

En blästplats och 11 liggmilor i Sveg

Lämningar från vikingatid till medeltid

Fornlämningar L1945:8224, L1945:8256, L1945:8273, L1945:8276, L1945:8291,
L1945:8292, L1945:8294, L1945:8308, L1945:8309, L2019:3123, L2019:3125,
L2019:3129. Sveg socken, Härjedalens kommun, Jämtlands län

Kristina Jonsson och Terese Olofsson



RAPPORT – JAMTLI 2026:11
ISSN 1654-2045

Utgivning och distribution:

Jamtli

Box 709

831 28 Östersund

Tel. 063 - 15 01 00

© Jamtli 2026

Redigering och layout av framsida: Lena Ljungkvist.

Fotografier: Terese Olofsson, Lars Inge Lööv. Omslagsbild: Ugnen på blästplats L1945:8276, fotograferad mot NNV.

Jamtli medger spridning av dokumentationsmaterialet med Creative Commons-licensen CC BY, undantaget Lantmäteriets kartor samt annat upphovsrättsskyddat material.

Länsstyrelsens diarienummer: 6236-2025, 75-2025

ISSN 1654-2045

Innehåll

Sammanfattning	1
Bakgrund	3
Undersökningens bakgrund.....	3
Kulturmiljöbeskrivning	3
Tidigare arkeologiska undersökningar	3
De arkeologiska undersökningarna 2025	4
Syfte och frågeställningar	4
Metod och genomförande	5
Kolningsanläggningarna	5
Blästplatsen.....	5
Resultat av förundersökningarna	6
Kolbotten L1945:8224.....	6
Kolbotten L1945:8256.....	7
Kolbotten L1945:8273.....	8
Kolbotten L1945:8291	9
Kolbotten L1945:8294.....	10
Kolbotten L1945:8308.....	10
Kolbotten L1945:8309.....	11
Kolbotten L2019:3125.....	11
Kolbotten L2019:3129.....	12
Kolbottnar L1945:8292 och L2019:3123.....	13
Blästplats L1945:8276 och angränsande ytor	14
Slutundersökningar av kolbottnar efter liggmilor	15
Undersökning av blästplats L1945:8276.....	18
Blästerugnen	20
Slaggvarpen.....	23
Malmlager	24
Tolkning och diskussion.....	24
Blästplatsen.....	24
Anläggningar och dateringar	24
Malm och lera.....	25
Slagg och järnmängd	25
Liggmilorna	26
Avslutande kommentarer	28
Utvärdering av undersökningsplan	28
Administrativa uppgifter.....	29

Referenser.....	30
Bilagor.....	31
Bilaga 1. Fynd	
Bilaga 2. Lagerbeskrivningar	
Bilaga 3. Vedartsanalyser	
Bilaga 4. ¹⁴ C-analyser	
Bilaga 5. Arkeometallurgiska och ceramologiska analyser	

Sammanfattning

Med anledning av att Härjedalens kommun planerar att utvidga en industritomt på fastigheten Sveg 6:5 har Stiftelsen Jamtli utfört arkeologiska förundersökningar av en blästplats och elva kolningsanläggningar efter liggmilor samt slutundersökning av blästplatsen och två kolbottnar. Enligt länsstyrelsens beslut skulle nio av de 11 kolbottnarna endast förundersökas i syfte att insamla material för datering. De övriga två kolbottnarna samt blästplatsen skulle undersökas i sin helhet (för- och slutundersökning). Förundersökningarna utfördes våren 2025, och de påföljande arkeologiska undersökningarna under hösten samma år.

De 11 kolbottnarna efter liggmilor som undersöktes, nio endast genom grävning av ett mindre schakt för insamling av kolprov och undersökning av lagerbild, var alla av samma karaktär. De var rundat rektangulära och till storleken huvudsakligen omkring 6–8×5–6 meter. Någon tydlig skiktning som indikerar flera kolningar på samma plats kunde inte ses. Dateringarna ligger i huvudsak i vikingatid/tidig medeltid. Några undantag finns, L1945:8224 fick en 1300-talsdatering, och L1945:8291 samt L1945:8294 fick sena dateringar i 1700- och 1800-tal. Med tanke på att övriga likadana kolbottnar i området har fått så samstämmiga dateringar kan det misstänkas att de två sistnämnda proverna har kontaminerats med mer sentida material från yngre verksamheter eller händelser.

Blästplatsen innehöll en ”Evenstadsugn”, en låg stenbyggd schaktugn delvis nedgrävd i marken. Utöver ugnen fanns två slagghvarp, en fällsten som föreföll ha använts under ett tidigare skede eftersom den var övertäckt med jord, och ett malmlager. Ugnen innehöll flera lager med slagg och kol, delar av bränd lera (fordring från ugnens insida) samt botteskällor i två nivåer. Bottenskällorna visade sig ha passning med varandra, så materialet i ugnen har sannolikt kastats ned i den efter att den användes sista gången. Denna tolkning styrks av dateringarna från ugnens olika lager, då de fick en något ”omvänd ordningsföljd” – alla kan dock placeras i 1400-talet varvid denna period torde representera ugnens sista användningsfas. Slagghvarpen, som också verkar ha kastats om då dateringarna från botten var yngre än de från toppen, visade på en äldre användningsfas av platsen. Material från varpet närmast ugnen fick 1400- och 1500-talsdateringar, men varpet som låg lite längre från ugnen fick 1300-talsdateringar. Sammantagna visar dateringarna från slagghvarpen och ugnen att platsen varit i bruk från 1300-tal till 1500-tal.

En grov beräkning av mängden producerat järn har gjorts utifrån mängden slagg på platsen, men det bör noteras att metoden har stora potentiella felkällor. Resultatet blev att man har producerat mellan 1,36 och 2,14 ton järn under platsens användningstid, i grova drag ett halvt ton per århundrade om man slår ut siffrorna jämnt över tiden 1300-talet till 1500-talet. Utifrån vad man har sett vid moderna experiment med järnframställning i blästerugn, vad gäller mängden järn som genereras per blåsning i ugnen, har man därmed framställt järn 340 gånger på denna plats om bara en ugn har varit i bruk samtidigt.



Figur 1. Översikt över undersökningsområdets läge, markerat med en blå cirkel. Underlagskarta från Lantmäteriet (Topografiska webbkartan). Skala 1:150 000.

Bakgrund

Undersökningens bakgrund

Med anledning av att Härjedalens kommun planerar att utvidga en industritomt på fastigheten Sveg 6:5 har Stiftelsen Jamtli utfört arkeologiska förundersökningar av en blästplats och elva kolningsanläggningar efter liggmilor samt slutundersökning av blästplatsen och två kolbottnar. Undersökningarna genomfördes efter beslut av länsstyrelsen i Jämtlands län och bekostades av Härjedalens kommun.

Förundersökningarna utfördes i månadsskiftet juni–juli 2025 av Kristina Jonsson och Annabell Fogelberg. Efter detta beslutade länsstyrelsen om fortsatta undersökningar som genomfördes i oktober 2025 av Terese Olofsson och Lars-Inge Lööv. Denna rapport omfattar både förundersökningen och slutundersökningen (Lst dnr 431-75-2025 och 431-6236-2025).

Kulturmiljöbeskrivning

Området kring Sveg består i huvudsak av skogs- och myrmark. Byarna Sveg, Byn, Ulvkälla och Älvros i närområdet har skriftliga belägg från slutet av 1200-talet och ett antal andra byar från 1400-talet. Trakten mellan Sveg och Älvros förstagångsinventerades 1971 och revideringsinventerades 2014–2016, med ett stort antal liggmilor och blästplatser som följd (Olofsson 2015, 2016, 2017).

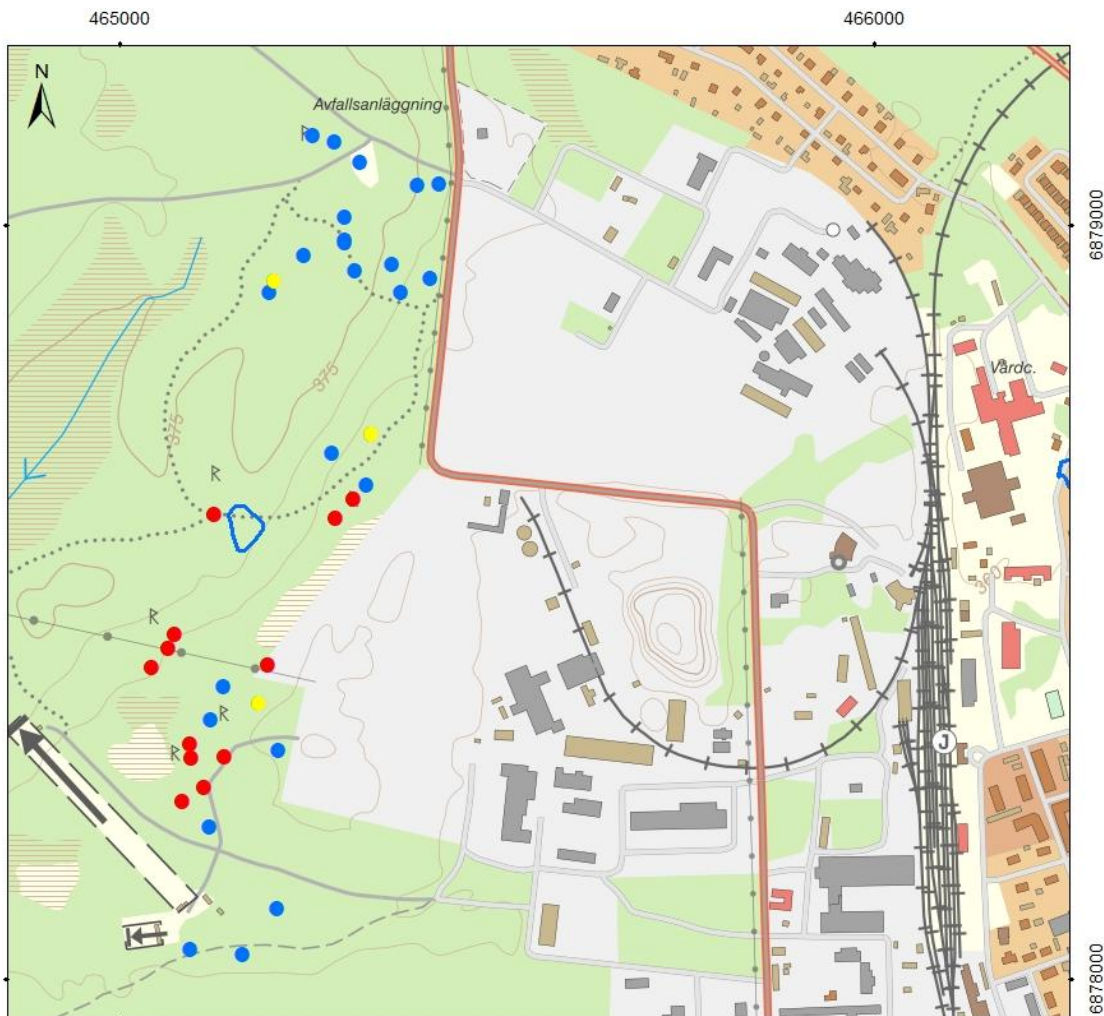
De i denna rapport berörda fornlämningarna ligger i skogsmark som i huvudsak utgörs av tallmo. I området finns 39 lämningar registrerade i Kulturmiljöregistret. De utgörs till största delen av kolningsanläggningar (22 st), de övriga lämningarna består av stenbrott (10 st enskilda täktgropar samt ett stenbrottsområde med sju gropar), två husgrunder från historisk tid, en blästplats, en fyndplats för slagg, en sentida härd och en möjlig skjutvall (figur 2).

Tidigare arkeologiska undersökningar

Inom Jamtlis forskningsprojekt *Medeltida järnhantering i Härjedalen* som pågick 2018–2023 daterades 25 lämningar efter järnhantering inom ett område i sydöstra Härjedalen, och tillsammans med tidigare dateringar som gjorts före projektet startades var det sammanlagda antalet daterade objekt 67. De äldsta dateringarna var från Överberg och Herrö och visade att järn har börjat framställas på 900-talet. Större delen av lämningarna blev daterade till mellan sent 1200-tal och sent 1600-tal (Jonsson 2023:46ff).

Ytterligare undersökningar har utförts i området efter avslutandet av Jamtlis forskningsprojekt. Två blästplatser och en kolbotten efter en liggmila söder om Älvros undersöktes 2023. Blästplatserna daterades till mellan sent 1200-tal/tidigt 1300-tal och mitten av 1400-talet/tidigt 1500-tal (L1945:9225) och mitten av 1300-talet till mitten av 1400-talet/tidigt 1500-tal (L2022:10033). Kolbotten (L1945:5135) daterades till 1500-tal (Jonsson 2024a). Ytterligare tidigare arkeologiska undersökningar av järnhanteringslämningar i Älvros socken beskrivs i Jonsson2024a.

2024 gjordes förundersökningar av tre kolbottnar inom samma område vid Svegs industriområde som de undersökta lämningarna som redovisas i denna rapport ligger. Samtliga fick dateringar till vikingatid (Jonsson 2024b), och de diskuteras vidare i denna rapport tillsammans med undersökningsresultaten.



Figur 2. De kända lämningarna i närområdet. De som är markerade med gula prickar är kolbottarna som undersöktes 2024, röda prickar är de lämningar som undersöktes 2025. Övriga lämningar i området redovisas med blå prickar/blå linje. Underlagskarta från Lantmäteriet (Topografiska webbkartan). Skala 1:10 000.

De arkeologiska undersökningarna 2025

Syfte och frågeställningar

Enligt länsstyrelsens beslut skulle nio av de 11 kolbottarna endast förundersökas i syfte att insamla material för datering. De övriga två kolbottarna samt blästplatsen skulle förundersökas inför vidare arkeologisk undersökning. Syftet med de sistnämnda tre förundersökningarna var att ge Länsstyrelsen ett beslutsunderlag inför prövning om tillstånd till ingrepp i fornlämning. Vid förundersökningen skulle fornlämningarnas karaktär, datering, utbredning och komplexitet fastställas och dokumenteras, och eventuella fornfynd tillvaratas. Resultaten skulle kunna användas av undersökare för att bedöma och beräkna omfattningen av en arkeologisk undersökning. Resultaten skulle också kunna användas i företagarens planering

Syftet med de arkeologiska undersökningarna var att dokumentera fornlämningarna, ta tillvara fornfynd, rapportera och förmedla resultaten för att skapa kunskap med relevans för myndigheter, forskning och allmänhet.

Metod och genomförande

Kolningsanläggningarna

Vid förundersökningen handgrävdes ett schakt i de nio kolbottnar som endast skulle förundersökas, ca 1,5–2 meter långt och 0,3 m brett. Schakten grävdes där kolbotten såg mest oskadad ut, från kanten in mot mitten. Kol insamlades från schaktväggen. Två kolprover togs endast om två tydliga lager påträffades.

I de två kolbottnarna som skulle undersökas vidare (L1945:8292 och L2019:3123) öppnades endast ett mindre schakt (ca 0,25×0,25 cm) för att få en uppfattning om lagerföljd. Dessa valdes ut för slutundersökning eftersom de var tydliga i formen och inte skadade.

Vid slutundersökningen avtorvades de två kolningsanläggningarna och ett område kring varje kolbotten med maskin och rensades fram för hand. Schakt togs upp med maskin och för hand i båda kolbottnarna. Kolbottnarnas begränsning, schakt samt kollager mättes in med RTK-GPS för digital planritning samt fotograferades.

Blästplatsen

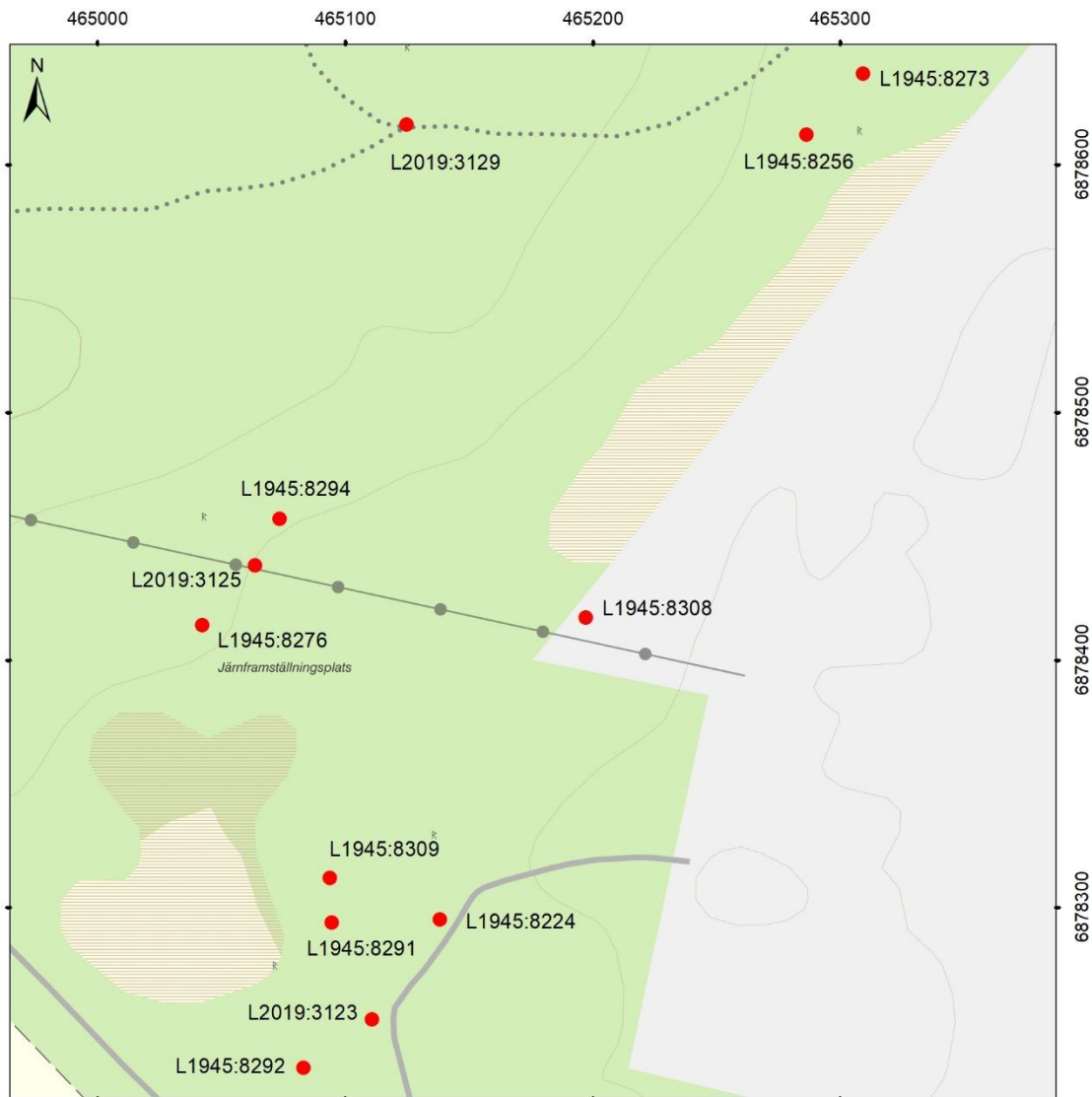
Vid förundersökningen avtorvades ytan inom och kring blästplatsen med maskin, ugnen och slaggvarpen lämnades dock orörda för manuell avtorvning i samband med den vidare undersökningen. Den avbanade ytan, anläggningar och ett lager med rostad malm mättes in med RTK-GPS.

Mellan blästplatsen och liggmilorna L2019:3125 och L1945:8294 gjordes ett sökschakt, i syfte att lokalisera eventuella anläggningar tillhörande kolningsverksamheten.

För att söka myrmalm som kan ha använts på blästplatsen togs två schakt upp 40 meter SSV och 60 meter SÖ om blästplatsen i en närbelägen myr.

