Rauasulatus kui uurimisteema ja praktilise väärtusega pärandtehnoloogia: tähelepanekud aastatest 2019–2025

Mart Paadik

Resümee

Käsitlen oma kaastöös rauasulatuse protsessi ja selle taassündi Eestis läbi eksperimentaal-arheoloogilise ning käsitööndusliku perspektiivi. Rauatootmine soomaagist oli meie aladel oluline oskus alates Rooma rauaajast kuni 14. sajandini ning on tänapäeval väikeses mahus praktiseeritav tänu teadlastele, metallikunstnikele ning taaskehastajatele. Selgitan rauasulatuse olemust termokeemilise protsessina, kus puusöe ja vingugaasi abil redutseeritakse maagist tahke käsnraud. Annan praktilise ülevaate rauasulatuse etappidest: soomaagi leidmiseks sobilike kohtade otsimisest mullakaartide abil, maagi röstimisest (rikastamisest) ja peenestamisest, sulatusahju ehitamisest, rauasulatuse protsessist ning käsnraua sepistamisest. Eraldi pööran tähelepanu Eesti viimase kümnendi rauasulatuse töötubadele ja entusiastidele, kes on hoidnud kõnealust traditsiooni elavana. Jagan isiklikke tähelepanekuid raua tootmisest aastatest 2019–2025, rõhutades omavalmistatud raua väärtust pärandtehnoloogia ja käsitööndusliku eneseväljenduse vahendina. Töö on praktiline suunis kõigile ajaloolisest metallurgiast huvitatutele.

Märksõnad: rauasulatus, raua otsetaandamine, eksperimentaalarheoloogia, muinasmetallurgia, soorauamaak, käsnraud

Sissejuhatus

Rauasulatus on meie aladel olnud oluline oskus. Elades 12.–13. sajandil läbi õitsengu, hääbus kohalik rauatootmine 14. sajandi teisel poolel (Peets 2003: 359) ning on nüüd tänu teadlastele ja sepatöö entusiastidele tegemas oma taassündi. Eesti kohalikku ajaloolist rauasulatust, raua tootmist on põhjalikumalt uurinud ning eksperimentaal-arheoloogilisi töid teostanud arheoloogid Jüri Peets, Ragnar Saage ning Kristjan Oks.

Rauasulatuse all pean silmas rauamaagi redutseerimist vingugaasi abil selleks ehitatud ühekordselt kasutatavates ahjudes, kus kütuseks ning vingugaasi

Paadik, Mart 2026. Rauasulatus kui uurimisteema ja praktilise väärtusega pärandtehnoloogia: tähelepanekud aastatest 2019–2025.– Pihtide vahel. Studia Vernacula 18, 50–65.

allikaks on puusüsi. Paralleelselt on kasutusel ka mõisted *raua otsetaandamine ehk taandamine*, *(soo-, raua-) maagi põletamine*. „Materjalitehnika seletav sõnaraamat" ütleb otsetaandamise kohta, et see on metallide tootmine vahetult maagist taandamise (redutseerimise) teel (Kübarsepp jt 2016: 256). Kirjanduses või vestlustes kasutatakse peamiselt mõistet *rauasulatus*, mis ongi enim kasutust leidev termin. Siin artiklis kirjeldatava protsessi käigus raud ei sula – erinevalt tänapäeva tööstuslikus tootmises kasutatavatest kõrgahjudest –, vaid raud sadestub ahju maapinnapoolsesse ossa. Seetõttu kaalusin ka mõiste *raua põletamine* kasutamist, kuid see oleks samuti eksitav, kuna protsessi käigus ei põle raud, vaid süsi. Sestap jätkan teaduskirjanduses välja kujunenud traditsiooni ja kasutan oma artiklis mõistet *rauasulatus*.

Arheometallurg Ragnar Saage kirjeldusel on Eestis u 1–1400 aastat pKr kasutusel olnud rauasulatus ehk raua otsetaandamine termokeemiline protsess, kus redutseeriva gaasiga maagist taandatud raud saadakse tahkel kujul ja on praktiliselt süsinikuvaba (nn käsnraud). Raua otsetaandamisprotsess toimus erineva konstruktsiooniga savist sulatusahjudes, energiaallikaks ning redutseeriva vingugaasi tekitajaks oli puusüsi (Saage 2020: 17).

Eestis on tõendatult rauda toodetud Rooma rauaaja algusest (Peets 2003: 322). Esimesed ahjud olid puitraketistega või siis lihtsalt savist ehitatud maapealsed, umbes 30 cm ahjušahtiga ehitised, millel puudusid savist põletatud lõõrikutorud (Peets 2003: 323, 325). Esimene rauatootmise laine kestis 1. sajandist eKr 4. sajandini pKr. Toonaseid rauasulatuskohti leidub üsna laial alal: Harjumaal (Rae ja Jüri), Tartumaal (Puiato ja Tindimurru), Ida-Virumaal (Mäetaguse Metsküla) ja Viljandimaal (Olustvere). (Oks 2024: 49)

Seejärel saabus rauasulatuses lühike paus, mida järeldatakse sellest, et 5. sajandist kuni 7. sajandi esimese pooleni oli meil arheoloogiliselt leidudevaene aeg. Põhjuseks võib olla, et tegemist on ajaloos keerulise ajajärguga, millesse jääb suur rahvasterändamine, 536. aasta kliimakatastroof ja 541. aastal Vahemere maades puhkenud katkuepideemia. 7. sajandi teisel poolel kohalik rauatootmine taastus (esimene dateering Saunakünkalt Lääne-Virumaal) ja 8. sajandil hakati rauda tootma ka Saaremaal (Oks 2024: 49).

