700 °C līdz 900–100 °C, beigu posmā pēdējās 1,5 stundās sasniedzot 1200–1250 °C.
- <sup>15</sup> Veicot iesniegto paraugu analīzi Latvijas Universitātes Ķīmijas fakultātē, tikai vienā – Kuldīgas novada Ēdoles pagasta Ēdoles centrā atrastajā paraugā tika konstatēts sekmīgai dzelzs redukcijai nepieciešami augsts dzelzs oksīda sastāvs – 88,2%, Ventspils novada Ziru pagasta Sembu paraugā dzelzs oksīda sastāvs bija tikai 7,5%, Užavas pagasta Lapiņu paraugā – 3,3%, Kuldīgas novada Ēdoles pagasta Mežarāju paraugā – 12,8%.
- <sup>16</sup> Analīzes rezultāti iegūti Latvijas Universitātes Ķīmijas fakultātē.

- <sup>17</sup> Sausā māla pulverveida konsistenci pārdošanai nodrošināja SIA *Ceplis*, tā ķīmiskais sastāvs (%): SiO<sub>2</sub> – 45,67; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 12,27; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 5,34; TiO<sub>2</sub> – 0,67; CaO – 11,6; MgO – 4,87; CO<sub>2</sub> – 11,22; K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O – 4,56, mālam raksturīga zema kūstamības temperatūra un ugunsizturība – 1150–1180 °C.
- <sup>18</sup> Eksperimenta gaitā iegūto trīs jēldzelzs paraugu analīze veikta Latvijas Universitātes Ķīmijas fakultātē, paraugu sastāvā dzelzs veidoja 53,2%, 58% un 61,6%, pārējā sastāva vidū dominējot SiO<sub>2</sub> – 13,84%, 9,11% un 7,44%. Dzelzs procentuālais sastāvs precizēts, izmantojot A. Anteina piedāvāto aprēķina proporciju, sk.: Anteins. *Melnais metāls Latvijā*, 70.–76. lpp.

## IRON PRODUCTION FROM BOG ORE: RESULTS OF AN ARCHAEOLOGICAL EXPERIMENT AT THE SEASIDE OPEN-AIR MUSEUM IN 2016 AND THE LEAD-UP TO IT

*Armands Vijups*

Dr. hist., Associated Professor at the Faculty of History and Philosophy, University of Latvia; Deputy Director – Chief Researcher of the Ventspils Museum.

Scientific interests: archaeology of historical times, prehistory and archaeology of Kurzeme.

The article focuses on an experiment of iron production from bog ore which took place in August 2016 at the Seaside Open-Air Museum in Ventspils as well as on the background of this experiment – attempts of iron production conducted in 2003 and 2010 using replica iron smelting furnaces. The main goal of the experiment was to clear up the specific practical aspects of mutual interrelation between the raw materials used in the iron reduction process – clay, iron ore, charcoal, as well as the required sequence of technical activities and peculiarities under Latvia's conditions using raw materials obtained in Latvia. The experiment was undertaken within the frame of the Latvian–Norwegian research project “Technology transfer in the processing of mineral resources in earlier times”, and in its preparation and procedure an essential part was played by previously made work by the Norwegian researchers involved in the experiment of reconstruction of the practical iron production process.

*Key words:* experimental archaeology, iron production in prehistoric times, bog ore – limonite, Seaside Open-Air Museum.

## Summary

In 2015, when work began on the Latvian–Norwegian research project “Technology transfer in the processing of mineral resources in earlier times”, collaboration between archaeologists and historians from the Faculty of History and Philosophy and the Institute of Latvian History, University of Latvia, and the University of Oslo Museum of Cultural History, in the reconstruction of the process of iron production from bog ore was identified as one of the specific activities to be carried out within the project.

The experiment was undertaken at the Seaside Open-Air Museum in Ventspils on 13 August 2016. The replica iron smelting furnace was based on information recovered in the course of excavation of the lower part of a 10th-century smelting furnace on Asote Hill-Fort. Placed at the foot of the furnace shaft was a basal stone, and the perimeter of the foundation, up to a height of 20–30 cm, consisted of a circle of fist-sized erratic stones, covered with a layer of clay. The lower part of the furnace was built a week before the reduction experiment began, using clay tempered with sand (20% addition of sand). The opening of the shaft was 27 cm in diameter in the lower part and 24 cm in diameter in the upper part, the total initial height of the furnace reaching 95 cm from the base. In the course of the experiment the height of the furnace was increased by another 20–25 cm, giving a total height from the base of 1.20 m, the shaft having a depth of 95 cm (Fig. 1). Draft was provided by a blacksmith's bellows dating from the first half of the 20th century, the nozzle of the bellows being placed 0.5–1 cm from an air inlet in the furnace wall. The temperature was gauged visually.

In the course of the experiment 20 kg of bog ore with a high  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  content (80%) was roasted, giving 16.5 kg of raw material, of which 9.5 kg was used in the experiment (Fig. 2). Before the reduction process the furnace was heated for 1.5 hours. At the base of the shaft a bed of comminuted slag and charcoal was created, raising the height of the base up to the level of an air opening at a height of 10 cm.

After heating of the furnace (Fig. 3) and lighting, it was charged with a mix of roasted ore and charcoal at a proportion of 1:1, providing draft from the bellows (Fig. 4). The total duration of this process was 6.3 hours,

the burned mass being regularly supplemented with new portions of the mix. In the closing phase of the experiment insufficient airflow to the active zone of the shaft was observed, and it was decided that the experiment would be terminated. When the furnace was 'opened' in the area of the slag-tapping opening (Fig. 5), almost fluid slag was observed, along with a considerable quantity of unburned (not reacted) ore/charcoal mix from the upper part of the shaft, and a certain quantity (c. 200 g) of small fragments of iron bloom (Fig. 6), which could be forged. Inspection of the furnace shaft after opening showed that in the course of the process molten clay had significantly narrowed the air inlet in the furnace shaft (it had become blocked with molten clay, 'stuck' to which were particles of iron ore and slag), and this may have been one of the most significant factors affecting the outcome of the experiment (Fig. 7).

In order to understand the specific character of the iron reduction process, the article also includes a comprehensive analysis of similar experiments conducted at the Seaside Open-Air Museum in 2003 and 2010, assessing the reasons why these failed.

#### FIGURE CAPTIONS

- Fig. 1.* Correction (heightening) of the iron reduction furnace before the commencement of the experiment, E. Sviklis and T. Haraldsens. Photo by A. Vijups
- Fig. 2.* Bog ore before roasting and the iron base used in this process. Photo by A. Vijups
- Fig. 3.* Heating of the furnace before the start of the experiment, A. Vijups, E. Sviklis, B. Rundbergets, T. Haraldsens. Photo by L. Palma
- Fig. 4.* Supplementing the mix of iron ore and charcoal during the course of experiment. Photo by A. Vijups
- Fig. 5.* Opening of the furnace at the final stage of the experiment, T. Haraldsens. Photo by L. Palma.
- Fig. 6.* Fragment of iron bloom after taking out from the furnace. Photo by L. Palma
- Fig. 8.* Shaft opening with traces of almost fluid slag and molten clay. Photo by A. Vijups