Vid slutundersökningen avtorvades hela blästplatsen, dels för hand, dels med maskin. Avtorvning av slaggvarpen gjordes med maskin och avtorvning av ugnen och ytan intill ugnen för hand samt med skårslev, hacka och spade. Ugnen delundersöktes och dokumenterades med GPS, handritning i plan samt fotografering. Ett par provschakt togs upp mot ugnens ytterväggar. Dessa grävdes för hand och dokumenterades genom handritning i sektion och fotografering. Genom slaggvarpen drogs ett schakt som dokumenterades med GPS och fotografering. För att kunna göra volymberäkning av slagg togs GPS-punkter med tät frekvens över slaggvarpen.

Material för ¹⁴C-datering samlades in från slaggvarpens topp och botten samt från ugnens tre olika bottenlager. Malm, slagg och bränd lera samlades in för arkeometallurgiska och ceramologiska analyser.



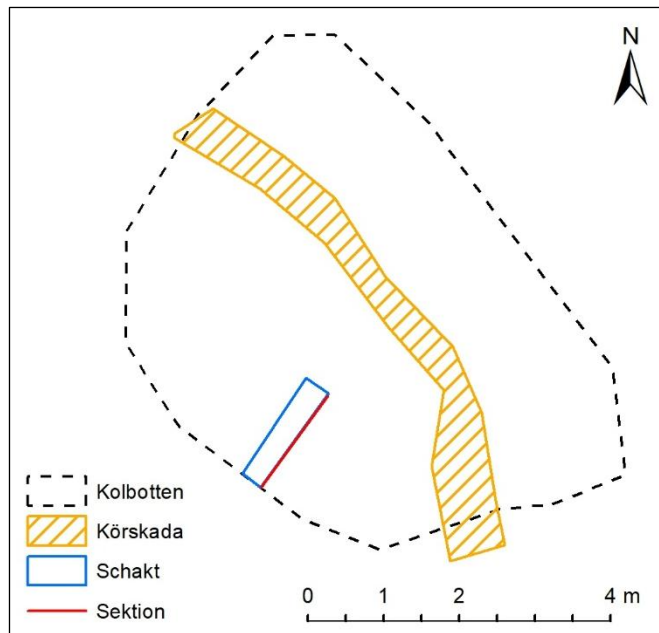
Figur 3. De undersökta lämningarnas lägen, markerade med röda punkter. Underlagskarta från Lantmäteriet (Topografiska webbkartan). Skala 1:3 000.

Resultat av förundersökningarna

Kolbotten L1945:8224

Kolbotten var oregelbundet rektangulär, 7,5×5,2 meter stor (NV–SÖ) och upp till 0,3 meter hög (figur 4). En körskada fanns genom hela kolbotten 0,6 meter bred (NV –SÖ).

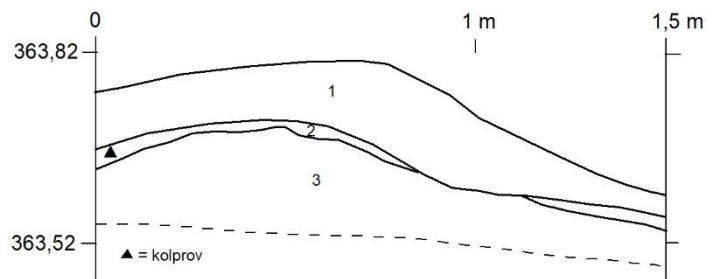
Ett 1,5×0,35 meter stort och 0,35 meter djupt schakt grävdes i anläggningens SV del (figur 5). Ett kolprov insamlades från ett lager med sot/kol. Provet har daterats till 1305–1365 (2 σ , 95,4% sannolikhet) (bilaga 4).



Figur 4. Plan över kolningsanläggning L1945:8224. Skala 1:100.

Figur 5. Sektionsritning mot SÖ av schaktet genom L1945:8224. Skala 1:20.

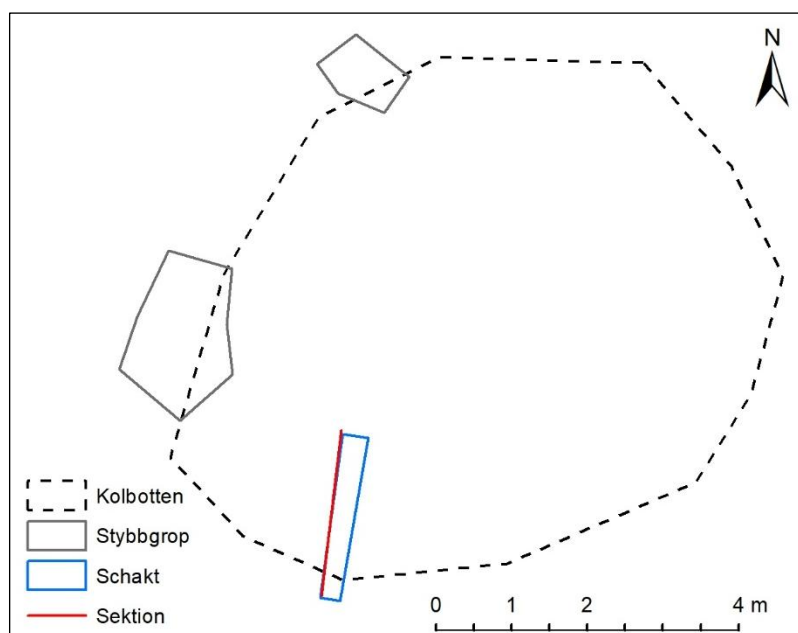
Lagerbeskrivning: 1) 0,06–0,2 m mossa/torv; 2) 0,01–0,05 m gråsvart sand med sot/kol; 3) 0,1–0,3 m orange sand med strimmor av sot/kol och grå fläckar (undergrund).



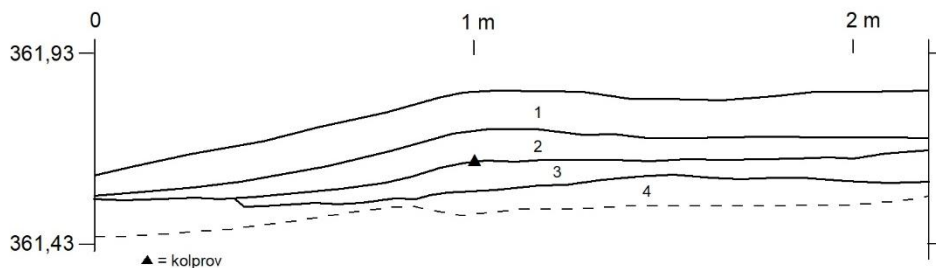
Kolbotten L1945:8256

Kolbotten var närmast oval, 8,2×6,8 meter stor (NÖ–SV) och 0,2–0,3 meter hög. Den hade oregelbunden yta och delvis otydlig utbredning. Två 0,15 meter djupa stybbgropar fanns i anslutning till kolbottens utbredning i V och NV (figur 6).

Figur 6. Plan över kolningsanläggning L1945:8256. Skala 1:100.



Ett 2,2×0,3 meter stort och 0,3 meter djupt schakt grävdes genom anläggningens SV del. Ett kolprov insamlades från bottendelen av ett lager med sot/kol, från en kolkoncentration intill en rot (figur 7). Kolet har daterats till 1057–1157 (2σ, 95,4% sannolikhet) (bilaga 4).



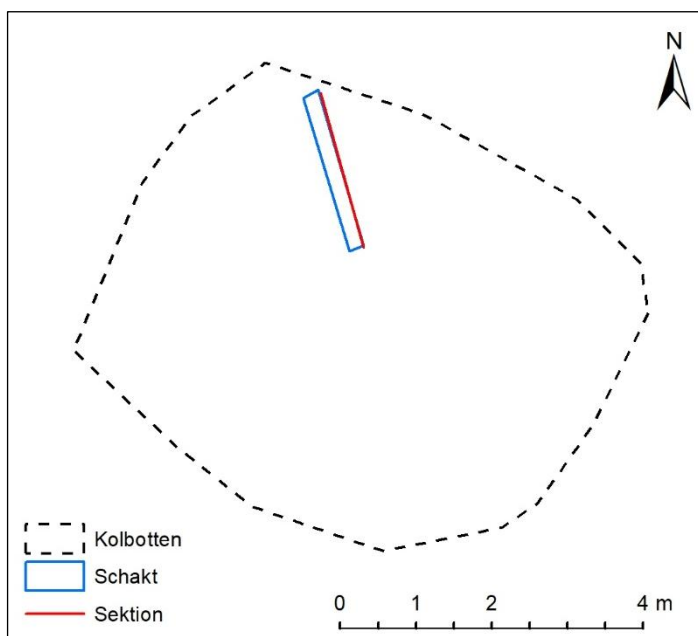
Figur 7. Sektionsritning mot V av schaktet genom L1945:8256. Skala 1:20.

Lagerbeskrivning: 1) 0,1 m mossatorv; 2) 0,05–0,08 m grå sotig sand med kolbitar; 3) 0,04–0,08 m brunsvart sotig sand med kolbitar; 4) 0,1–0,2 m orange sand, sotfläckar i övergången mot underliggande gråvit sand (undergrund).

Kolbotten L1945:8273

Kolbotten var rektangulär, 6,8×5,7 meter stor (VNV –ÖSÖ) och 0,25–0,3 meter hög (figur 8). Den hade oregelbunden yta och antydning till vallar i kanten.

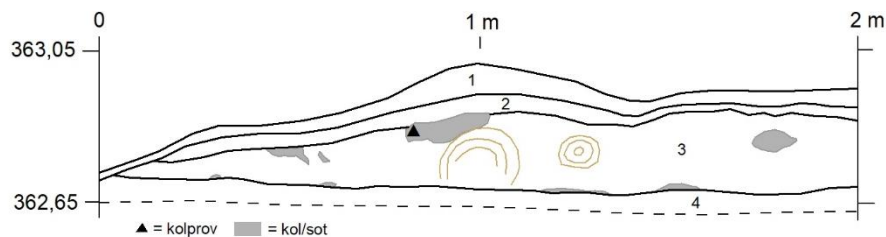
Ett 2,1×0,25 meter stort och 0,3 meter djupt schakt grävdes genom dess N del. Ett kolprov insamlades från en kolfläck intill en rot (figur 9). Kolet har daterats till 1005–1018 (2σ, 95,4% sannolikhet) (bilaga 4).



Figur 8. Plan över kolningsanläggning L1945:8273. Skala 1:100.

Figur 9. Sektionsritning mot Ö av schaktet genom L1945:8273. Skala 1:20.

Lagerbeskrivning: 1) 0,05–0,08 m mossa och torv; 2) 0,05 m sotig sand med kolbitar, koncentrationer av kol i övergången mot lagret under; 3–4) 0,05–0,25 m orange sand med sotfläckar i övergången mot underliggande gråvit sand (undergrund).

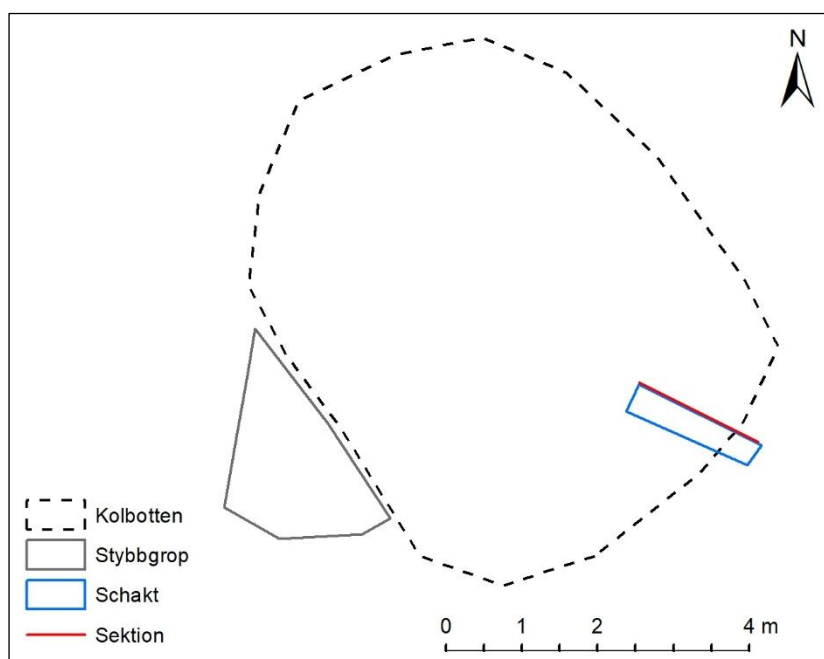


Kolbotten L1945:8291

Kolbotten var rundat rektangulär, 7,1×5,6 meter stor (NV–SÖ) och 0,05–0,2 meter hög (figur 10). Flack, otydlig avgränsning i Ö där den planar ut mot markytan. Stybbgrop i SV.

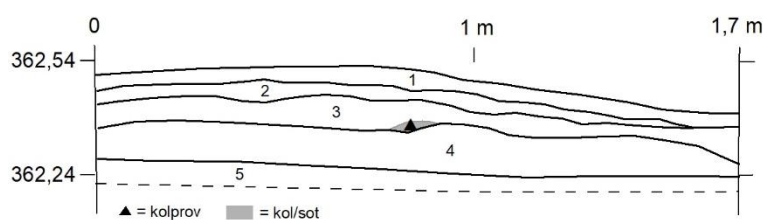
Ett 1,8×0,4 m stort och 0,3 meter djupt schakt grävdes i dess i SÖ del. Ett kolprov insamlades från botten av det övre lagret med sot/kol (figur 11). Kolet har daterats till 1806–1926 (2σ, 95,4% sannolikhet) (bilaga 4).

Figur 10. Plan över kolningsanläggning L1945:8291. Skala 1:100.



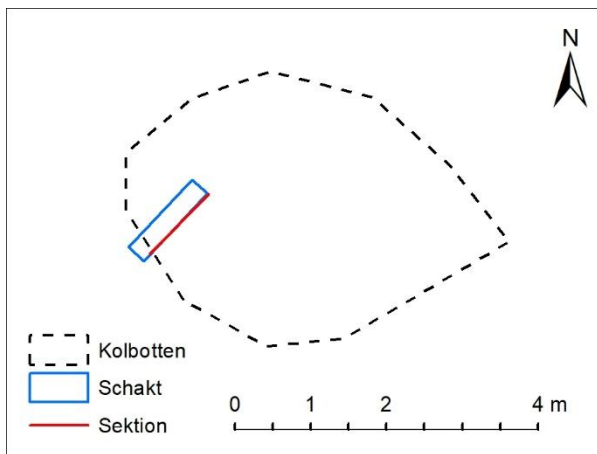
Figur 11. Sektionsritning mot NÖ av schaktet genom L1945:8291. Skala 1:20.

Lagerbeskrivning: 1) 0,05 m mossor/torv; 2) 0,05 m sotig sand med kolinslag; 3) 0,05–0,1 m brun sand med kollinser; 4) 0,1–0,15 m orange sand; 5) gråvit sand (undergrund).



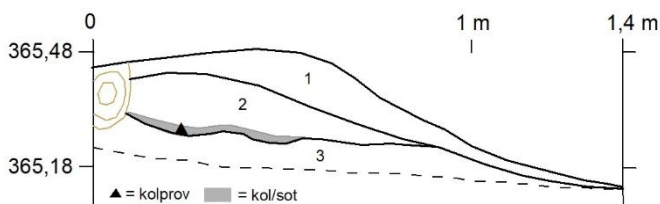
Kolbotten L1945:8294

Kolbotten var närmast oval, 3,9×3,8 meter stor (NV –SÖ) och 0,1–0,2 meter hög (figur 12). Skadad i S och SV av stig och trädrötter.



Ett 1,4×0,3 meter stort och 0,4 meter djupt schakt grävdes i dess i V del. Ett kolprov insamlades från ett lager med sot/kol (figur 13). Kolet har daterats till 1731–1807 (2 σ , 95,4% sannolikhet) (bilaga 4).

Figur 12. Plan över kolningsanläggning L1945:8294. Skala 1:100.

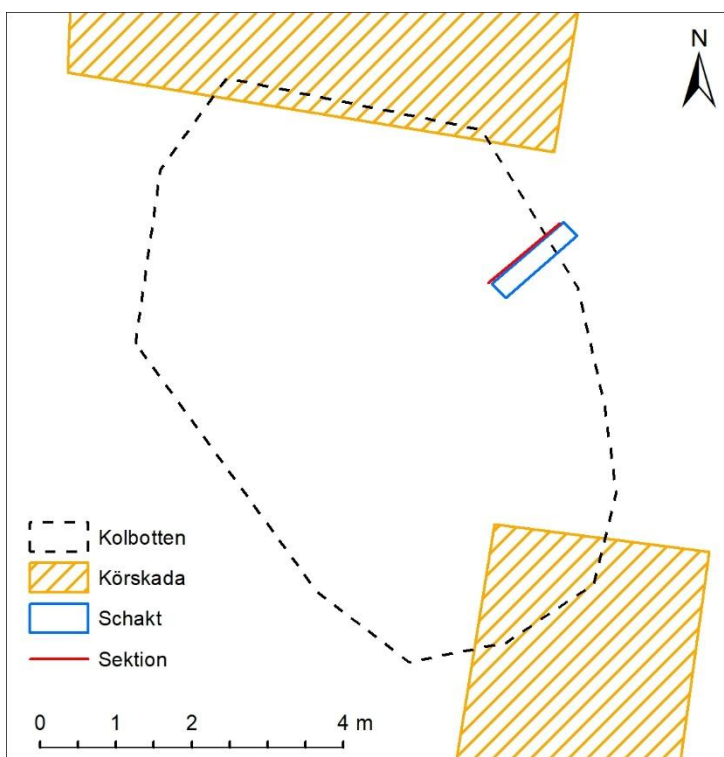


Figur 13. Sektionsritning mot SÖ av schaktet genom L1945:8294. Skala 1:20.

Lagerbeskrivning: 1) 0,05–0,1 m mossa/torv; 2) 0,05–0,15 m orange sand med skikt av kol/sot; 3) 0,05–0,1 m vitgrå sand (undergrund).

Kolbotten L1945:8308

Kolbotten var rundat rektangulär, 8,2×5,4 meter stor (NNV –SSÖ) och 0,2 meter hög (figur 14). Den var mycket otydlig och svåravgränsad, med körskador i N och S.

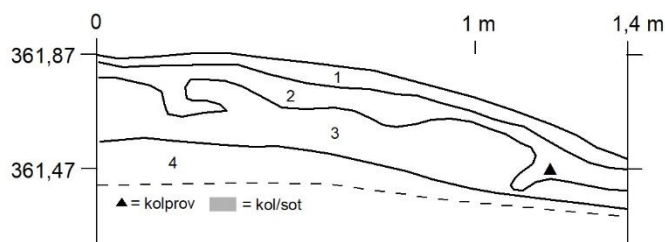


Ett 1,4×0,25 meter stort och 0,35 meter djupt schakt grävdes genom dess NÖ del. Ett kolprov insamlades från ett lager med sot/kol (figur 15). Kolet har daterats till 1164–1265 (2 σ , 95,4% sannolikhet) (bilaga 4).

Figur 14. Plan över kolningsanläggning L1945:8308. Skala 1:100.

Figur 15. Sektionsritning mot NV av schaktet genom L1945:8308. Skala 1:20.

Lagerbeskrivning: 1) 0,05 m mossa/torv; 2) 0,05–0,1 m gråsvart sand med sot och kol; 3) 0,08–0,15 m orange sand; 4) gråvit sand (undergrund).