Rauatootmise sai Eestis tõelise hoo sisse 11.–14. sajandil. Kujunes välja vähemalt kaks suurt tootmiskeskust: Tuiu kompleks Saaremaal ja laiemalt Virumaa. Kohalikul tasandil valmistati rauda siin-seal mujalgi. Hilisemast ajajärgust, alates 15. sajandist on jälgi kohapealsest rauatootmisest märgatavalt vähem. Tolleks ajaks oli Eestis juba kasutusel Rootsi päritolu importraud, mida nimetatakse osmundiks. Selle heade omaduste ja ilmselt ka madalama hinna tõttu ei olnud kohalik rauatoodang enam konkurentsivõimeline. Erandina on üritatud rauda toota 16.–18. sajandil Jõgevamaal Varbeveres (Oks 2024: 51).

Eestis on rauatootmisel kasutusel olnud soorauamaak, mille mineraalne osa on eelkõige limoniit ehk pruun rauamaak ja mis sisaldab rauda 30–50% (Kulu 2021: 14). Järgnevalt keskendungi soomaagist raua tootmise uurimisele ja selleks tehtud eksperimentidele.

Soomaagist raua tootmise uurimine ja katsetused tänapäeva Eestis

Huvi rauatootmise uurimiseks tekkis Eestis 1960. aastatel pärast seda, kui arheoloogid Aita Kustin (1930–1970) ning Vello Lõugas (1937–1998) leidsid üles hulgaliselt rauasulatuskohti Saaremaal ja Tallinna lähedal. Varem arvati, et Eestis kohalik rauatootmine puudus (Peets 2003: 19). 20. sajandil katsetas Eestis esimesena kohalikust soomaagist raua sulatamist ehitusinsener ning n-ö rauaentusiast Arvi Lauringson (1935–1997) laboratoorsetes tingimustes 1978. aastal (Peets 2003: 20). Maagi rikastamata jätmise tõttu jäi raud saamata (Peets 2003: 336). Lauringsoni sulest on 1995. aastal ilmunud mahukas raamat „Eesti raua radadel".

Aastatel 1988 ning 1990 viis keemik ja arheoloog Jüri Peets teadusliku rekonstrueerimise eesmärgil läbi rea soomaagist otsetaandamise katseid Saaremaal, mille käigus saadi ka sepistatavat rauda (Peets 2003: 336). Jüri Peets on vaieldamatult kohaliku rauatootmise ning sepanduse uurimise juhtfiguur. Tema doktoritöö põhjal ilmus 2003. aastal mahukas teos „The power of iron", mis käsitleb muinas- ja keskaegset rauatootmist ning sepatööd ning on selleteemaliseks tüvitekstiks kuni tänase päevani.

Vahepealsetel aastatel rauasulatustega katsetamine vähenes, siis aga saabus uus huvi tõus 2010. aastatel, mil initsiatiivi hakkasid näitama Eesti Kunstiakadeemia õppejõud ning viikingikultuuri huvilised. Nõnda alustati 2016. aastal Eesti Kunstiakadeemias (EKA) sepakunsti õppejõu Nils Hindi initsiatiivil metallikunsti üliõpilastele rauasulatuse töötubade läbiviimist, eesmärgiks mõista käsitöönduslikku rauatootmise protsessi olemust. Töötubade esimeseks juhendajaks oli Karmo Kiivit ja esimene töötuba toimus Kiruveres Harjumaal (NH 2025).

2018. aastal juhatas rauasulatuse töötuba saksa päritolu Rootsis elav ja tegutsev sepp ning „viikingikultuuri" edendaja Götz Breitenbücher. Töötuba viidi läbi Hiiumaal Sõru kordonis. Kasutati Tallinna teletorni lähistelt leitud maaki ja toodeti märkimisväärne kogus nn fluffi ehk suure süsinikusisaldusega terase kübemeid (NH 2025). Fluffi võiks antud kontekstis ka raua või terase pudiks ehk lihtsalt pudiks nimetada.

2019. aastal oli taas juhendajaks Götz Breitenbücher ja siis toimus töötuba Kiini külas Viljandimaal nii EKA kui ka Viljandi kultuuriakadeemia tudengite osalusel. Maagiks oli taas teletorni lähistelt leitu, tulemuseks ligikaudu kilo käsnrauakange (NH 2025).