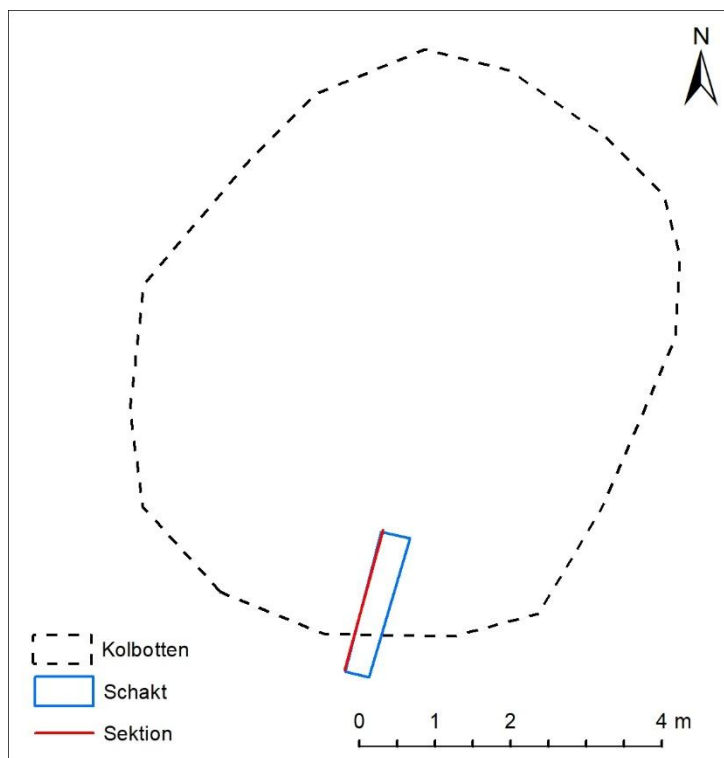


Kolbotten L1945:8309

Kolbotten var rundat rektangulär, 7,8×6,6 meter stor (NÖ–SV) och 0,2–0,3 meter hög (figur 16).

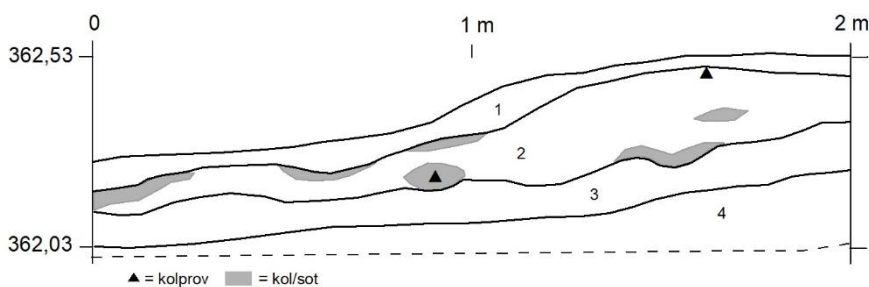
Ett 2,0×0,4 meter stort och 0,5 m djupt schakt grävdes i dess S del (figur 17). Två kolprov insamlades, ett från ett övre lager med sot/kol, ett från en kolfläck i ett rödbrunt lager. Kolet från det övre lagret har daterats till 871–991 och det från det undre lagret till 877–993 (2σ, 95,4% sannolikhet) (bilaga 4).

Figur 16. Plan över kolningsanläggning L1945:8309. Skala 1:100.



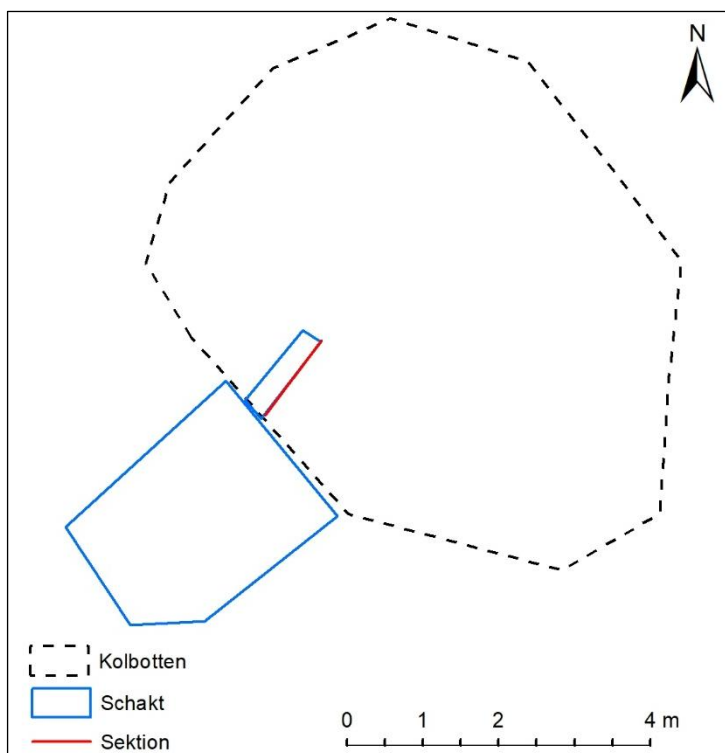
Figur 17. Sektionsritning mot V av schaktet genom L1945:8309. Skala 1:20.

Lagerbeskrivning: 1) 0,05–0,1 m mossa/torv; 2) 0,1–0,25 m gråsvart sand med sot; 3) 0,1 m rödbrun sand med sotinslag och koncentrationer med kol; 4) vitgrå sand (undergrund).



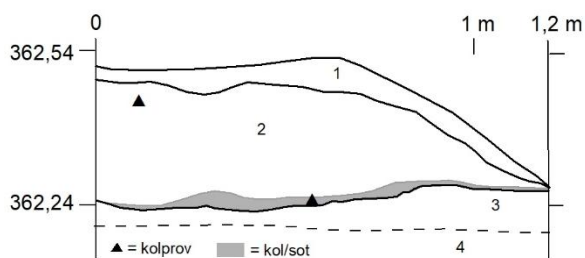
Kolbotten L2019:3125

Kolbotten var rundat rektangulär, 7,8×5,7 meter stor (NV–SÖ), den var svåravgränsad och otydlig och 0,2–0,3 meter hög (figur 18).



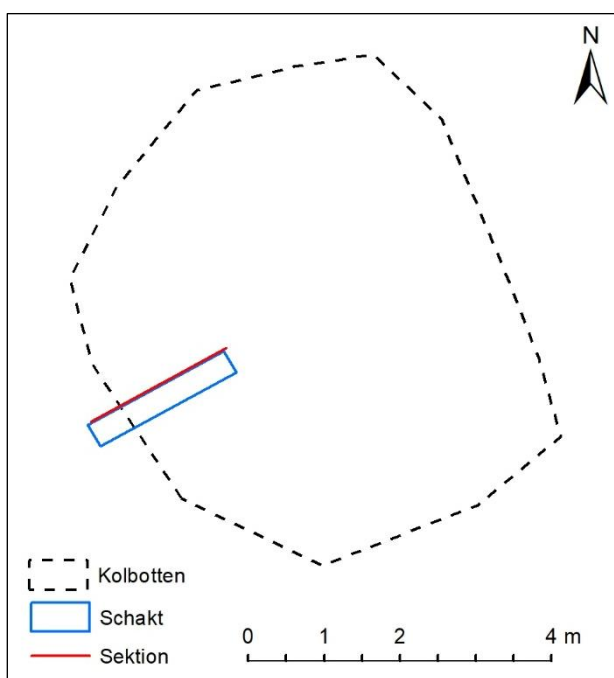
Ett 1,2×0,3 meter stort och 0,45 meter djupt schakt grävdes genom dess SV del. Två kolprover insamlades, ett från den övre delen av ett sotigt lager och ett från en kollins i botten av samma lager (figur 19). Kolet från det övre lagret har daterats till 1077–1156 och det från det undre lagret till 1034–1177 (2σ , 95,4% sannolikhet) (bilaga 4).

Figur 18. Plan över kolningsanläggning L2019:3125. Skala 1:100.



Figur 19. Sektionsritning mot SÖ av schaktet genom L2019:3125. Skala 1:20.

Lagerbeskrivning: 1) 0,05–0,1 m mossa; 2) 0,1–0,35 m gråsvart sand med sot och kol, delvis i linser; 3) 0,05–0,1 m orange sand; 4) gråvit sand (undergrund).



Kolbotten L2019:3129

Kolbotten var rundat rektangulär, 6,5×5,6 meter stor (NNV–SSÖ) och 0,2–0,3 meter hög (figur 20), högre i N där marken sluttar nedåt.

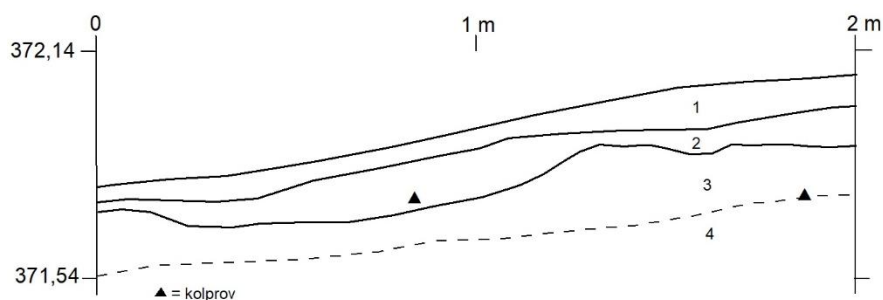
Ett 2,0×0,35 meter stort och 0,35 meter djupt schakt grävdes i dess V del (figur 21). Två kolprov insamlades, ett från ett övre lager med sot/kol, ett från en kolfläck i botten av lagret under. Kolet från det övre lagret har daterats till 978–1048 och det från det undre lagret till 950–1030 (2σ , 95,4% sannolikhet) (bilaga 4).

Figur 20. Plan över kolningsanläggning L2019:3129. Skala 1:100.

Figur 21. Sektionsritning mot SÖ av schaktet genom L2019:3129. Skala 1:20.

Lagerbeskrivning:

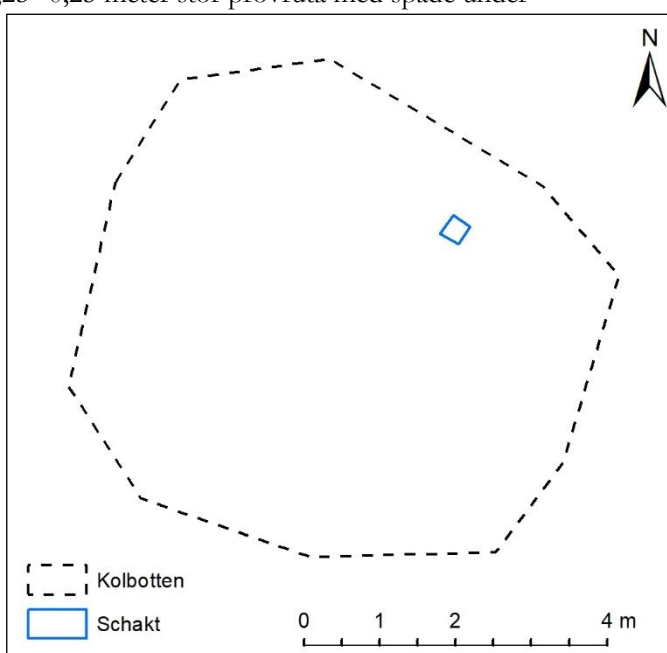
1) 0,05–0,1 m mossa/torv;
 2) 0,05–0,15 m gråsvart sand med kol; 3) 0,1–0,25 m orange sand med grå fläckar, kolkoncentrationer i botten; 4) gråvit sand (undergrund).



Kolbottnar L1945:8292 och L2019:3123

Kolbottarna L1945:8292 och L2019:3123 valdes ut för vidare undersökning, och undersöktes därför endast genom grävning av en 0,25×0,25 meter stor provruta med spade under förundersökningen.

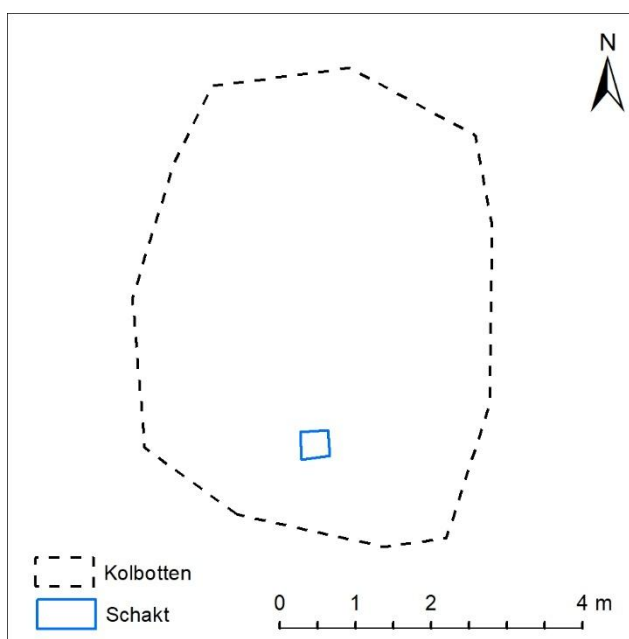
Kolbotten L1945:8292 var 6,8×6,2 meter stor (VNV–ÖSÖ) och 0,3–0,4 meter hög (figur 22) (jfr mer exakta mått efter undersökning nedan). Provrutan grävdes till 0,4 meters djup. I rutan framkom, under ett 0,1 meter tjockt lager mossa/torv, ett 0,25 meter tjockt och kraftigt kollager med stora kolstycken, därunder gråvit sand.



Figur 22. Plan över kolningsanläggning L1945:8292. Skala 1:100.

L2019:3123 var 6,4×4,75 meter stor (N–S) och 0,3 meter hög (figur 23) (jfr mer exakta mått efter undersökning nedan). Provrutan grävdes till 0,45 meters djup. I rutan framkom, under ett 0,1 meter tjockt lager mossa/torv, ett 0,2 meter tjockt lager med grå sand, sot och kol, därunder orange sand.

Inget material insändes för ¹⁴C-analys efter förundersökningarna av dessa två kolbottnar, för datering se beskrivning av slutundersökningarna nedan..



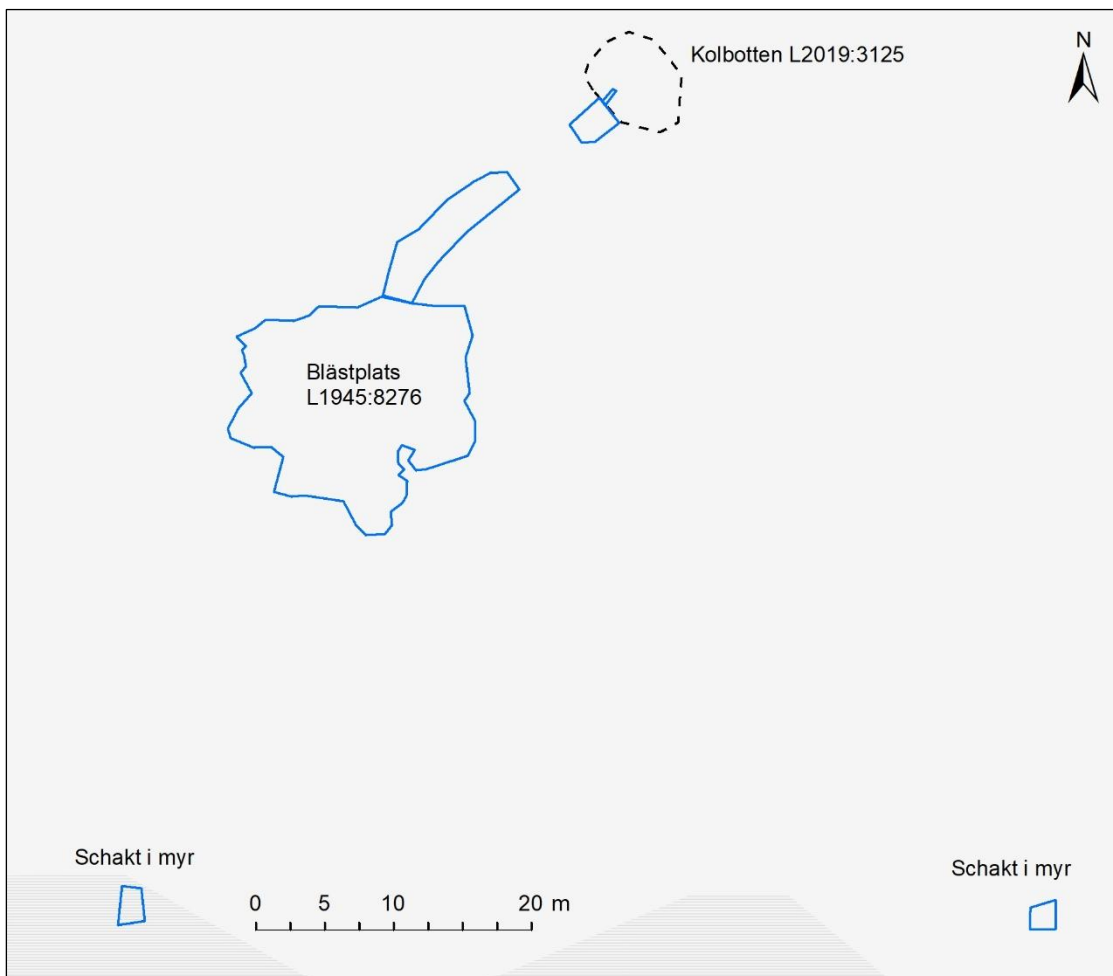
Figur 23. Plan över kolningsanläggning L2019:3123. Skala 1:100.

Blästplats L1945:8276 och angränsande ytor

De anläggningar och lager som delvis framkom vid avbaningen under förundersökningen redovisas inte här då de dokumenterades mer i detalj vid den påföljande undersökningen och redovisas nedan i beskrivningen av den.

De schakt som grävdes mellan den avbanade blästplatsen och den närmast liggande kolbotten L2019:3125 var 12,2×2,8 resp. 3×2,4 meter stora (figur 24). Inga anläggningar, konstruktioner eller lager framkom i schakten.

Två mindre schakt, 2–2,5 meter stora, grävdes i och i anslutning till den myr som ligger omkring 30 meter söder om blästplatsen (figur 24), i syfte att söka myrmalm. Ingen malm påträffades, men rödaktig jord insamlades för provbränning. Den gav dock inget resultat.



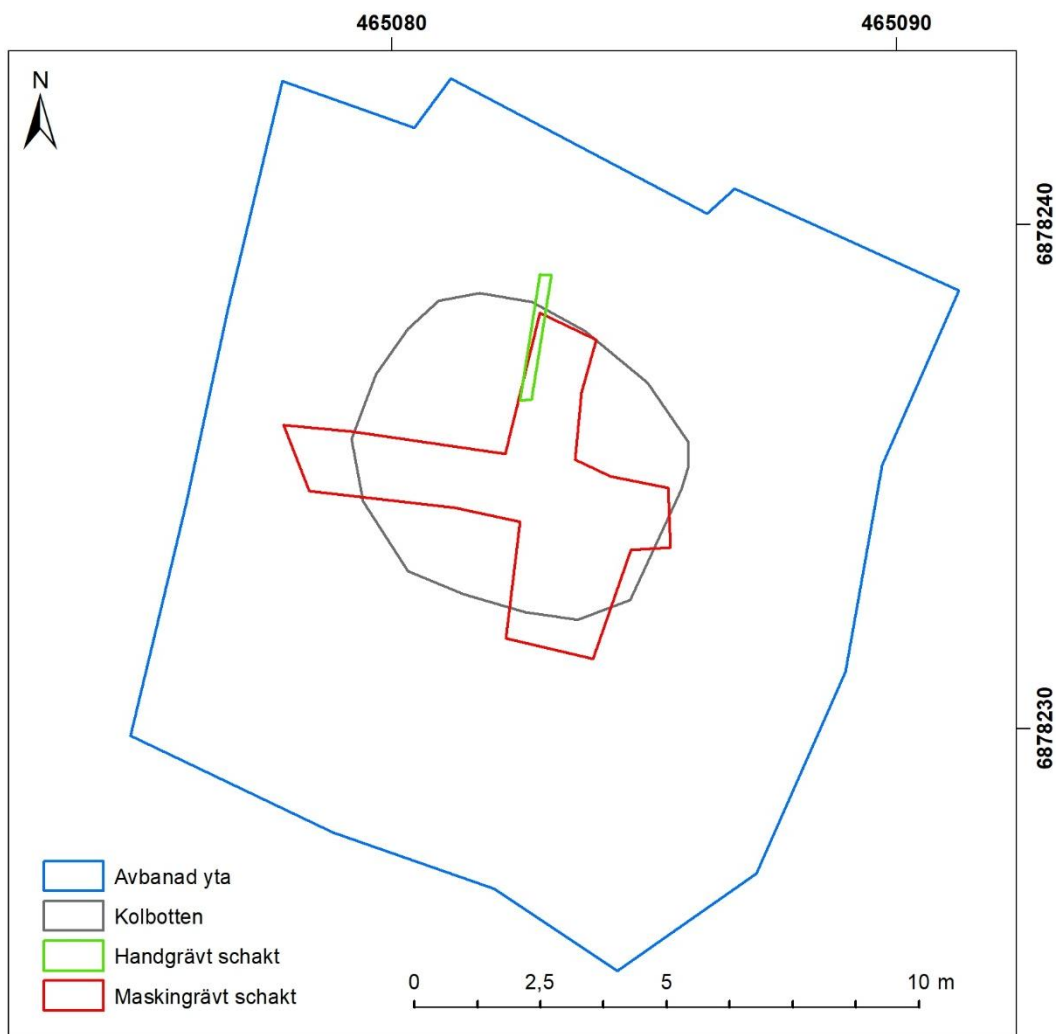
Figur 24. Plan över schakt grävda i anslutning till blästplatsen. Skala 1:500.

Slutundersökningar av kolbottnar efter liggmilor

Vid slutundersökning av L1945:8292 och L2019:3123 metalldetekterades kolbottnarna och området kring dessa. Inget av värde för undersökningen påträffades. Efter avbaning med maskin och framrensning för hand kunde rester av förkolnade stockar konstateras i två riktningar, på båda kolbottnarna. Sektionsritning bedömdes inte vara nödvändig då det kunde konstateras att båda innehöll enbart ett lager med kol. Endast ett kolprov från varje kolbotten skickades därför in för ^{14}C - och vedartsanalys. Inga spår av andra konstruktionsdetaljer, som t.ex. tändtrumma, påträffades.

Kolbotten efter liggmila L1945:8292 var rundat rektangulär, 6,4×5,8 meter stor. Ett 14×13 meter stort område på och kring kolbotten avbanades med maskin. Ett kryssformat schakt ca 1,25–2,3 meter brett och ca 0,15 meter djup togs upp genom kolbotten genom att maskin först schaktade i N–S riktning och sedan i Ö–V riktning. Ett handgrävt schakt, 2,5 meter långt och 0,25 meter brett, togs sedan upp i den N delen av kolbotten och grävdes till steril mark (figurer 27 och 29). Ett lager med förkolnade trästockar, kolbitar och sot, 0,02–0,15 meter tjockt, påträffades fläckvis inom ytan (figur 28).

Kolprov samlades in från väggen i det handgrävda schaktet. Kolet har daterats till 822–976 (2σ , 95,4% sannolikhet) (bilaga 4).



Figur 27. L1945:8292. Plan över avbanad yta och grävda schakt. Skala 1:150.



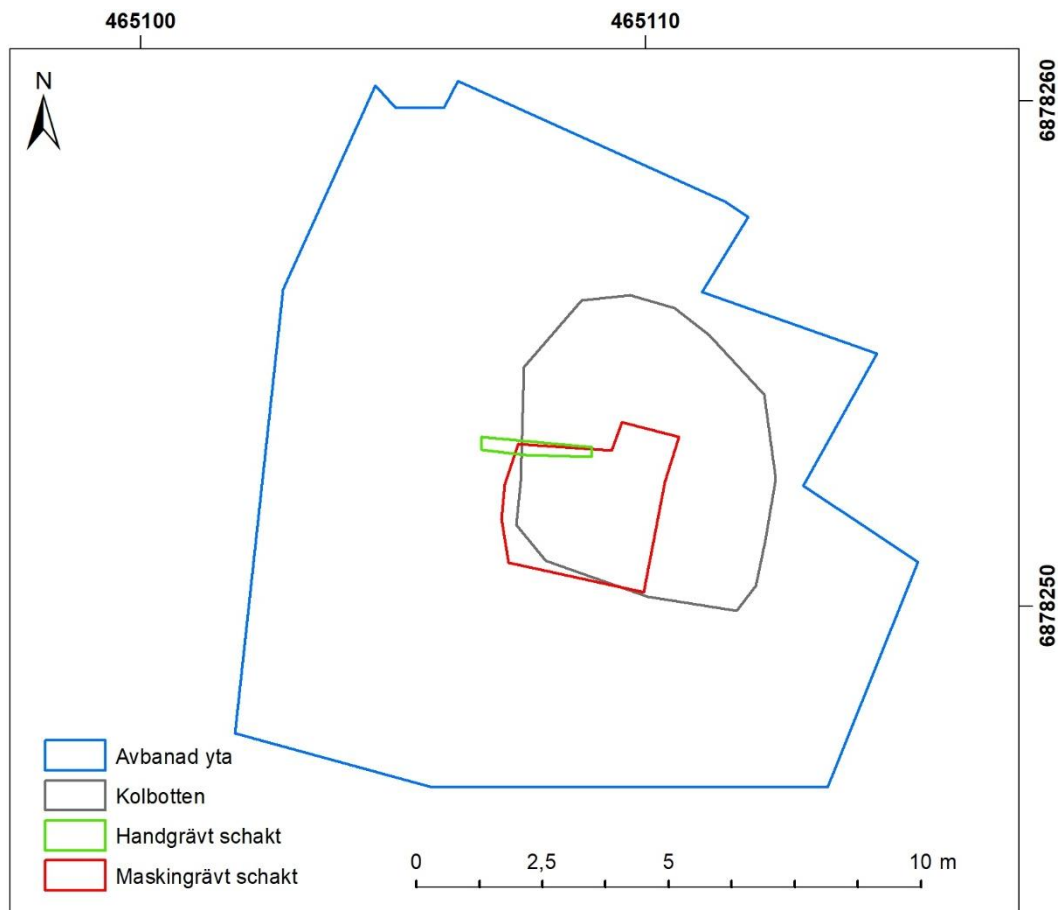
Figur 28. Kollagret i två riktningar efter framrensning på L1945:8292.



Figur 29. Handgrävt schakt genom kollagret på L, 1945:8292.

Liggmila L2019:3123 var rundat rektangulär och visade sig efter avbaning vara 5,8×5 m stor. Ett 12×13 meter stort område över och kring kolbotten banades av med maskin. Ett tårtformat schakt i form av en fjärdedel av kolbotten, ca 3×3 meter stort och ca 0,15 meter djupt, togs sedan upp med maskin i liggmilans SV del (figur 25). I detta grävdes sedan ett handgrävt schakt ca 2×0,25 meter stort ned till steril mark. Ett ca 2×2 m stort sammanhängande lager med förkolnade trästammar, kol och sot konstaterades (figur 26). Lagret var 0,02–0,15 meter tjockt.

Kolprov samlades in från väggen på det handgrävda schaktet. Kolet har daterats till 1060–1157 (2 σ , 95,4% sannolikhet) (bilaga 4, felaktigt benämnd L1945:3123 i analysrapporten).



Figur 25. L2019:3123. Plan över avbanad yta och grävda schakt. Skala 1:150.

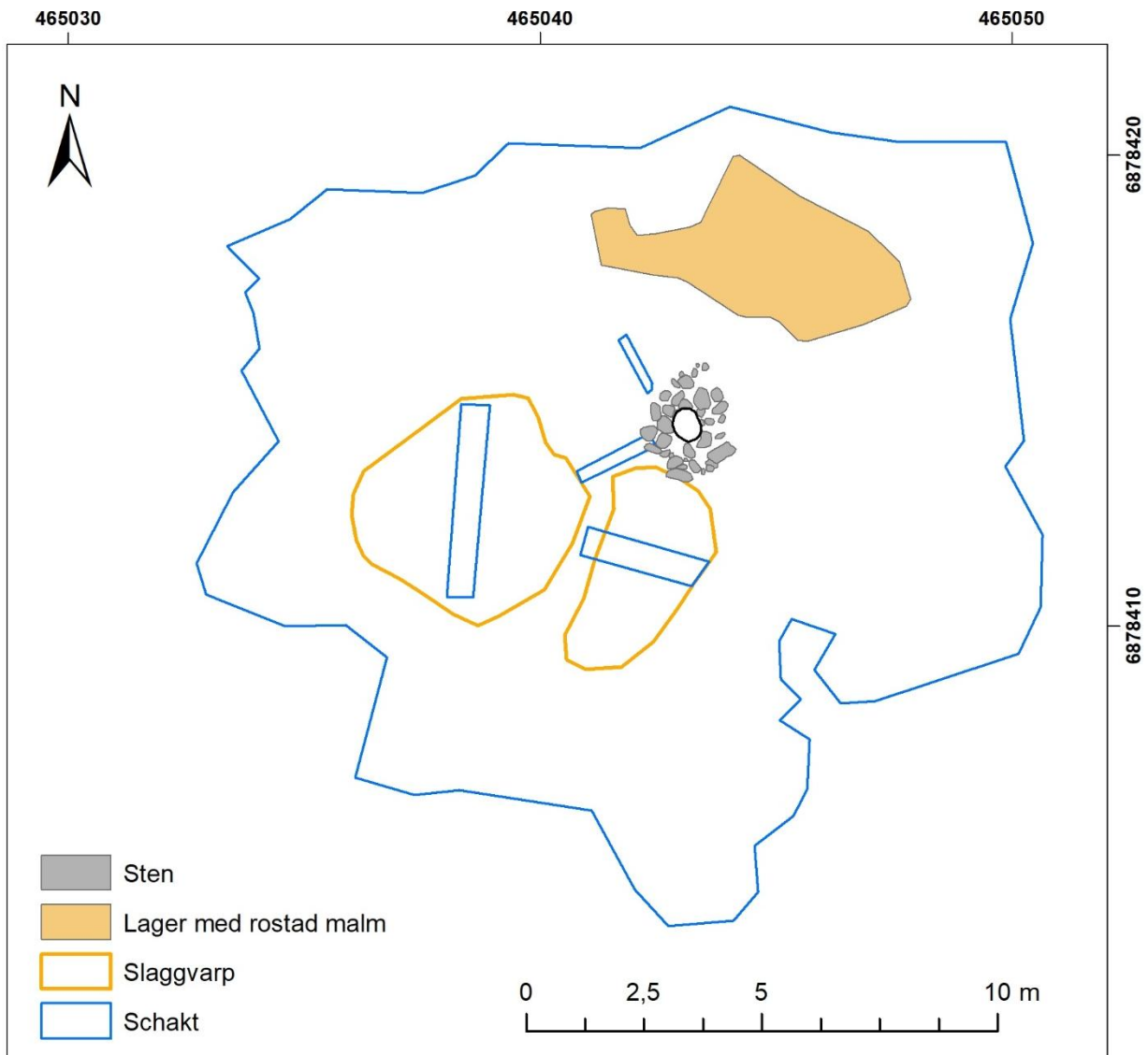


Figur 16. Liggmila L2019:3123 efter schaktning och framrensning av kollager. Foto mot S.

Undersökning av blästplats L1945:8276

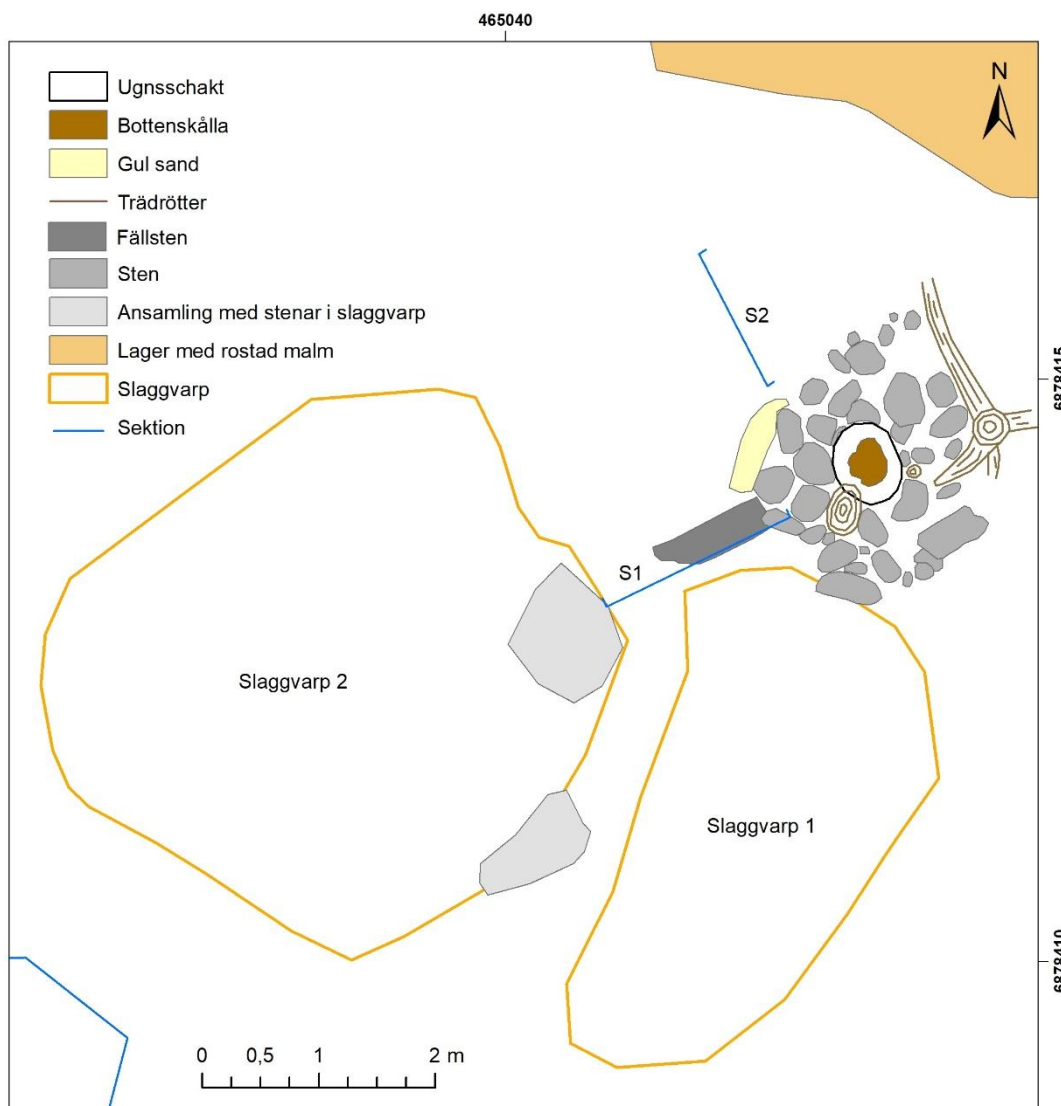
Vid förundersökningen i juni konstaterades att platsen innehöll en ugn, ett slaggvarp och ett lager med malm. Inga anläggningar påträffades vid provschakt mellan blästplatsen och intilliggande liggmilor.

Vid slutundersökningen i oktober undersöktes ugnen, områden intill ugnen samt vad som konstaterades vara två slaggvarp. Schakt togs upp mot ugnens vägg ned till orörd mark för att dokumentera eventuella konstruktioner (figur 30). I ett av schakten påträffades en fällsten och fällslag intill denna. Genom slaggvarpen drogs schakt med maskin (figur 31). Slagg och bränd lera från rivna ugnar samlades in från slaggvarpen. Kol togs delvis inifrån slaggbitar som hackats sönder med hammare.



Figur 30. Schaktplan med huvudsakliga kontexter. Skala 1:150.

Figur 31. Bläst-platsen med slagg-varpen till vänster i bild och ugnen till höger efter att schakten genom slaggvarpen och intill ugnen tagits upp. Foto mot NV.



Figur 32. Detaljplan över blästplatsens delar.

Blästerugnen

Efter avtorvning och framrensning av ugnen kunde det konstateras att området kring ugnen bestod av påförda jordmassor och att ugnen delvis var uppbyggd över marknivå men även ingrävd i en



svag sluttning (figur 33). Inga tydliga spår av träram och påförd sand, som påträffats bl.a. vid undersökningen i Älvros 2023, kunde konstateras runt om ugnen. Möjligen påträffades rester i form av mindre partier av sand. Försök gjordes att hitta ugnens inblås, som enligt läget i terrängen torde varit i sydöst, gjordes. Troligen har ugnen rasat, varför fornan inte påträffades. I ugnens kanter var två stubbar.

Stenar som bedömdes ha rasat in plockades bort, rötter avlägsnades samt jord, sot och slaggbitar.

Figur 33. Ugnen efter rensning från inrasade stenar. Området framför ugnen är framrensat i sökandet efter fornan.

Vid plangrävning inuti ugnen påträffades ett lager av bränd lera (lager 1), 0,01 meter tjockt (figur 34). Under detta var ett lager med slagg, kol och sot (lager 2) och under detta lager påträffades en ca 0,4 meter lång bottenskålla. Lera från lager 1 (prov 3 och 4) och bottenskålla (prov 5) samlades in för analys (mer om dessa analyser i tolkningsdelen nedan samt bilaga 5). Kolprov (prov 7) togs under bottenskållan. Det har daterats till 1288–1477 (2σ , 95,4% sannolikhet) (bilaga 4).



Under bottenskållan var ett 0,08 m tjockt lager med slaggpärlor, krossad slagg samt sot- och kolblandad sand (lager 3). Därefter framkom bitar av ytterligare en bottenskålla (prov 6). Från detta lager togs två kolprover (kolprov 8 och 9). Kolprov 8 var av för dålig kvalitet för att kunna dateras, men kolprov 9 gav resultatet 1396–1474 (2σ , 95,4% sannolikhet) (bilaga 4). Även rostad malm påträffades i lager 3 och skickades in för analys.

Figur 34. Lager 1 med bränd lera syns som ett ljusare parti vid tumstockens övre del och den svarta bottenskållan i nedre delen av bilden.

Under den andra bottenskållan var återigen ett lager med slagg, kol och sot (lager 4), ca 0,10 m tjockt (kolprov 10) innan steril mark nåddes. Lagret har daterats till 1452–1526 (2 σ , 95,4% sannolikhet) (bilaga 4).

Efter att botten nåddes vid 0,85 meters djup, från den översta delen på ugnen, kunde konstateras att ugnen bränts flera gånger. Att den första bottenskållan inte avlägsnats innan den andra bränningen beror sannolikt på att ugnen var för djup.

Rester av ugnsvägg i form av bränd lera påträffades på olika nivåer och samlades in för analys (prov 8), liksom järnhaltig slagg som påträffades i området framför inblåset på ugnen (prov 9).

Ugnen var trattformad hade ett innermått på 1,70 meter i diameter upptill och därunder 0,85 meter, 0,7 meter och 0,6 meter i diameter. Den var delvis uppbyggd av kantställda naturstenar, delvis av liggande stenar, 0,2-0,3 meter stora. Ugnens form inuti var cylindrisk/rund. Ytermåttet var ca 2 meter i diameter. Ugnen tolkas vara av Evenstadstyp (jfr Espelund 1999:17ff).



Figur 35. Blästerugnen, efter bortplockning av inrasade stenar och framrensning av den översta bottenskållan.



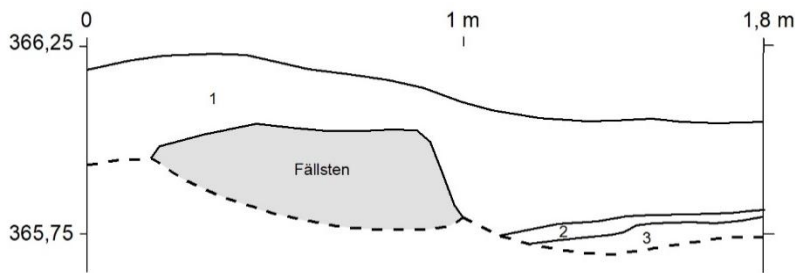
Ett schakt, schakt 1 (ca 1,8×0,3 meter), togs upp från ugnens yttervägg mot SV (figurer 36 och 38). I denna påträffades en fällsten, 0,75 meter lång, under ett lager med sotblandad jord och fällslag (0,01–0,03 meter tjockt) (lager 5). Fällstenen bedöms inte ha tillhört den utgrävda ugnen, p.g.a. övertäckningen.

Figur 36. En övertäckt fällsten (mitt i bild) påträffades i schaktet intill ugnen.