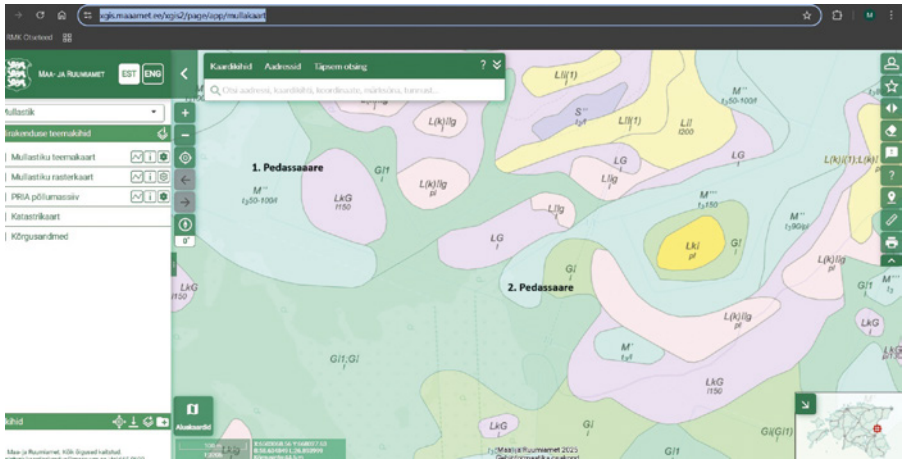
Aastatel 2022–2025 organiseeriti EKA rauasulatuse töötube Ragnar Saage juhendamisel samuti Kiini külas Viljandimaal. Rauasulatuse töötuba on aastast aastasse kasvanud ja nüüd on sellega iga-aastaselt seotud juba üle 20 üliõpilase (NH 2025). 2021. aastal käisid Viljandi kultuuriakadeemia sepatöö tudengid rauasulatusel Rõuges ning 2023. aastal Ragnar Saage juures Rookse külas Tartumaal (EM 2026).

2005. aastal nägi muinasmetallurgia entusiast Karmo Kiivit Soomes esmakordselt, kuidas seal soorauda valmistati ning tegi sellest innustunult 2007. aastal koos Toomas Mägiga Kiruvere muinaslaagri raames esimesed kaks rauasulatuse katsetust. Aastatel 2007–2008 ehitasid nad Kiruvere nn muinassadamasse ahjud, mida Kiivit kasutas kahel aastal järjest, kattes need talveks katusega. 2009. aastal viis ta rauasulatuse Kiruveres Kütimäele nn Sepaauku, kus ta toimetas aastatel 2009–2016 igas muinaslaagris. Samas kohas tehti 2016. aastal ka EKA sepakunsti üliõpilaste suvepraktika, millest ta osa võttis. 2018. ja 2019. aastal toimetas Kiivit rauasulatuse katsetustega Raudsillal Bushcrafti festivalil. Seejärel saabus koroonakriis ning tema viimane rauasulatuse katsetus leidis aset 2022. aastal Viikingite külas toimunud Bushcrafti festivalil (KK 2026).

Metallikunstnik Mart Kekišev on oma eksperimentaalsete rauasulatuste käigus 2020. aastal teinud proovi erinevat mõõtu ahjudega, kasutades teletorni maaki. Tulemused olid head, tekkis ka käsnrauda. Korra tegi ta rauasulatust samal aastal ka EKA tudengitega õpitoa vormis (MK 2020).

Ragnar Saage on Tartu Ülikooli arheoloogina alates 2015. aastast järjepidevalt rauataandamisega tegelenud, rõhuga teaduslikul protsessi rekonstrueerimisel, alul koostöös Rõuge sepp Peeter Reemanniga ja ühiselt oma juhendatava doktorant Kristo Oksaga (Järvpõld; Saage 2016; Saage, Ratas 2017; Saage 2021; Oks 2023; Saage, Oks 2024; Oks, Saage 2025).

Minu isiklik huvi rauasulatuse vastu sai alguse noameister Tanel Türnaga peetud mõtisklustest, et noa võib ju igaüks valmis saada, aga oma tehtud rauast nuga oleks korralik väljakutse. Nõnda osalesimegi Nils Hindi 2019. aastal korraldatud EKA rauataandamise töötoas Kiini külas Viljandimaal. Samal suvel käisin ka Rõuge muinaskülas toimunud eksperimentaal-arheoloogilisel sulatuskatsel ning selsamal 2019. aastal tegime Tanel Türnaga oma kodukohas Tartumaal Metsakivil esimesed iseseisvad rauasulatused, mille käigus oleme keskendunud pigem sooraua tootmisele, protsessi nüanssidest arusaamisele, sepistamiseks vajaliku toorme valmistamisele kui protsessi ajalooliselt autentsele jäljendamisele. Järgnevatel hooaegadel on sellest saanud igasuvine sõprade ja sugulaste ühistegemine. Viimasel kahel aastal on meie rauasulatustel käe külge löönud ning kogemusi jaganud ka Ragnar Saage.



Joonis 1. Pedassaare maagi esimene ja teine leiukoht. *Kuvatõmmis Maa-ameti lehelt (09.12.2025).*

Kust ja kuidas leida maaki?

Rauasulatuseks on võtmetähtsusega soorauamaagi (edaspidi maak, kui ei ole tegu allikatest pärineva nn allikarauaga) olemasolu. Maaki tasub otsida madalsoodest, jõgede-ojade lammi-aladelt, siirdesoo servadest. Minu kogemustele tuginedes on seda kõige lihtsam leida värskelt kaevatud või renoveeritud kuivenduskraavidest. Nende mulletes on mullaprofiilid hästi nähtavad, maagikogum- või soon torkab sealt roostepruunina hästi silma. Teine hea võimalus on otsida hiljutisi lageraielanke, kus on tehtud maapinna mineraliseerimine ehk ettevalmistus puutaimede istutamiseks. Selliselt ettevalmistatud langil on maa-ader või frees turbalasundi tagurpidi keeranud, paljastades osaliselt maagipesad ning -sooned. Kui piirkonda ei tunne, on otsimisel abiks Maa-ameti mullastiku kaart (joonis 1)[1].

Soomaagi otsijat huvitavad mullašifrid on sellel kaardil M – madalsoomullad, S – siirdesoomullad. Rabadest ei ole otstarbekas maaki otsima minna seal lasuva turbakihi paksuse tõttu. Liigniisketes kohtades on aegade jooksul rauabakterite elutegevuse kaasabil ladestunud liivadesse rauaoksiidid. Head maagi leiukohad on kättesaadavad ka suust suhu info põhjal, näiteks Tallinna teletorni maak või botaanikaaia maak, Palmse maak – kõik on saanud nimetuse vastavalt leiukohtadele.

Eraldi tasub märkimist nn allikaraud. Selline maak esineb allikalistes kohtades roostepruuni vedela mudana. Olen katsetanud Tartumaa Lahepera allikast pärit „lögamaaki". Niisuguse maagi röstimine ja transport on töömahukas, mistõttu olen loobunud sellise maagiga katsetamisest. Allikaraua

1 Maa-ameti mullastiku kaart: *https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/mullakaart*



Foto 1. Vasakult paremale: Pedassaare 2 ja 1 leiukoha ning Tallinna botaanikaaia maak.
Foto Mart Paadik.

kasutamine tuleks kõne alla, kui röstimist ning rauasulatust saaks korraldada leiukoha vahetus läheduses.

Tallinna teletorni ning botaanikaaia maak käituvad rauasulatuse protsessi käigus suhteliselt sarnaselt, andes palju šlakki. Need maagid on osutunud heaks rauasulatuse materjaliks. Palmse maak on suure mangaanisisaldusega ja tekitab hästi šlakki. Palmse maaki on hea segada lisaks maakidele, mis räbu ei anna. Taandamised ainult Palmse maagiga on ebaõnnestunud. Jõgevamaa Pedassaare maak on hea rauasisaldusega, šlakki annab aga vähe. Suurepäraseid tulemusi on andnud koos šlakirohke Tallinna botaanikaaia maagiga (foto 1). Maakide värvus varieerub roostepruunist mustjaspruunini ning seda esineb erineval kujul – kamakatest sõmerja veeriseni.

Ettevalmistused rauasulatuseks

Rauasulatust ettevalmistavad tegevused on maagi röstimine ehk rikastamine, maagi ning puusöe peenestamine paraja fraktsiooniga puisteks ja ahju ehitamine.

Röstimine ehk rikastamine on mineraalse tooraine (maagi) töötlemisprotsess kasulike mineraalide sisalduse suurendamiseks maagis; rikastamise saaduseks on kontsentraat (Kübarsepp jt 2016: 321). Maagi röstimine on vajalik selleks, et tules eralduks maagist keemiliselt seotud vesi, osaliselt ka rauaoksiidides sisalduv hapnik, ühtlasi põleb maagis sisalduv orgaaniline materjal. Maak asetatakse röstimiseks lõkkesse või tuleriidale. Pärast taolist küpsetamist reageerib maak magnetile ning on punakat-violetjat tooni. Röstitud maak purustatakse ligikaudu hernetera suurusteks graanuliteks, nõnda pääseb vingugaas lihtsamini maagis sisalduvaid rauaoksiide redutseerima (foto 2).



Foto 2. Röstitud ja purustatud nn teletorni maak. *Foto Mart Paadik.*

Ka puusütt tuleb tükeldada paraja suurusega fraktsiooniks, nõndasamuti kui maaki. Söena kõlbab lehtpuu- või okaspuusüsi. Olen kasutanud nii grillsütt kui ka enda miilatud lehtpuusütt. Seda olen miilanud kahesajaliitrises raudtünnis lõkkel põletades. Selleks olen täitnud raudtünni lehtpuuokste ning -klotsidega, sulgenud tünni kaanega, milles ava puugaaside ning veeauru väljapääsuks. Tünni põhjas on ava tökati väljavooluks. Ühe volbri- või jaanitulega on saagiks umbes 100–150 liitrit sütt. Kuna selline miilamine on töömahukas ning saagikus kasin, siis olen viimastel aastatel kasutanud Võrumaal tegutseva Ain Raali tõrvaajamise kõrvalproduktiks olevat okaspuusütt, mida saab soetada mõistliku hinnaga. Söe tükeldamisel võiks püüelda umbes ploomi või kanamuna suuruste tükkidega puiste saamise poole. Nii peenestatud süsi põleb ühtlaselt, ei ummista ahju ning langeb sujuvalt põletustsooni (foto 3). Peeneks tolmuks purustatud süsi ei lange piisavalt sügavale ahju või lendub sootuks ahjust väljuvate gaaside vooluga.