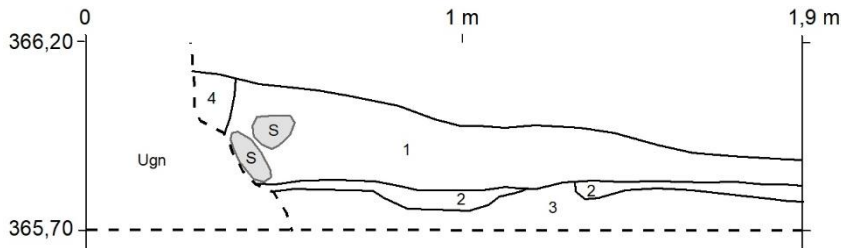
Ytterligare ett schakt, schakt 2 (ca 1,6×0,30 meter), togs upp från yttervägg och rakt ut från ugnen mot NV (figurer 37 och 39). Det visade på ett lager med sot-, kol- och slaggblandad jord (lager 6), 0,25 meter tjockt närmast ugnen och avtunnande till 0,07 meter i riktning bort från ugnen. Under detta fanns några tunnare partier med bleke och anrikning (gulaktig sand). Schaktet grävdes ned till steril jord.

Figur 37. Blästerugnen var uppbyggd i förhållande till omgivande marknivå. Provschakt mot ugnens yttervägg. Foto mot SV.



Figur 38. Sektionsritning SV om ugnen (schakt 1), ritning mot SSÖ. Skala 1:20.

Lagerbeskrivning: 1) fällslagg, sotblandad jord (L5); 2) vit sand; 3) orange sand.



Figur 39. Sektionsritning NV om ugnen (schakt 2), ritning mot VSV. Skala 1:20.

Lagerbeskrivning: 1) sot, kol, slaggblandad jord (L6); 2) vit sand; 3) orange sand; 4) Gul sand.

Slaggvarpen

Slaggvarp 1 låg i direkt anslutning och SSV om ugnen. Det var 4,5×1–2,5 meter stort och upp till 0,4 meter högt. Ett schakt (ca 2,7×0,6 meter) drogs genom slaggvarpets mitt i riktning Ö-V. Slagg med bränd lera samlades in från olika nivåer för analyser (prov 10) samt kol från slaggbitar i varpets topp och botten för ¹⁴C-datering (kolprov 3 och 4).

Kolprovet insamlat i slaggvarpets övre del har daterats till 1397–1447 och det från dess botten till 1535–1636 (2σ, 95,4% sannolikhet, bilaga 4).

En stor bit av en forma från inblåset på en ugn finns bland analysmaterialet (Prov 11) från slaggvarp 1 (figur 40).

Slaggvarp 2 låg 0,5 meter V om slaggvarp 1. Det var 4,3 meter i diameter och 0,2 meter högt. I dess Ö kant, mot läget för ugnen, fanns ett par stensamlingar som troligen är rester av raserade ugnar.

Ett schakt (3,8×0,6 meter) drogs genom varpets mitt i ungefärlig riktning N-S. Även här samlades slagg med bränd lera in från olika nivåer (prov 12 och 13) samt kol från topp och botten (kolprov 5 och 6).

Kolprovet insamlat i slaggvarpets övre del har daterats till 1302–1368 och det från dess botten till 1337–1395 (2σ, 95,4% sannolikhet, bilaga 4).



Figur 40. Bit av forma med bränd lera. Hålet för inblåset anas till vänster.

För volymbereäkning av slaggvarpen togs GPS-punkter över båda varpen. En grov volymmätning har sedan gjorts genom att terrängmodeller genererats av ytan och markplanet (slaggvarpets omkrets) genom GIS-bearbetning i ArcGIS Pro, vilka sedan har lagts samman för att beräkna volymen. Resultatet blev att slaggvarp 1 hade en total volym på 1,03 m³ och slaggvarp 2 på 2,85 m³. Beräkningar utifrån detta på total mängd slagg och färdigt järn redovisas nedan under tolkning och diskussion.

Malmlager

Ett 4,5–5,5×3 meter stort och 0,04–0,08 m tjockt lager med rostad malm (lager 7) fanns NÖ om ugnen. Lagret dokumenterades i plan med RTK-GPS och malmprov skickades för analys. I malmlagret påträffades flera bitar av ett bryne av s.k. Orsasten (F1).



Figur 41. Bryne i Orsasten (F1), en finkornig röd sandsten som bröts i dagbrott.

Tolkning och diskussion

Blästplatsen

Anläggningar och dateringar

Blästerugnen på blästplats L1945:8276 är av typen ”Evenstadsugn”, uppkallad efter en beskrivning av hur en ugn skulle uppföras redovisad av Ole Evenstad i hans avhandling från 1782 (Espelund 1999:17ff), alltså en låg stenbyggd schaktugn (Hjärthner-Holdar, Grandin & Forenius 2013:24; Grandin & Stålborg 2026:5 – Bilaga 5 i denna rapport). De är kallmurade, delvis ovan mark men själva ugnsschaktet är ned-/ingrävt i företrädesvis sluttande mark. Lufttillförseln har skett med hjälp av en blåsbälge vars munstycke har letts in från sidan. Det gick inte att konstatera exakt var bälgen har varit placerad i detta fall eftersom sidorna var för sammanrasade. Rester av en blästersköld med en trattformad blästeringång (forma) påträffades dock i slaggvarpet närmast ugnen. Blästerskölden är en lerpackning som täckt ingången till ugnen. I ugnen och slaggvarpen förekom även rester efter den inre fodringen av ugnen i form av bränd lera (Bilaga 5 s. 10ff).

Dateringarna från de olika nivåerna i ugnen har stor spännvidd och förefaller vid första anblicken ha en omvända ordning, alltså att den yngsta dateringen kommer från ugnens botten. Dateringarna faller dock till delar inom samma tidsperiod. Provet från ugnens botten daterades till 1452–1526 (53,4% sannolikhet inom 2σ), provet från ugnens mellanskikt till 1396–1474 (92,6% sannolikhet inom 2σ) och det från dess övre del till 1288–1477 (95,4% sannolikhet 2σ). Ser man till dateringen från ugnens övre parti så hamnar den i 1391–1442 med 42,5% sannolikhet, 1σ). Alla tre dateringar kan med andra ord föras till 1400-talet, företrädesvis århundradets första halva. Samtliga kolprover från blästplatsen härrör från tall (Antraco vedartsanalys, se bilaga 3). Analyserna av slaggen från ugnen bidrar till tolkningen av de något motsägelsefulla dateringarna, då det visade sig att ett slaggstycke från den undre bottenskållan som var i flera delar hade passning med den övre skållan – de härrör alltså från samma körning och materialet som fanns i ugnen måste ha kastats tillbaka dit i efterhand (Bilaga 5, s. 20).

Dateringarna från slaggarvarpen har en ännu större spännvidd. Slaggvarp 1, beläget närmast ugnen, fick de yngsta dateringarna. I detta fall har de definitivt en omvänd ordning, då dateringen från botten (1535–1636 med 62,5% sannolikhet 2σ , 1557–1601 med 31% sannolikhet 1σ) är yngre än den från toppen (1397–1447 med 93,5% sannolikhet 2σ). Dateringen från varpets övre del samstämmer med ugnens datering till 1400-tal, men dateringen från dess nedre del visar att platsen även har använts under 1500-talet och att någon form av omgrävning av materialet har skett.

Slaggvarp 2, som låg längre från ugnen och även innehöll stenar som tolkats som rester från äldre rivna ugnar, fick dateringar till 1300-tal: 1337–1395 i botten (55,2% sannolikhet 2σ) och 1302–1368 i toppen (71,2% sannolikhet 2σ). Sammantagna visar dateringarna från slaggarvarpen och ugnen att platsen varit i bruk från 1300-tal till 1500-tal. Slaggvarp 1, beläget längst från den kvarstående ugnen, är av äldre datering och innehåller som ovan nämnts även rester från äldre ugnar.

Den fällsten (en sten på vilken man har lagt järnluppen för vidare bearbetning) som framkom i schakt 1 var övertäckt av jordmassor och måste tillhöra den äldre fasen av järnframställning på platsen, då slaggarvarp 2 tillkom. Var bearbetningen av järnlupparna har gjorts i senare tid är oklart, men dateringarna av material från slaggarvarp 1 visar som ovan nämnts att platsen har varit utsatt för omgrävning vid ett sent tillfälle.

Malm och lera

Varifrån man har hämtat malmen som har bränts i ugnen är oklart, den rödaktiga jord som framkom i den närbelägna myren vid förundersökningen var inte malmhaltig. Men troligtvis kom malmen från en närbelägen myr eller sjö. Analys av malmprovet från malmupplaget visade på en rik malm med liten inblandning av annat material, dock överensstämde den innehållsmässigt inte med de slagger som fanns i ugnen vilket visar att man har hämtat malm från flera olika platser. Malmen som påträffades i lager 3 i ugnen utgjorde inte ren malm som gått oreducerad genom ugnen, utan en blandning av flera material som torde utgöra rester av det som blir kvar i ugnen efter att den har tömts (Bilaga 5, s. 19, 30f).

Leran som har använts för fodring av ugnen har sannolikt hämtats från de isälvsediment som finns omkring 100–150 meter öster om blästplatsen. Analyser av lerfodringen visade att leran hade förorenats med små fragment av slagg och sprutslag, vilket har tolkats som att ett lerupplag har funnits i närheten av fällstenen där järnluppen har bearbetats. Lerupplag har inte påträffats vid undersökningar av järnframställningsplatser, så detta är det första indirekta belägget på att sådana har funnits (Bilaga 5, s. 15ff).

Slagg och järnmängd

Det järn som har framställts på platsen, utifrån vad man kan se i det som finns impregnerat i slaggerna, har dominerats av kolfritt järn – dock förekommer även kolrikt järn (stål) och t.o.m. gjutjärn. För en mer ingående beskrivning av järnets kvalitet och egenskaper, se Bilaga 5.

Mängden järn som har producerats på platsen kan beräknas grovt utifrån mängden slagg i slaggvarpen, det bör dock noteras att beräkningsmodellerna innehåller många möjliga felkällor. Eftersom slaggen i varpen är uppblandad med kol och sand, och luftfickor som uppstår i anslutning till de ojämna slaggklumparna, så kan man räkna med att omkring hälften av varpets totala volym utgör själva slaggmängden. En m³ slagg väger ca 1 ton, och relationen i vikt mellan mängden slagg och mängden producerat järn är 0,7–1,1 (för beräkningsgrunder, se Olofsson 2023). Utifrån detta kan denna uppskattning göras:

Slaggvarp 1: Volym 1,03 m³ = 0,515 m³ slagg = 0,515 ton slagg = 0,36–0,57 ton järn.

Slaggvarp 2: Volym 2,85 m³ = 1,425 m³ slagg = 1,425 ton slagg = 1–1,57 ton järn.

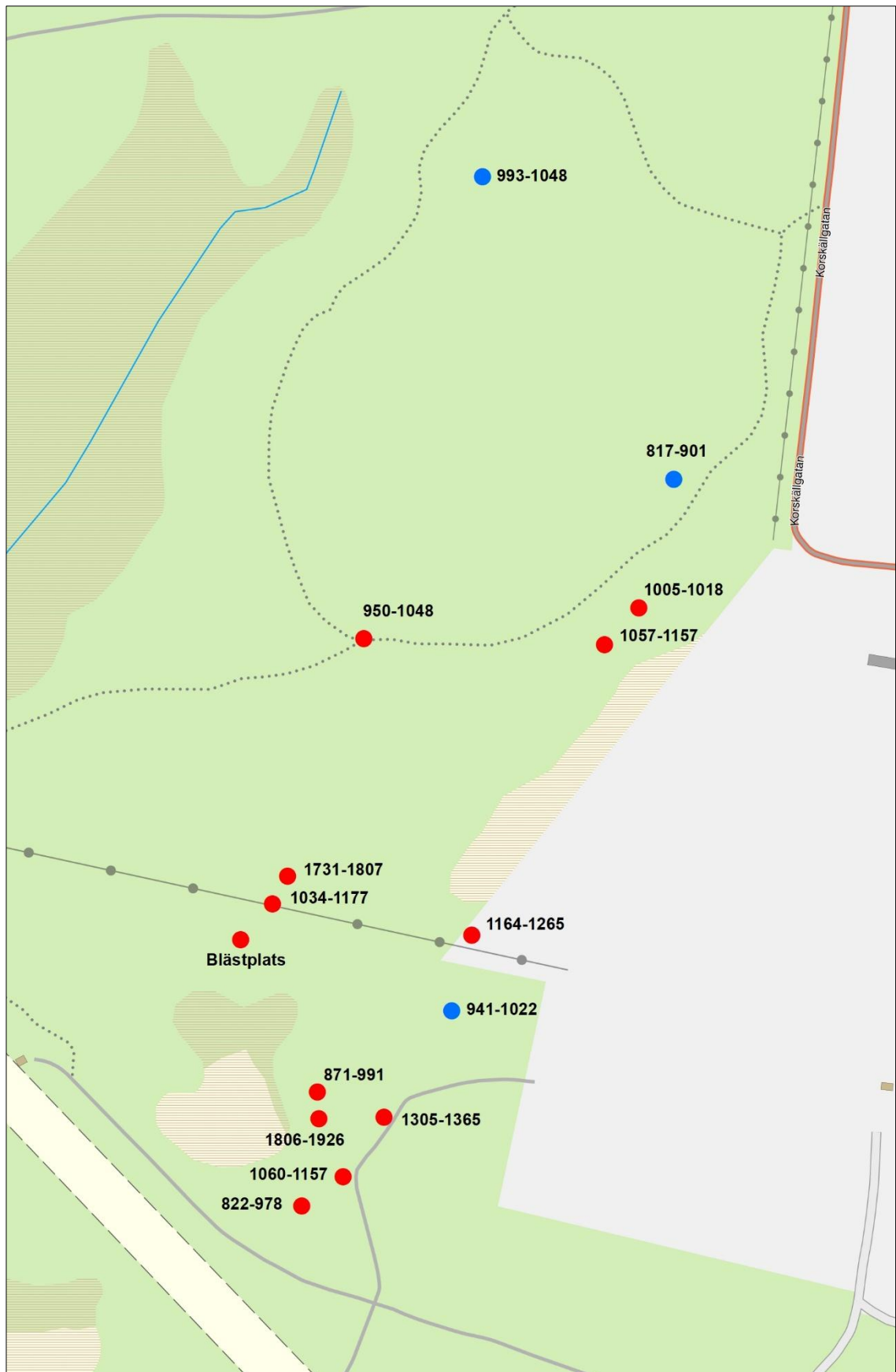
Totalt har således mellan 1,36 och 2,14 ton järn tillverkats under platsens användningstid, i grova drag ett halvt ton per århundrade om man slår ut siffrorna jämnt över tiden 1300-talet till 1500-talet. Moderna experiment med järnframställning i blästerugn har resulterat i 1–2 kilo färdigt ämnesjärn per körning/blåsning, men mängden beror förstås på hur mycket malm som har tillförts. Det finns historiska källor som omtalar att större mängder malm har använts, vilket har resulterat i omkring fyra kilo ämnesjärn efter smide av luppen (Engman 2023:22). Väljer man den högsta siffran för järnmängd/körning (4 kg) samt den lägsta siffran för relationen slagg/järn (0,7 kg järn per ton slagg) så innebär det att man ändå har framställt järn 340 gånger på denna plats om bara en ugn har varit i bruk samtidigt.

Analyserna av keramiskt material (lera) som har utförts har kunnat påvisa att ugnen/ugnarna troligtvis har klätts om med ny lerfordring efter få eller till och med efter varje körning. Resterna av lerfordring uppvisar få tecken på att ha hettats upp flera gånger, och inga lagningar. Möjligen har hela eller delar av ugnskonstruktionen satts om ganska ofta (Bilaga 5, s. 12f).

Liggmilorna

De 11 kolbottnarna efter liggmilor som har undersökts, nio endast genom grävning av ett mindre schakt för insamling av kolprov och undersökning av lagerbild, var alla av samma karaktär. De var rundat rektangulära och till storleken huvudsakligen omkring 6–8×5–6 meter. Någon tydlig skiktning som indikerar flera kolningar på samma plats kunde inte ses. Dateringarna ligger i huvudsak i vikingatid/tidig medeltid (figur 42). Några undantag finns, L1945:8224 fick en 1300-talsdatering, och L1945:8291 samt L1945:8294 fick sena dateringar i 1700- och 1800-tal. Med tanke på att övriga likadana kolbottnar i området har fått så samstämmiga dateringar kan det misstänkas att de två sistnämnda proverna har kontaminerats med mer sentida material från yngre verksamheter eller händelser. Samtliga kolprover har genom vedartsanalys konstaterats vara från tall, med låg till måttlig egenålder (Antraco vedartsanalys, se bilaga 3).

Dateringarna av kolbottnarna visar inget tidsmässigt samband med blästplatsen (jfr figur 42 ovan). Denna diskrepans är märklig, men samma kunde noteras i samband med undersökningarna av två blästplatser och en kolbotten utanför Älvros 2023. Där låg dock den undersökta kolbotten längre ifrån blästplatserna (600–750 meter). Ugnarna utanför Älvros tolkades ha eldats med ved och inte med kol, huvudsakligen eftersom inga spår efter kolupplag eller kollager fanns på blästplatserna (Jonsson 2024a:26). Samma kan gälla för den i denna rapport aktuella blästplatsen, men då blir frågan vad all kol som har producerats under vikingatid/tidig medeltid har använts till? Ett klart samband mellan rektangulära liggmilor och blästplatser har konstaterats vid inventeringar i denna del av Härjedalen, och tidigare dateringar har även påvisat samtidighet mellan kolbottnar och närliggande blästplatser (Fogelberg 2023; Jonsson 2023). Möjligen kan den här aktuella blästplatsen ha använts sedan vikingatid/tidig medeltid, men spåren efter de äldsta faserna kan ha förstörts av senare tiders bruk.



Figur 42. Daterade kolbottnar efter liggmilor. På planen ses även de tre som undersöktes 2024 (blå prickar) samt läget för blästplatsen. Underlagskarta från Lantmäteriet (Topografiska webbkartan). Skala 1:3000.

Avslutande kommentarer

Undersökningarna har bidragit med ytterligare kunskaper om den omfattande järnhantering som har bedrivits i Härjedalen under vikingatid och medeltid. Kolningen, i just det här aktuella området vid Svegs industriområde, förefaller ha varit mest omfattande under vikingatid och tidig medeltid. Tidigare forskning har dock visat att dateringar av liggmilor spänner över hela tidsperioden från vikingatid till tidigmodern tid. Samma gäller blästplatserna, där de äldsta dateringarna kommer från slagghvarp (jfr Jonsson & Olofsson 2023:91f). Slaggmängden och dateringarna visar att man har använt samma platser under århundraden, men dateringarna av ugnarna pekar av naturliga skäl i huvudsak på den sista användningsperioden.

Utvärdering av undersökningsplan

Undersökningarna har följt undersökningsplanerna och uppfyllt de angivna syftena. I de fall endast ett kollager påträffades i kolbottarna skickades endast ett prov för vedarts- och ^{14}C -analys från varje kolbotten in för analys, istället för två som stod i undersökningsplanen. Fler prover skickades istället in från blästplatsen. Då det visade sig vara två slagghvarp i stället för ett togs prover från båda. Flera kolprover togs också i ugnens olika lager, då den föreföll ha bränts flera gånger utan att den understa bottenskållan tagits bort. I budgeten för slutundersökningen hade det kostnadsberäknats för 8 kolprover. 10 skickades in för analys. Detta bedöms inte påverka budget nämnvärt, då andra poster som t.ex. frakt blev billigare.

Målet med undersökningen av ugnen var att dokumentera spår av konstruktionen. Utifrån Jamtlis tidigare erfarenhet av undersökningar av blästplatser, valdes att gräva ugnen i plan. Att riva ugnen för att gräva i sektion verkade för riskfyllt då konstruktionen kunde rasa. Det bedömdes också som tveksamt vilken ytterligare information det skulle kunna ge.

Administrativa uppgifter

Länsstyrelsens diarienummer:	6236-2025, 75-2025
Uppdragsnummer Fornreg:	202500228, 202501687
Undersökningstid:	Juni–juli och oktober 2025
Personal:	Maj: Annabell Fogelberg, Kristina Jonsson. Oktober: Lars-Inge Lööv, Terese Olofsson.
Undersökt yta:	Maj:
Läge:	L1945:8224: X6878296, Y465138 L1945:8256: X6878612, Y465285 L1945:8273: X6878638, Y465307 L1945:8291: X6878294, Y465093 L1945:8292: X6878236, Y465081 L1945:8294: X6878457, Y465072 L1945:8308: X6878418, Y465195 L1945:8309: X6878313, Y465092 L2019:3123: X6878256, Y465109 L2019:3125: X6878437, Y465064 L2019:3129: X6878616, Y465123
Koordinatsystem:	SWEREF 99 TM
Dokumentationsmaterial:	Sektionsritningar, digitala fotografier och GIS-data förvaras i Jamtlis arkiv.
Fynd:	F1, bryne. Förvaras i Jamtlis fyndmagasin i väntan på fyndfördelning.