Foto 3. Söe tükeldamine Metsakivi põletusel 2019. aastal. *Foto Mart Paadik.*

Sulatustel kasutatud ahjude ehitus, eripärad ja ligikaudsed mõõtmed

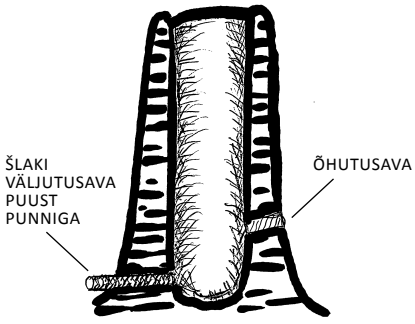
Esimesed ahjud ehitasime Götz Breitenbücheri näpunäidete järgi. Järgnevalt kirjeldangi Breitenbücheri juhendatud ja minu isiklikus praktikas läbiproovitud rauasulatusahju ehitamist. Alustuseks laotatakse ahjupõhi kuuest šamott-tellisest maasse süvendatud auku. Ahjupõhja sisediameeter on püsinud umbes 20 cm piires, ahju kõrguseks on ligikaudu 70 cm. Ahjude ehitusmaterjaliks on märjast savist ja heinast kokku voolitud „vorstikesed". Heina kasutatakse armeerimiseks, hoiab konstruktsiooni paremini koos ning ei lase sel vormist välja vajuda. Alternatiivina sobib ka muu käepärane orgaaniline materjal – sammal, hundinuia seemned, hobusesõnnik jm.



Foto 4. Nn Götzi ahi. *Foto Mart Paadik.*

Õhutuseks valmistatakse ahju külje alaosa avale saviplaat, milles on auk õhu sisse puhumiseks. Plaat „pätsutatakse" saviga ahju alaossa sellise arvestusega, et õhutusava jääb ahju põhjast ligikaudu 20 cm kõrgemale. Niisugust plaati on põletuse lõpufaasis lihtne eemaldada, et tekkinud avause kaudu käsnraua kamakas ahjust kätte saada. Viimastel sulatustel olen sellest loobunud, kuna ahi tuleb rauasulatuse lõpufaasis nagunii lõhkuda, et taolise plaadi kasutamisest saadav efekt ei ole selle valmistamise vaeva väärinud. Protsessil tekkiva šlaki väljutamiseks raiutakse sulatuse käigus ahju alaossa kanalid, mis suletakse uuesti pärast räbu väljavoolu.

Aastate jooksul on meie ahjude mõõtmed vähehaaval suurenenud. Viimastel aastatel läbi viidud rauasulatusel Metsakivil on need jäänud pidama umbes järgmistena: ahjupõhja sisemine diameeter 30 cm, seinte paksus alt üles ahenevalt 25 kuni 10 cm, kõrgus kuni 90 cm (joonis 2). Tegemist on parameetritelt sarnase ahjutüübiga, mida kasutati Saaremaal Tuius 11.–14. sajandil (Peets 2003: 127). Viimastel Metsakivi ahjudel on alumises osas olnud kaks puupunni šlaki välja laskmiseks ning õhu sissepuhumise ava umbes 25 cm põhjast. Kuna Metsakivi rauasulatuste eesmärk pole ajalooliselt võimalikult täpses ahjus rauda toota, vaid saadav käsnraud edasiseks sepistamiseks, siis on ehitusmaterjalidena kasutatud kohalikku savi, vanu telliseid, šamottkive ja ahjusegu.



Joonis 2. Rauasulatusahju ristlõige, jämedate joontega on tähistatud ahju seinad. *Mart Paadiku joonistus.*

Kui ahi on kividest valmis laotud ning saviga voolitud, võib seda kuivatama asuda. Selleks tuleb ahju teha väike pilpatuli, millele aegajalt lisada halukesi, oksi või muud põlevat materjali, et ahi saaks enne rauasulatust taheneda. Koheselt liiga tugeva tulega küttes ahi mõraneb või laguneb sootuks. Väiksemaid pragusid saab sulatusprotsessi käigus saviga jooksvalt tihendada.

Lõõts ning selle alternatiivid

Kütuseks olev puusüsi vajab põlemiseks hapnikku, mida peab põletusprotsessi ajal pidevalt kuidagi redutseerimistsooni lisama. Õhku saab sinna pumbata käsilõõtsa või elektrilise ventilaatoriga, oluline on õhu pidev juurdevool (foto 5). Kõige lihtsam viis on kasutada õhuvoolu tekitamiseks tolmuimeja õhu väljapuhumise ava, kui just ei taotleta ajaloolist tõepärasust. Selline tööriist on kättesaadav igas kodumajapidamises. Jälgida tuleb, et ahjus oleks piisavalt kuumust ja moodustuks šlakk. Seejuures ei tohi temperatuur tõusta liiga kõrgeks, sestap peab vältima ka ülemäära suurt õhuvoolu, sest just põletuse algfaasis ning pärast šlaki väljalaskmist võib liigne õhk juba moodustunud raua uuesti rauaoksiidideks oksüdeerida. Temperatuuri kontrollimiseks saab



Foto 5. Metsakivil 2025. aastal valmistatud rauasulatusahi koos lõõtsaga. *Foto Karl Põder.*

jälgida hõõguva ahjusisu värvust õhutusaugust. Temperatuur on paras, kui ahjusisu hõõgub helekollaselt. Valgena kiirguv materjal on juba piiripealne. Meenutame, et raua taandamise käigus on oluline tekkinud süsinikoksiid (CO), mis võtab süsinikdioksiidi (CO_2) moodustamiseks vajaliku hapniku maagis sisalduvatelt rauaoksiididelt.