Referenser

- Engman, A. 2023. Järnframställning: historik och tillvägagångssätt. *Sotdalarna. En bok om järnframställning i Härjedalen*, s. 9–23. Fornvårdaren 42. Östersund.
- Espelund, A. 1999. *Bondejern i Norge. Med kildeskrevet til bonde og lensmann Ole Evenstad fra Stor-Elvdal, trykt i 1790*. Trondheim.
- Fogelberg, A. 2023. Dateringar av blästplatser och kolbottnar 2019. *Sotdalarna. En bok om järnframställning i Härjedalen*. Fornvårdaren 42, s. 28–35. Östersund.
- Hjärthner–Holdar, E, Grandin, L & Forenius, S. 2013. Blästbruk–finns det en systematik mellan tid, rum och typ? *Ovnstypologi og ovnskronologi i den Nordiske jernvinna. Jernvinna i Oppland. Symposium på Kittilbu, 16.-18. Juni 2009* (red. B. Rundberget, J. H. Larsen & T. H. Borse Haraldsen), s. 24–38. Kulturhistorisk museum. Oslo.
- Jonsson, K. 2023. Järnhantering och bebyggelseutveckling. *Sotdalarna. En bok om järnframställning i Härjedalen*. Fornvårdaren 42, s. 37–55. Östersund.
- Jonsson, K. 2024a. *Två medeltida blästplatser och en liggmila från 1500-talet. Arkeologiska undersökningar. Fornlämningar L1945:5135, L1945: 9225 och L2022:10033, Älvros socken, Härjedalens kommun, Jämtlands län*. Stiftelsen Jamtli – Rapport 2024:12. ISSN 1654-2045.
- Jonsson, K. 2024b. *Vikingatida kolbottnar efter liggmilor i Sveg. Arkeologiska förundersökningar av fornlämningar L1945:8255, L1945:8275, L2019:3124. Sveg socken, Härjedalens kommun, Jämtlands län*. Stiftelsen Jamtli – Rapport 2024:29. ISSN 1654-2045.
- Jonsson, K. & Olofsson, K-J. (red). 2023. *Sotdalarna. En bok om järnframställning i Härjedalen*. Fornvårdaren 42. Östersund.
- Olofsson, K-J. 2015. *2014 års fornminnesinventering i Jämtlands län. Härjedalens kommun. Rapport – Jamtli 2015:7*, ISSN 1654-2045. Östersund.
- Olofsson, K-J. 2016. *2015 års fornminnesinventering i Jämtlands län. Härjedalens kommun. Rapport – Jamtli 2016:9*, ISSN 1654-2045. Östersund.
- Olofsson, K-J. 2017. *2016 års fornminnesinventering i Jämtlands län. Härjedalens kommun. Rapport – Jamtli 2017:6*, ISSN 1654-2045. Östersund.
- Olofsson, K-J. 2023a. Antikvarisk bedömning av liggmilor. *Sotdalarna. En bok om järnframställning i Härjedalen*. Fornvårdaren 42, s. 24–27. Östersund.
- Olofsson, K-J. 2023. Järnproduktion i trakterna kring Sveg och Älvros. *Sotdalarna. En bok om järnframställning i Härjedalen*. Fornvårdaren 42, s. 57–73. Östersund.

Bilagor

Bilaga 1. Fynd

Fyndnr	Sakord	Material	Antal	Vikt, g	Beskrivning
1	Bryne	Sandsten	1	280	Röd Orsasten, bruten i 9 delar

Bilaga 2. Lagerbeskrivningar

Lager	Typ	Tjocklek (m)	Innehåll
1	Lager i ugn	0,01	Bränd lera
2	Lager i ugn, över bottenskålla 1	0,05–0,1	Slagg, kol, sot
3	Lager i ugn, under bottenskålla 1	0,08	Slaggpärlor, krossad slagg, sot- och kolblandad sand
4	Lager i ugn, under bottenskålla 2	0,1	Slagg, kol, sot
5	Lager i schakt 1 mot ugnens yttersida	0,01–0,03	Sotblandad jord och fällslagg
6	Lager i schakt 2 mellan ugn och slagghvarp	0,07–0,25	Sot-, kol- och slaggblandad jord, tjockast närmast ugnen
7	Malmlager	0,04–0,08	Rostad malm

Antraco

vedartsanalys

Projektid 2901

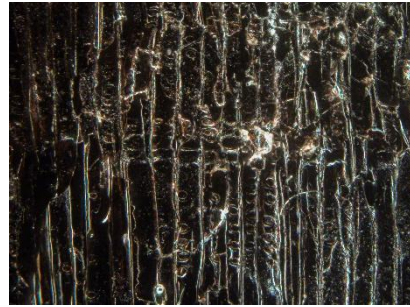
Härjedalen, Svegs kommun och socken, Sveg 6:5 och Kopparslagaren 3, Kolningsanläggningar

Samtliga prover rensades från sand, obrända växtdelar och i några fall träflis samt en del markvegetation. I proverna förekom förkolnad tall. I ett fall, L1945:8294, fanns även kottefjäll och bark samt tre små flisor av ben. Provet dateras med förkolnad bark KP5. Man kan även förvänta sig låg till måttlig egenålder från proverna i L1945:8224 och L1745:8309 KP9 som innehöll splintved och förkolnad bark. Ett flertal av proverna innehöll förkolnad stam med avtryck av inneslutna kvistar på 2 till mer än 3 cm (L1945:8256 KP4, L1945:8291 KP11, L1945:8309 KP11, L2019:3125 KP6, L2019:3129 KP1, L2019:3129 KP2).

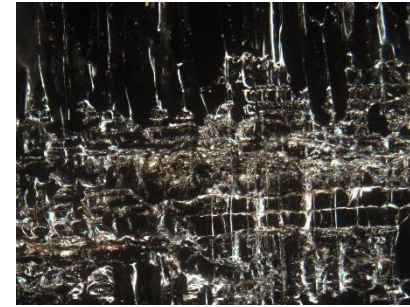
Dessa prover skapar ett intressant problem då trädet fortsatt växa, men grenen blivit överväxt. Grenarna är förhållandevis grova och antyder relativt grova stammar. För datering valdes inte kvisten utan träkolet från stammen då årsringarna från grenen härrör från ett äldre skede i tillväxten. Två prover har rötat före de hamnat i milan. L1945:8273 KP3 var även inte helt förkolnad. L1945:8309 KP10 var rötad, men helt genombränd.

Lämningsnummer	Anläggningstyp	Provnr	Vikt (g)	Analyserad vikt (g)	Fragment	Analyserat antal	Kommentar	Material	Antal	Art	Kategori
L1945:8224	Kolbotten	KP12	0,2	0,2	11	11	Rötad gren	Träkol	11	Tall	Kolningsanläggning
L1945:8256	Kolbotten	KP4	5,41	4,85	över 70	30	Stam samt inneslutna kvistar ca 2 cm	Träkol	30	Tall	Kolningsanläggning
L1945:8273	Kolbotten	KP3	4,87	1,83	över 100	30	Delvis rötad, ej helt förkolnad stam	Träkol	3	Tall	Kolningsanläggning
L1945:8291	Kolbotten	KP11	2,29	2,29	9	9	Spår av inneslutna kvistar på ca 2 cm	Träkol	9	Tall	Kolningsanläggning
L1945:8294	Kolbotten	KP5	2	0,94	över 100	43	Stam	Träkol	30	Tall	Kolningsanläggning
L1945:8294	Kolbotten	KP5	2	0,94	över 100	43	Vald för datering	Förkolnade	9	Bark	Kolningsanläggning
L1945:8294	Kolbotten	KP5	2	0,94	över 100	43	Kottefjäll tall	Förkolnade	4	Växtdelar (träd/buskar)	Kolningsanläggning
L1945:8294	Kolbotten	KP8	0,47	0,47	16	16	Stam	Träkol	16	Tall	Kolningsanläggning
L1945:8309	Kolbotten	KP9	0,85	0,52	11	11	Splint med bark	Träkol	11	Tall	Kolningsanläggning
L1945:8309	Kolbotten	KP10	11,35	9,31	över 200	30	Delvis rötad	Träkol	30	Tall	Kolningsanläggning
L2019:3125	Kolbotten	KP7	3,71	3,71	14	14	Stam samt inneslutna kvistar om 2 cm	Träkol	14	Tall	Kolningsanläggning
L2019:3125	Kolbotten	KP6	5,27	5,27	16	16	Kärnved	Träkol	16	Tall	Kolningsanläggning
L2019:3129	Kolbotten	KP1	21,87	20,25	över 200	30	Stam spår av inneslutna kvistar med diam. över 3 cm	Träkol	30	Tall	Kolningsanläggning
L2019:3129	Kolbotten	KP2	9,66	6,41	över 100	30	Inneslutna kvistar över 2 cm	Träkol	30	Tall	Kolningsanläggning

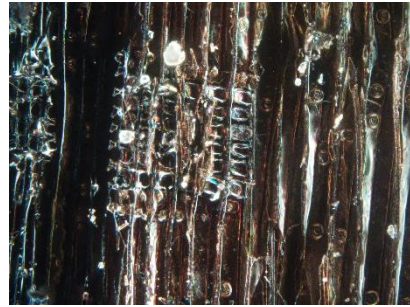
L1945:8224 KP12



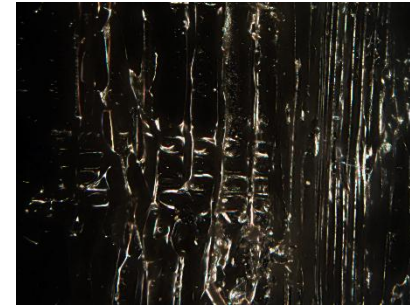
L1945:8256 KP4



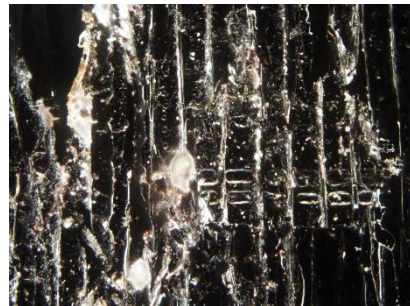
L1945:8273 KP3



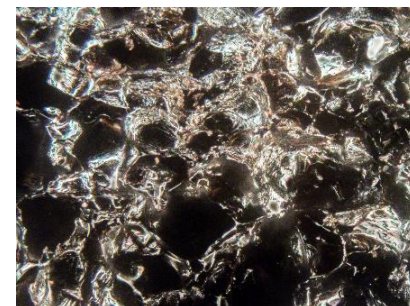
L1945:8291 KP11



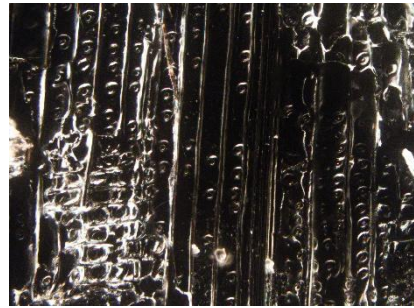
L1945:8294 KP5



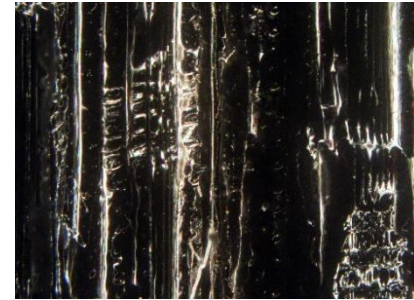
L1945:8294 KP8



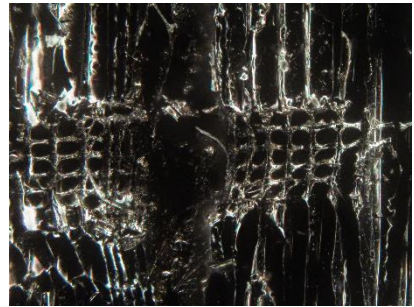
L1945:8309 KP9



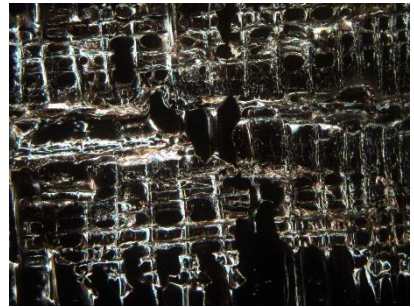
L1945:10



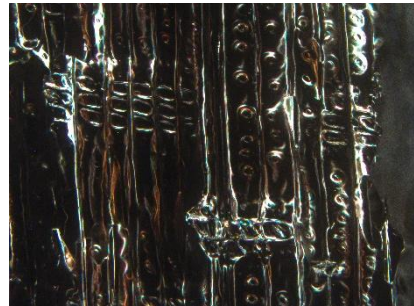
L2019:3125 KP7



L2019:3125 KP6



L2019:3129:KP2



L2019:3129 KP1



Bilaga 3. Vedartsanalyser
3b: Slutundersökningar

Antraco

vedartsanalys

ProjektId 2943

Härjedalen, Svegs kommun och socken, Sveg 6:5, L2019:3123, kolningsanläggning, L1945:8292

(Sveg 876) kolningsanläggning samt L1945:8276 (Sveg 874), blästplats

L2019:3123

Kolbotten, Lager 1, Kp 2

Vikt (g)	Analyserad vikt (g)	Fragment	Analyserat antal	Tall	Kommentar
30,30	30,30	1	1	1	Ett större stycke från en ung stam. Prov taget från yttre årsring med spår av innerbark

L1945:8292

Kolbotten, Lager 1, KP 1

Vikt (g)	Analyserad vikt (g)	Fragment	Analyserat antal	Tall	Kommentar
20,81	18,11	Över 100	30	30	Sekundärt sönderbrutet träkol från välvuxen tall En innesluten kvist på nära 2 cm antyder måttligt hög egenålder. Träkolet ej helt genombränt

L1945:8276

Slaggvarp 1, KP 3

Vikt (g)	Analyserad vikt (g)	Fragment	Analyserat antal	Tall	Kommentar
1,69	1,69	33	33	33	Stam av tall. Lättfragmenterat, lätt rötat före förbränning.

Slaggvarp 1, KP 4

Vikt (g)	Analyserad vikt (g)	Fragment	Analyserat antal	Tall	Kommentar
1,66	1,66	17	17	17	Stam av tall. Hårt bränd och rötad före förbränning.

Slaggvarp 2, KP 5

Vikt (g)	Analyserad vikt (g)	Fragment	Analyserat antal	Tall	Kommentar
0,94	0,94	10	10	10	Frisk, men hårt bränd. Cellstrukturen delvis utfränt.

Slaggvarp 2, KP 6

Vikt (g)	Analyserad vikt (g)	Fragment	Analyserat antal	Tall	Kommentar
3,24	3,24	26	26	26	Välvuxen tall. Sekundärt fragmenterad. Stam.

Ugn, KP 7

Vikt (g)	Analyserad vikt (g)	Fragment	Analyserat antal	Tall	Kommentar
0,007	0,007	3	3	3	Huvudsakligen förna och oförkollnade rottrådar. Tre mycket små fragment av tall togs tillvara.

Ugn, KP 8

Vikt (g)	Analyserad vikt (g)	Fragment	Analyserat antal	Tall	Kommentar
0,63	0,63	11	11	11	Rötat och hårt bränt träkol. Mycket lättfragmenterat.

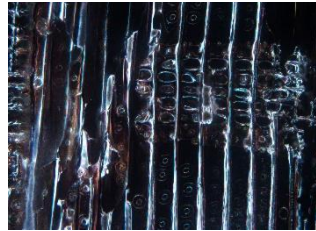
Ugn, KP 9

Vikt (g)	Analyserad vikt (g)	Fragment	Analyserat antal	Tall	Kommentar
0,28	0,28	5	5	5	Rötat och hårt bränt träkol. Mycket lättfragmenterat. Blå irisering utefter cellväggarna samt kraftig vitgrå beläggning.

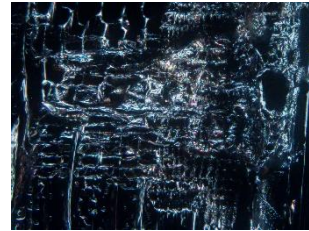
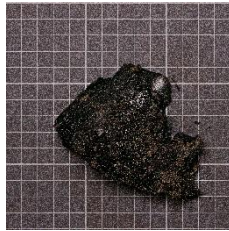
Ugn, KP 10

Vikt (g)	Analyserad vikt (g)	Fragment	Analyserat antal	Tall	Kommentar
0,035	0,035	4	4	4	Rötat och hårt bränt träkol. I likhet med föregående iriserande beläggning utefter cellväggarna.

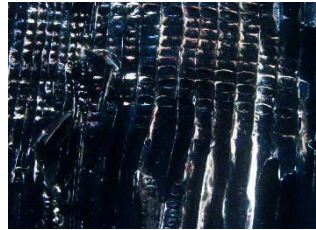
L2019:3123, KP 2



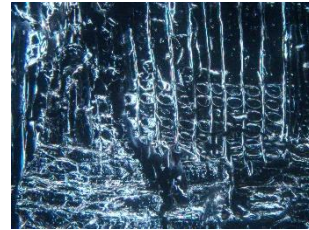
L1945:8292, KP 1



L1945:8276, KP 3



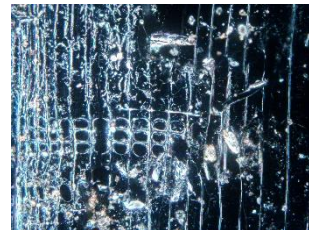
L1945:8276, KP 4



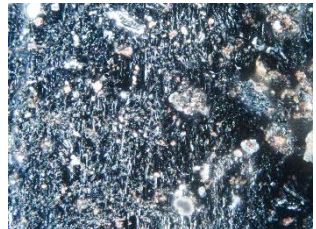
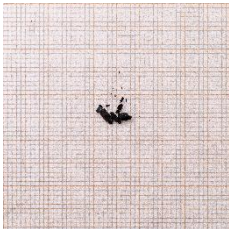
L1945:8276, KP 5



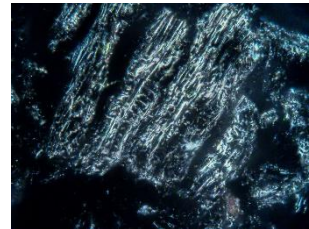
L1945:8276, KP 6



L1945:8276, KP 7



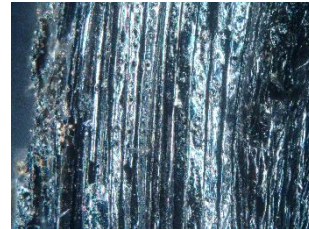
L1945:8276, KP 8



L1945:8276, KP 9



L1945:8276, KP 10





UPPSALA
UNIVERSITET

Ångströmlaboratoriet
Tandemlaboratoriet

Kol-14 gruppen

Besöksadress:
Ångström Laboratoriet
Regemenstvägen 10
752 37 Uppsala

Postadress:
Box 529
751 21 Uppsala

Telefon:
018 – 471 3124

Hemsida:
www.uu.se/centrum/tandemlab

E-post:
radiocarbon@physics.uu.se

Annabell Fogelberg
Jamtli
Box 709
831 28 ÖSTERSUND

Resultat av ¹⁴C datering av träkol från Sveg, Härjedalen. (p 6965)

Förbehandling av träkol:

1. Synliga rottrådar borttages.
2. 1 % HCl tillsätts (10 h, under kokpunkten) (karbonat bort).
3. 1 % NaOH tillsätts (10 h, under kokpunkten). Detta steg upprepas tills den lösliga delen inte längre är mörkfärgad.

Löslig fraktion fälls genom tillsättning av konc. HCl. Fällningen som till största delen består av humusmaterial, tvättas, torkas och benämns fraktion SOL. Olöslig del, som benämns INS, består främst av det ursprungliga organiska materialet. Denna fraktion ger därför den mest relevanta åldern. Fraktionen SOL däremot ger information om eventuella föroreningars inverkan.

Före mätningen av ¹⁴C-innehållet i acceleratorn förbränns det tvättade och intorkade materialet, surgjort till pH 3, till CO₂-gas som i sin tur grafiteras genom en Fe-katalytisk reaktion. I den aktuella undersökningen har fraktionen INS daterats.

RESULTAT

Labnummer	Prov	δ ¹³ C‰ V-PDB	¹⁴ C ålder BP
Ua-89724	L2019:3125 kolprov 2, botten	-26,0	927 ± 29
Ua-89725	L2019:3125 kolprov 6, topp sveg	-25,1	988 ± 30
Ua-89726	L2019:3129 kolprov 1, topp	-25,5	1 021 ± 30
Ua-89727	L2019:3129 kolprov 2, botten sveg	-25,8	1 057 ± 30
Ua-89728	L1945:8224 kolprov 12, sveg	-25,4	583 ± 29
Ua-89729	L1945:8256 kolprov 4, sveg	-26,2	966 ± 30
Ua-89730	L1945:8273 kolprov 3, sveg	-26,0	1 094 ± 30
Ua-89731	L1945:8291 kolprov 11, sveg	-25,0	93 ± 30 ¹
Ua-89732	L1945:8294 kolprov 5	-26,5	211 ± 29
Ua-89733	L1945:8308 kolprov 8 sveg	-27,4	838 ± 30
Ua-89734	L1945:8309 kolprov 9, sveg	-25,7	1 142 ± 30
Ua-89735	L1945:8309 kolprov 10, sveg	-25,0	1 124 ± 30

¹ Det uppmätta värdet ligger väldigt nära den nutida atmosfäriska koncentrationen av ¹⁴C och har därför en viss sannolikhet att vara yngre än 1950.

Bifogat finns graf(er) med kalibrering från BP-ålder till kalenderår.

Med vänliga hälsningar

Karl

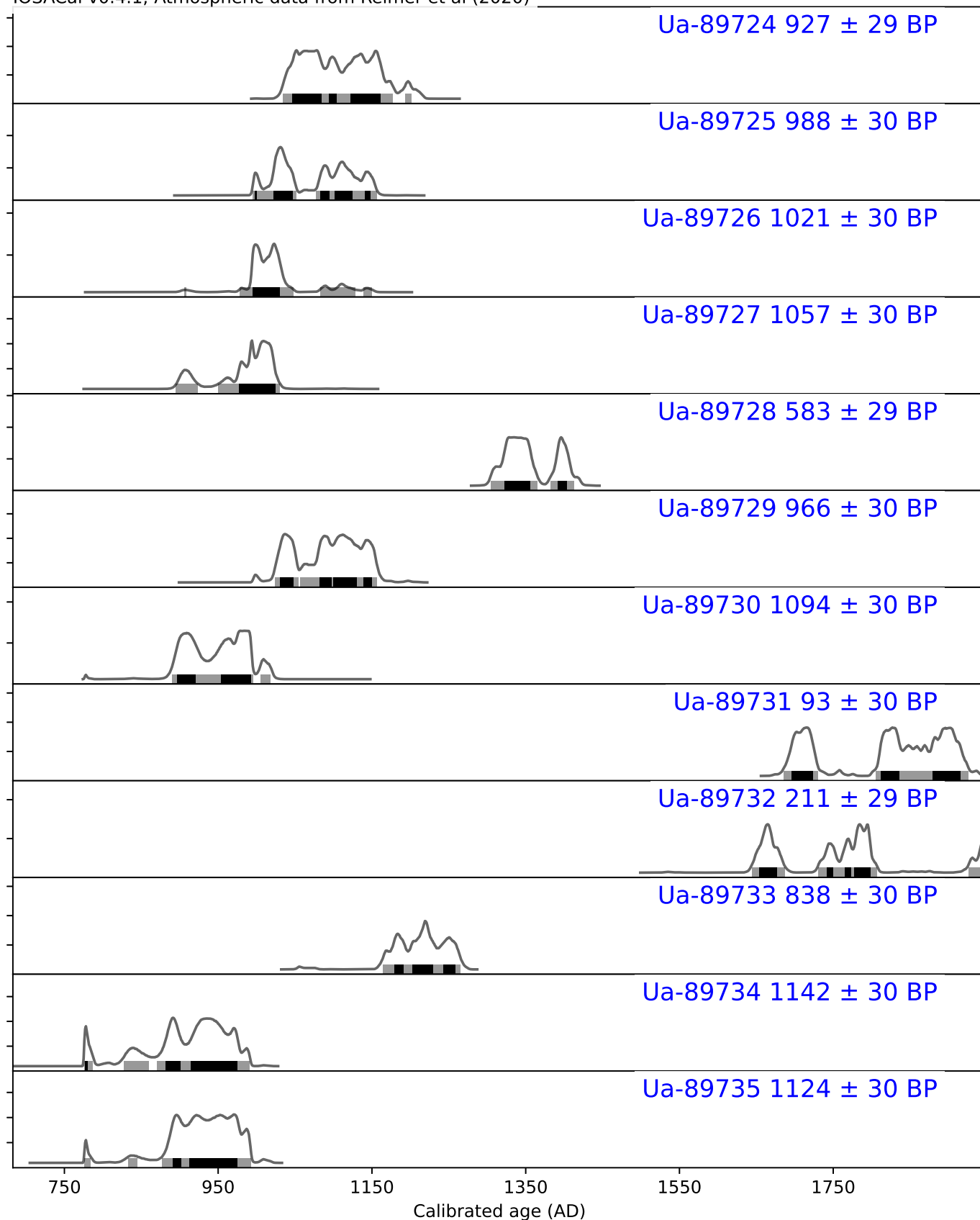
Håkansson

Elektroniskt undertecknad
av Karl Håkansson
Datum: 2025.09.23
15:31:57 +02'00'

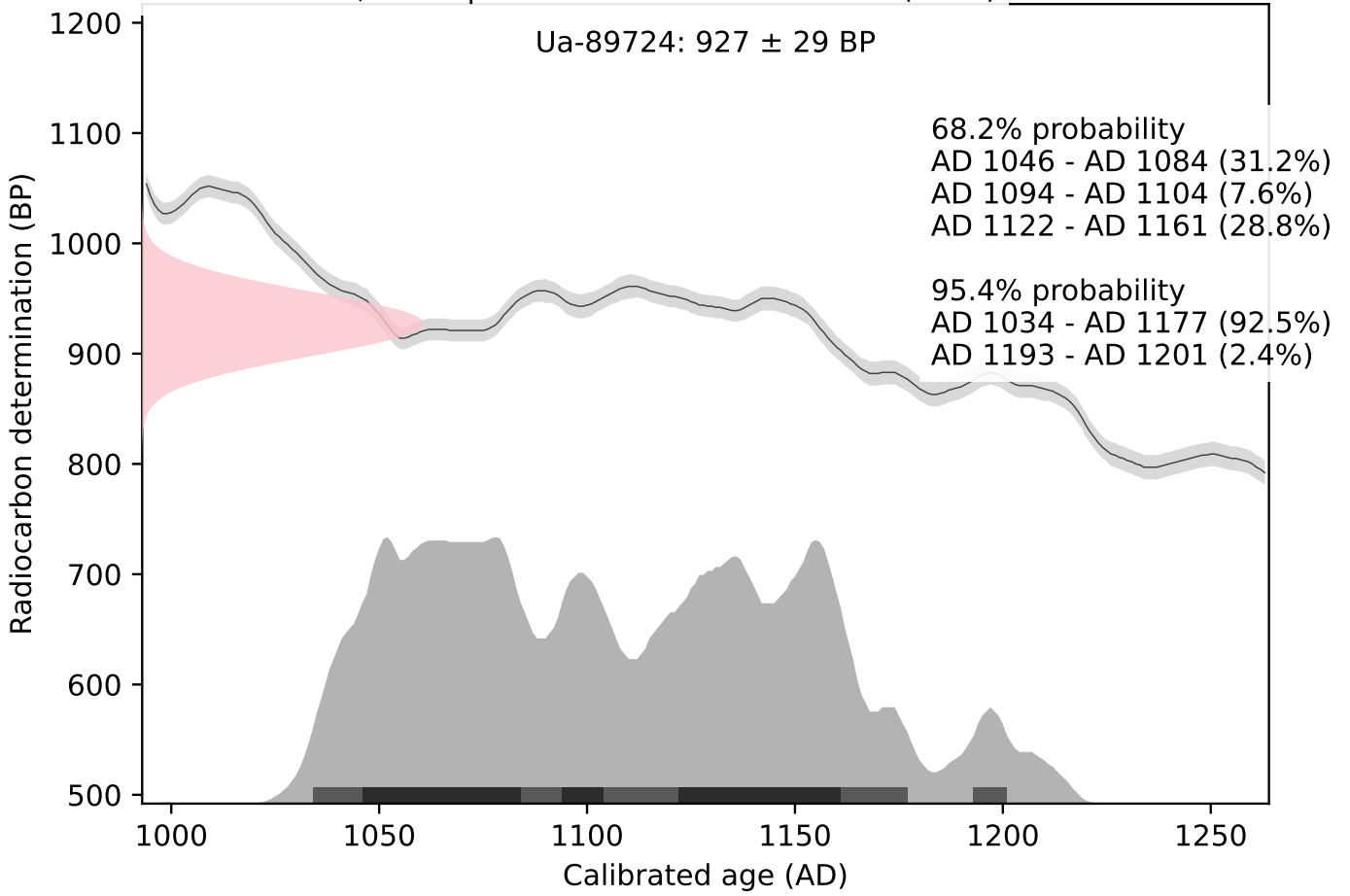
Karl Håkansson/Daniel Primetzhofner

Kalibreringskurvor

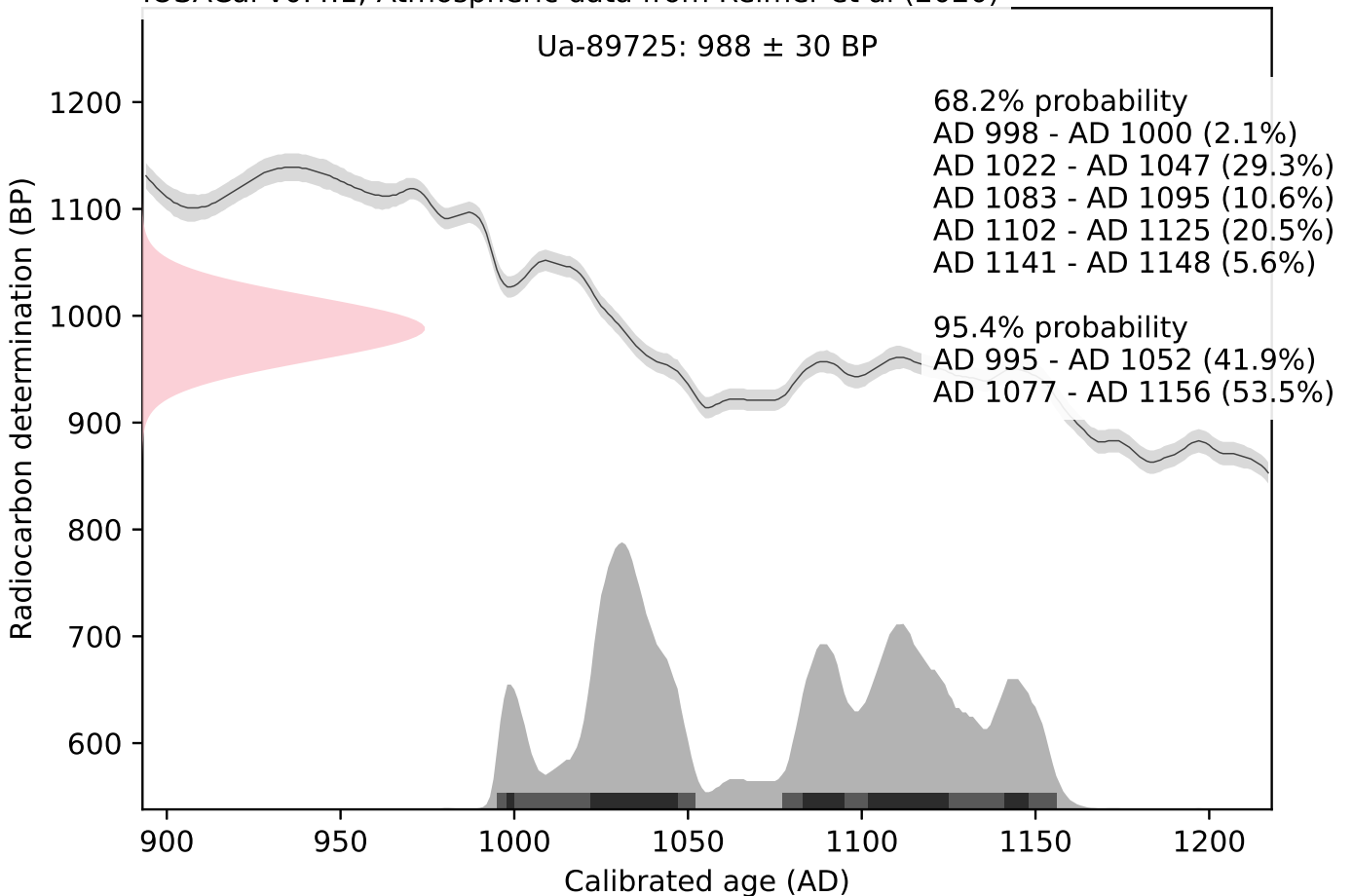
IOSACal v0.4.1; Atmospheric data from Reimer et al (2020)

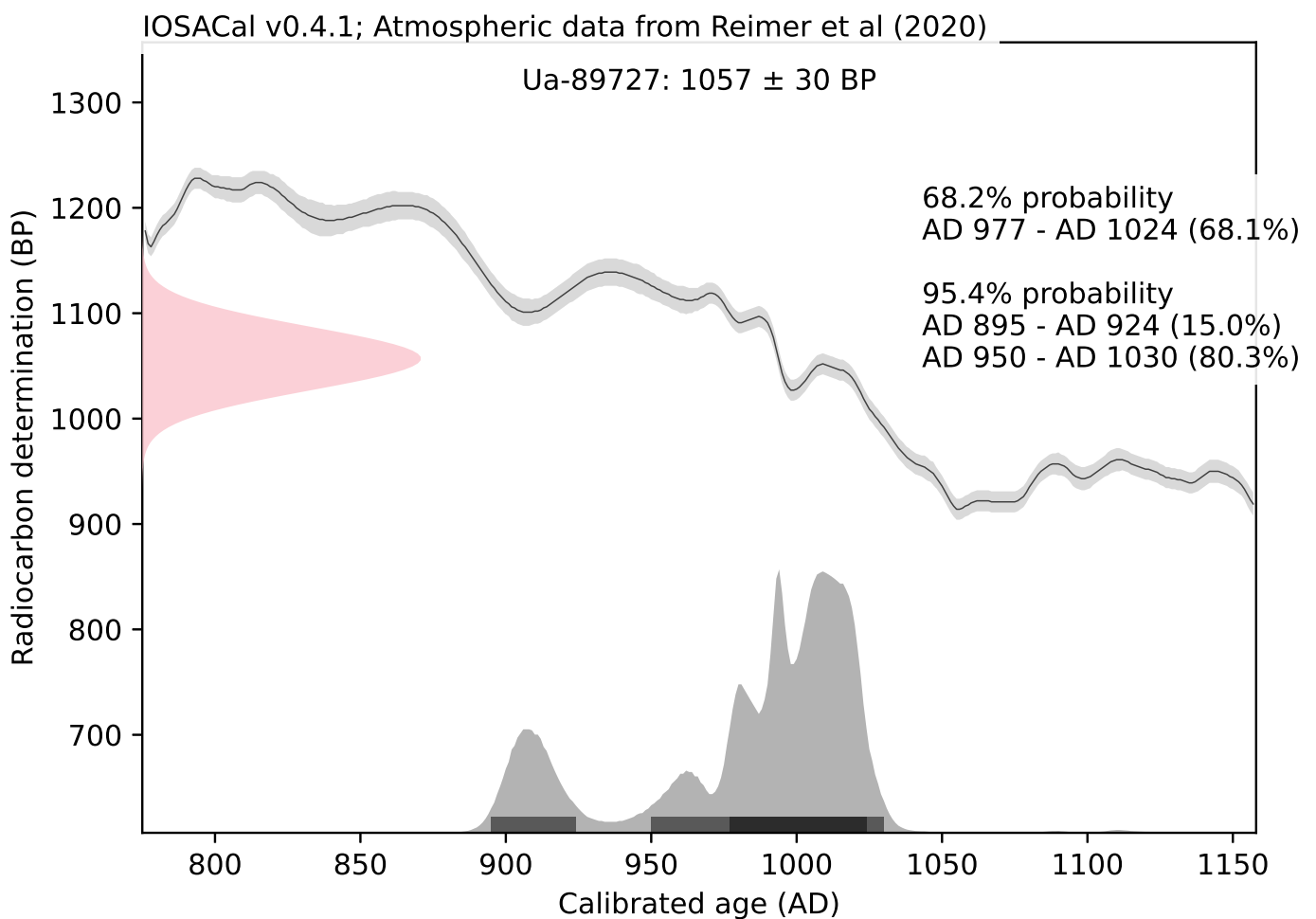
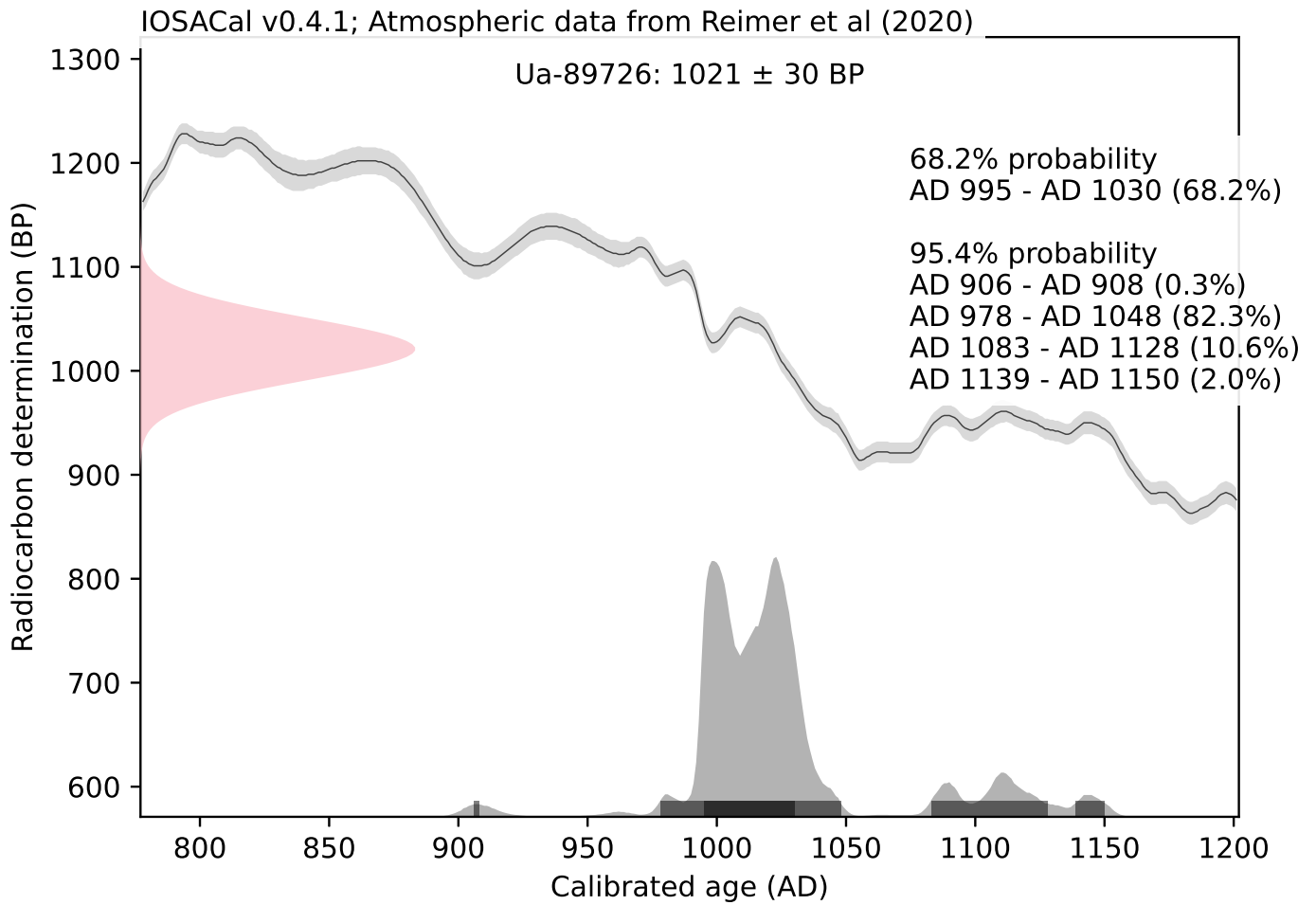