Lõõtsa eelis põletusel on kindlasti parem õhuvoolu kontroll, aga ka autentsus taaskehastamise- või eksperimentaalarheoloogia üritustel. Miinuseks võib tuua, et pidev lõõtsatöö kuuma ahju juures on füüsiliselt väljakutsuv ning selleks võiks olla arvukalt „vahetusmehi". Lõõtsa kasutamisel tasub ahju ehitamise ajal arvestada põletusel valitseva tuule suunaga, et vältida „lõõtsameeste" ülekuumenemist. Tuul võiks ahjust väljuvad leegid, tahma ja suitsu inimestest eemale puhuda.

Ventilaatori, tolmuimeja või muu taolise tehnilise abivahendiga füüsiline katsumus puudub, kuid sellel peaks olema võimalus õhu juurdevoolu reguleerida mootori pöörete muutmisega, mehaanilise siibri või õhuklapiga.

Raua taandamise protsess

Pärast ahju valmimist ja kuivamist, söe tükeldamist ning maagi röstimist tuleb ahi kuumaks kütta. Alustada tuleb väikese tulega aeg-ajalt puid lisades. Umbes sületäie puidu ärapõlemise järel võib alustada ahju täitmist puusöega. Vajadusel tuleb ahju tekkivaid pragusid saviga tihendada. Umbes poole ahjutäie söe põlemise järel võib selle taas söega täita ning alustada ka maagi lisamist. Ahju „söödetakse" söe ja maagiga kaaluvahekorras 1:1. Paras kogus maaki korraga lisamiseks on pool liitrit kuni liiter. See tuleks ära kaaluda ning leida sellele kaalule vastav söe kogus, mis on tavaliselt umbes pool kuni terve ämbritäis. Niimoodi on hiljem lihtne õiges vahekorras ahju „toita". Põletusel hakkab ahju põhja moodustuma vedel šlakk ning aeg-ajalt tuleb kontrollida, et selle tase ei tõuseks õhu sissepuhumisavani, mille räbu võib hangudes ummistada. Šlakitaseme tõustes tuleb osa sellest ahjupõhjas asuvate räbu väljutusavade kaudu välja lasta (foto 6). Vastasel juhul ei laseks õhutusava ette moodustuv šlakikork õhul jõuda põletustsooni, ahi jahtuks ning



Foto 6. *Šlaki väljalaskmine. Foto Karl Põder.*



Foto 7. Ahju lõhkumine, raua õngitsemine.
Foto Eilve Manglus.

taandamisprotsess peatuks. Juhul kui „kork“ ikkagi tekib, peab selle kangiga eemaldama. Protsessi jätkatakse, kuni maak või entusiasm on otsas. Tavaliselt põletatakse 40–50 kg maaki ühel korral.

Järgneb kõige põnevam osa – ahju lõhkumine (foto 7), et sadestunud rauatükikestest ning šlakist koosnev poorne kamakas ehk käsnraud esimeseks sepistamiseks kätte saada. Eelnevalt on mõistlik lasta ahi söest enam-vähem tühjaks põleda. Käsnakamaka väljaõngitsemiseks lõhutakse kangide ja vasaratega ahju alumisse kolmandikku ava või vajadusel lammutatakse kogu ahi. Kamaka väljavõtmiseks on head labidas ning suured pihid.

Järgneb käsnraua esimene sepistamine (foto 8). Selle käigus käsnraud tihendatakse, vabanetakse osaliselt šlakist. Alasiks võib tarvitada pakku, suuremat kivi või sepaalasit. Sepistamiseks kasutatakse sepavasaraid või suuri puuvasaraid. Esialgu on mõistlik proovida ettevaatlikult käsnale anda korrapärane kuju. Vasara löögid olgu vormivad, patsutavad. Sepistamise käigus löögi tugevus kasvab, aga samas peab jälgima, et käsna tillukesteks tükkideks ei taoks. Juhul kui käsnraud on sepistamiseks liiga suur, võib raiuda selle pooleks ning saadud poolikuid eraldi vormida.



Foto 8. Käsnraua esimene kokku sepistamine.
Foto Karl Põder.

Käsna sepistamisaegseks kuumutamiseks on mõistlik ehitada n-ö ajutine väliääs. Selleks võib laduda kividest kolde, milles on õhutusava lõõtsale või ventilaatorile (foto 9). Ääsi võib ka meisterdada ehk kokku „pätsutada“ savist (foto 10). Oluline on jälgida, et ääs oleks piisavalt suur, et käsnraud ja süsi sinna ära mahuksid ning käsna saaks korralikult kuumutada.

Käsnraua korduval voltimisel ning kokkusepistamisel ühtlustub selle

struktuur ja väheneb sisalduva šlaki kogus. Tulemusena tekib kauni mustriga toorraud, millest saab juba esemeid sepistada või töödelda materjali edasi teraseks. Seni olen kasutanud omavalmistatud separauda lamineeritud nugade teramike valmistamiseks, kus tänapäeval tehastes toodetud teras on kaetud pehme või tsementiiditud (süsinikuga rikastatud) toorrauaga. Mõnel juhul on ka selline separaud saanud noa seljaosaks (foto 12).



Foto 9. Tellistest laotud ääs. *Foto Karl Põder.*



Foto 10. Savist ääsi meisterdamine. *Foto Mart Paadik.*

Kokkuvõte

Raua otsetaandamine ei ole üksnes muistne tehnoloogia, vaid uuesti sündinud pärandtehnoloogia, mis ühendab teaduse, kunsti ja praktilise käsitöö. Artiklis kirjeldatud protsess alates maagi otsimisest sooservadest kuni käsnraua esimese kokkusepistamiseni näitab, et rauasulatus kohalikest soorauamaakidest on võimalik ning – väikeseid nüansse arvesse võttes – jõukohane igaühele. Erinevad maagid (nt teletorni, Palmse, Pedassaare)



Foto 11. Lamineeritud teramik, tsementiiditud sooraud ning toorrauast noalukk.
Foto Mart Paadik.



Foto 12. Kolmekihiline teramik, teras, musterteras, noaselg ning lukk toorrauast. *Foto Mart Paadik.*

käituvad tules erinevalt, vajades sageli optimaalse šlaki tekkeks omavahelist segamist.

Kuigi ajalooline rauatootmine hääbus Eestis sajandeid tagasi, on viimase kümnendi aktiivne katsetuste jada tõestanud, et kohalikust soomaagist on võimalik saada sepistatavat rauda ka tänapäeval. Algupärasel moel omavalmistatud kordumatu mustri ja tekstuuriga raud on alternatiivne toormaterjal käsitöölistele, pärandtehnoloogidele ja kunstnikele, samuti taaskehastajatele viikingi- või keskaegsete relvade ning seadmete rekonstrueerimiseks, taasloomiseks ja jäljendamiseks. Rauasulatuse protsess on sõpruskondi kokku toov tegevus, mis ühtlasi säilitab ja arendab muistseid esivanemate oskusi.

Minu edasiseks plaaniks on leida uusi soorauamaake, nendega rauasulatustel eksperimenteerida ning jätkata toorraua süsinikuga rikastamise katsetusi, et sellest toota piisavalt kvaliteetset terast nugade või kirveterade sepistamiseks. Loodan, et mõnigi lugeja saab siit innustust rauasulatamisega jätkamiseks või alustamiseks.

Allikad

Järvpõld, Andres, **Saage** Ragnar 2016. Hoogsalt kerkinud muinastalu ja Rõuge raud. – *Tutulus, Eesti arheoloogia aastakiri*, 40–41.

Kulu, Priit. 2021. *Sepatöö*. Tallinn: TalTech kirjastus.

Kübarsepp, Jakob, **Kulu**, Priit, **Laansoo**, Andres, **Karjust**, Kristo, **Saarna**, Mart. 2016. *Materjalitehnika seletav sõnaraamat (eesti-inglise-vene).* Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus.

Oks, Kristo 2023. Edukas rauasulatuskatse Rookse külas. – *Tutulus, Eesti arheoloogia aastakiri,* 30–31.

Oks, Kristo 2024. 45 aastat rauasulatuskatseid Eestis: mis, miks ja kuidas? – *Horisont 3,* 48–52.

Oks, Kristo, **Saage** Ragnar 2025. Rauast teraseks: uut rauametallurgia uurimise vallast. – *Tutulus. Eesti arheoloogia aastakiri,* 26–27.

Peets, Jüri. 2003. The Power of Iron. Iron production and blacksmithy in Estonia and neighbouring areas in prehistoric period and the Middle Ages. – *Muinasaja Teadus* 12. Tallinn: Ajaloo Instituut, Tartu Ülikool.

Saage, Ragnar. 2020. Metallitööpaigad Eestis 7.–17. sajandil. – *Dissertationes Archaeologiae Universitatis Tartuensis* 10. Doktoritöö juhendajad Andres Tvauri, Jüri Peets ja Sebastian K. T. S. Warmländer. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.

Saage, Ragnar, **Ratas** Jaana 2017. Kuumad võtted Rõuges. – *Tutulus. Eesti arheoloogia aastakiri,* 46–47.

Saage, Ragnar 2021. Hästi loetud rauasõnad: Viikingite külas. – *Tutulus. Eesti arheoloogia aastakiri,* 22–23.

Saage, Ragnar, **Oks**, Kristo 2024. Rauda sulatades kogutud tarkused. – *Tutulus. Eesti arheoloogia aastakiri,* 25–27.

Autori eravestlused

EM 2026 = Autori vestlus õppejõu, metallikunstniku Eilve Manglusega, jaanuar 2026.

KK 2026 = Autori vestlus sepa, muinasmetallurgia entusiasti Karmo Kiivitiga, jaanuar 2026.

MK 2020 = Autori vestlus sepa ja metallikunstniku Mart Kekiševiga, juuli ja august 2020.

NH 2025 = Autori vestlus õppejõu, metallikunstniku ja sepa Nils Hindiga, november 2025.

Mart Paadik (s 1976) on lõpetanud Tartu Ülikooli loodusteaduste õpetaja eriala. Õppinud Luua Metsanduskoolis metsamajanduse spetsialistiks ja matkajuhiks. Põhitöö on metsakorraldus, mille kõrvalt tegeleb terariistade sepistamisega. Rauasulatuse entusiastina on ta läbi viinud mitmeid selleteemalisi töötubasid, nõustanud huvilisi ja uurinud rauasulatuse ajalugu. Hobideks on veel matkamine, kalapüük ja jahindus.



Foto Karl Põder

Iron Smelting as a Research Topic and a Heritage Technology of Practical Value: Observations from 2019 to 2025

Abstract

The article explores the direct reduction of iron as an ancient technology where solid bloomery iron is produced from bog ore using charcoal and carbon monoxide both from the perspective of scientific research and as a practically applicable traditional technology. The article draws on my experiences of archaeometallurgical research in Estonia and on my own experiments carried out between 2019 and 2025. The article focuses on the production of iron from bog iron ore, its historical background, contemporary experiments, and the value of iron smelting as a means of self-expression in craft.

Local iron production was widespread in Estonian territories from the Roman Iron Age until the 14th century, when cheaper high-quality osmund iron imported from Sweden entered the market. The largest historical centres of iron production in Estonia were the Tuiu region of Saaremaa and Virumaa. Despite its historical disappearance, the skill of iron smelting has been revived in recent decades by researchers, reenactors, and metal artists.

Modern interest in historical iron production in Estonia emerged in the 1960s, when archaeologists discovered several ancient iron smelting sites. The first practical experiment using local bog ore was carried out by Arvi Lauringson in 1978, but it was not until the late 1980s that the archaeologist Jüri Peets achieved successful results. His research and experiments laid the foundation for experimental archaeological iron smelting in Estonia and became an important scientific starting point for the entire field. A new wave of activity in this field began in the 2010s, when iron smelting workshops started to be organised at the Estonian Academy of Arts, the Viljandi Culture Academy and at various heritage events. Nils Hint, Karmo Kiivit, Ragnar Saage, Götz Breitenbücher and several other metal artists, researchers and blacksmithing enthusiasts have led workshops that have transformed direct reduction back into an active heritage technology. I began iron smelting in 2019 and have, ever since, organised iron smelting experiments every summer.

Finding suitable ore is essential for successful iron smelting. Historically, bog iron ore – found in fens, river floodplains and on the edges of transition bogs – was used in Estonia. The article describes how ores can be identified in the landscape and offers tips for finding suitable soil types using the Estonian Land Board's soil maps (Figure 1), where soil codes M and S

indicate appropriate bog soils. The ore is roasted in a fire to remove moisture and organic compounds and to make the iron compounds more readily reducible. The ore is then crushed into pieces the size of peas (Photo 2). Charcoal must also be prepared, as it serves both as fuel and as a way to reduce carbon monoxide in the process.

A smelting furnace made of clay, hey and firebricks is built for the direct reduction of iron (Figure 2). The first furnaces used in the experiments were approximately 70 cm high. Over the years, the dimensions of the furnaces have gradually increased up to 90 cm, approaching the medieval Tuiu furnace types found on Saaremaa. Once the furnace has dried out and the ore has been roasted, the stove must be heated. It starts with a small fire, with wood added from time to time. Once about half a furnace-full of charcoal has burnt out, one can refill it with charcoal and start adding ore. During the smelt process ore and charcoal are gradually added in a ratio of one to one. During smelting, liquid slag forms at the bottom of the furnace, which must be drained from time to time to ensure that the flow of air is not interrupted. Air is fed into the furnace using a bellows or a fan, and the temperature must be kept high enough for the reduction process to take place (Photo 6).

Successful production depends on the chemical composition of the ore. Some ores produce abundant slag, while others require mixing to trigger the correct reaction. Ores from different locations in Estonia behave significantly differently in the fire. Once 40–50 kg of ore has been processed, the furnace is dismantled (Photo 7) and the bloom – a mixture of iron and slag – is extracted. The forging of the bloom iron then begins, during which the slag is removed and the structure of the material is compacted. Through repeated heating and forging, usable raw iron is produced, from which tools or weapons can be made. I use the iron produced mainly to craft laminated knives (Photos 11, 12).

The direct reduction of iron (iron smelting) is not merely a historical technology, but a living heritage that connects science, craftsmanship, and creativity. Modern experiments confirm that it is still possible today to produce high-quality, forgeable iron from local bog ore. The value of iron smelting lies not only in the preservation of technical knowledge, but also in community engagement, creativity and the opportunity to reconnect with the skills of ancestors. I hope that an increasing number of enthusiasts will discover the world of historical iron production for themselves.

Keywords: iron smelting, direct reduction of iron, experimental archaeology, ancient metallurgy, bog iron ore, bloom iron