IOSACal v0.4.1; Atmospheric data from Reimer et al (2020)

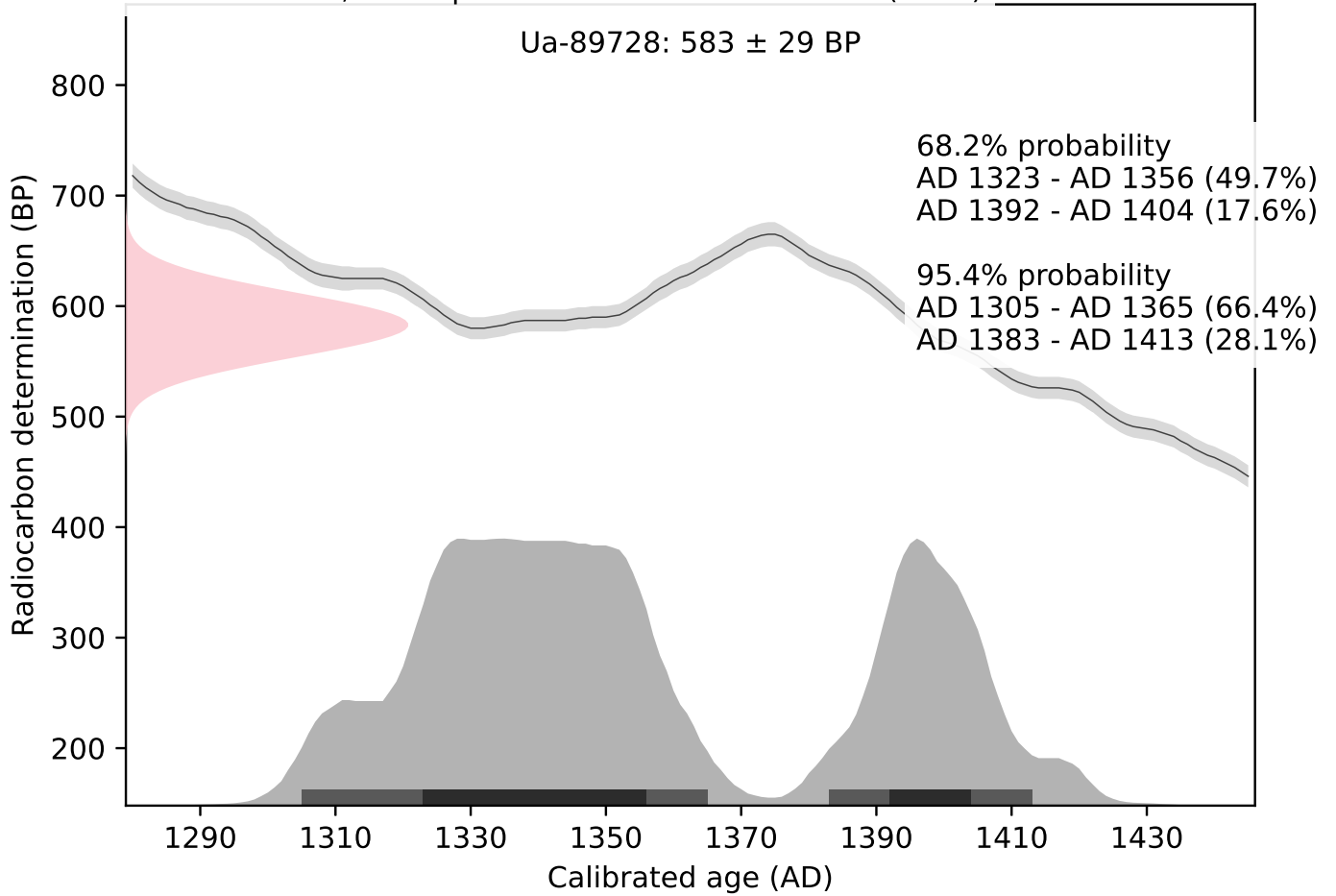


IOSACal v0.4.1; Atmospheric data from Reimer et al (2020)

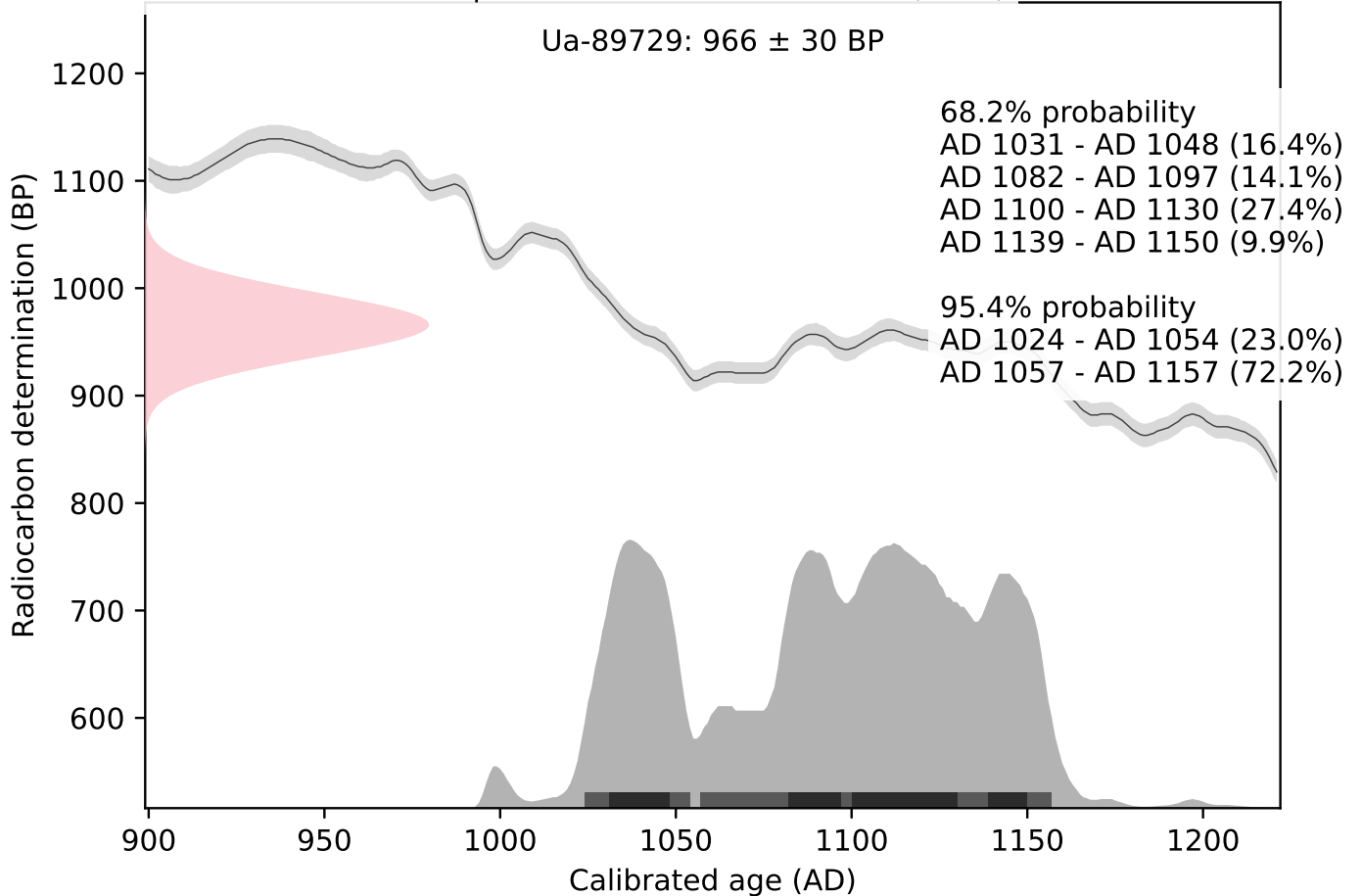




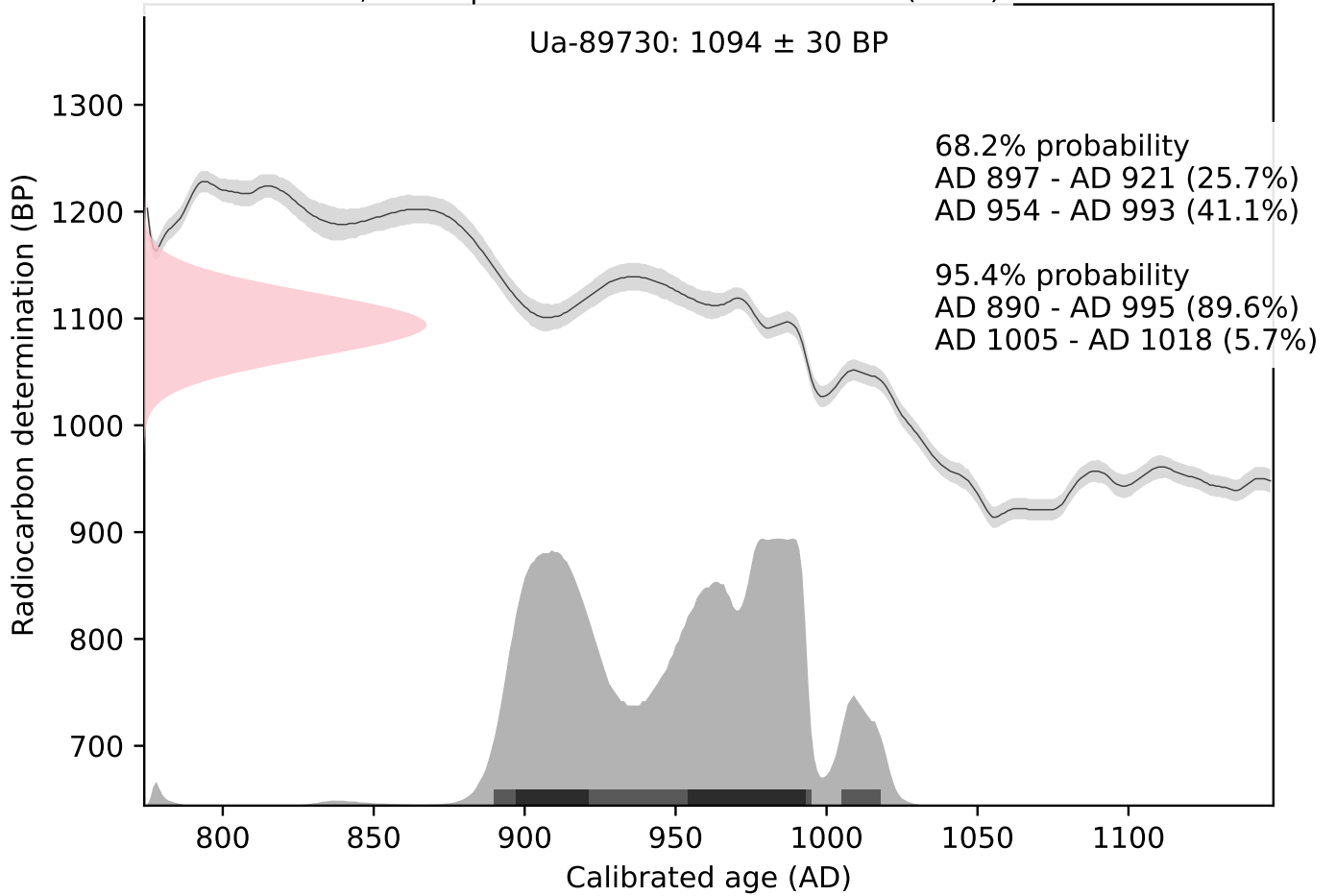
IOSACal v0.4.1; Atmospheric data from Reimer et al (2020)



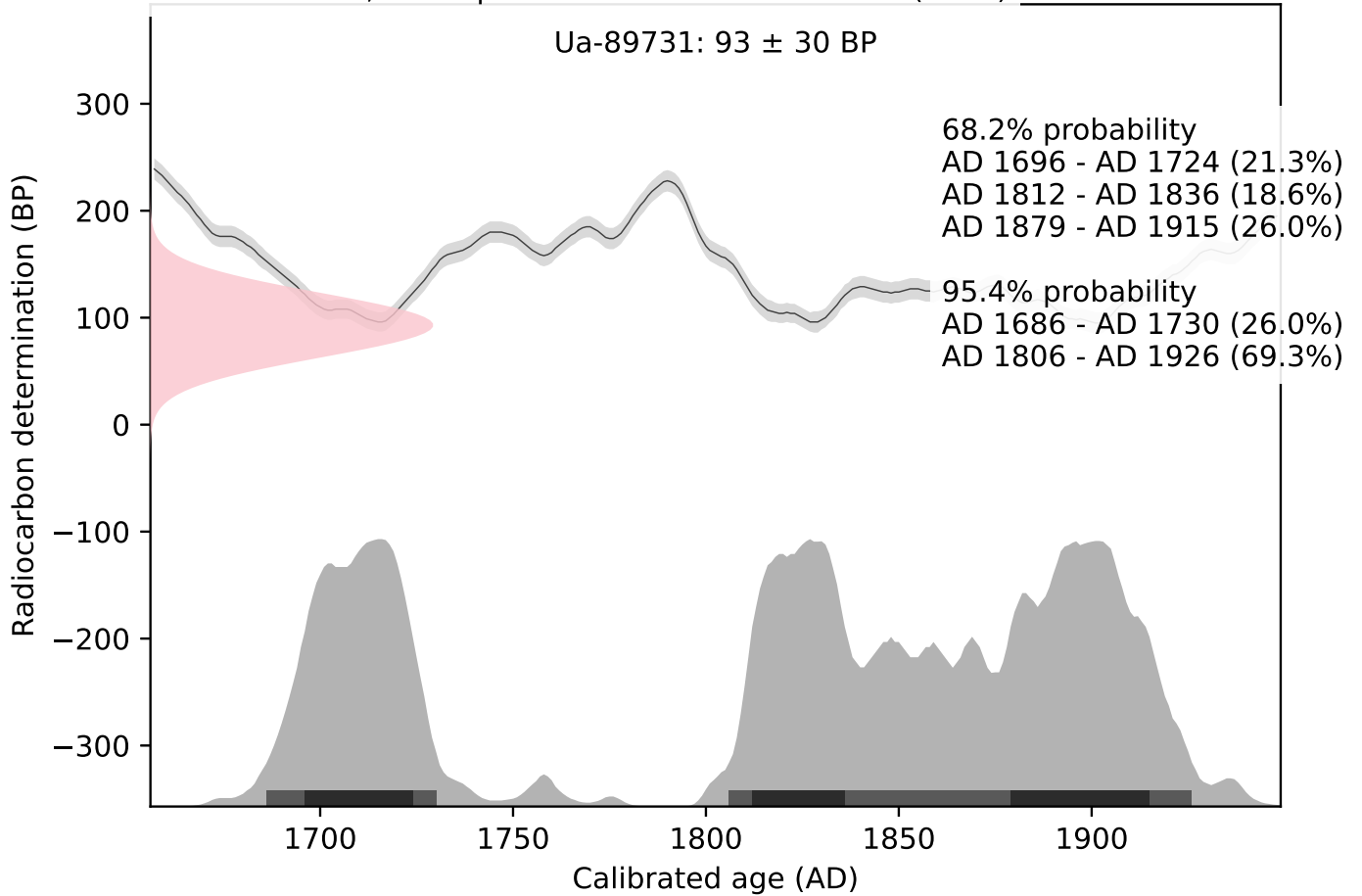
IOSACal v0.4.1; Atmospheric data from Reimer et al (2020)

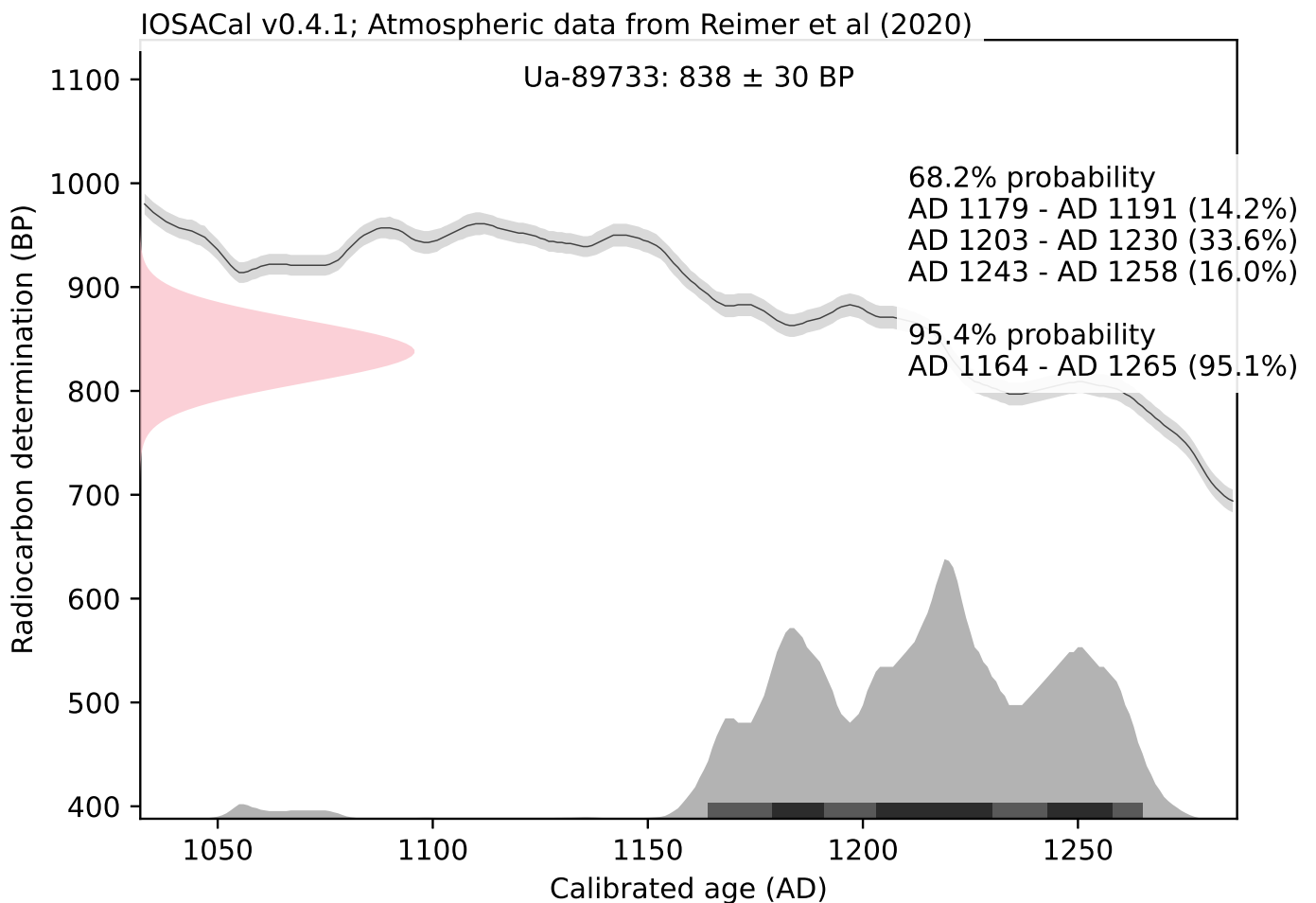
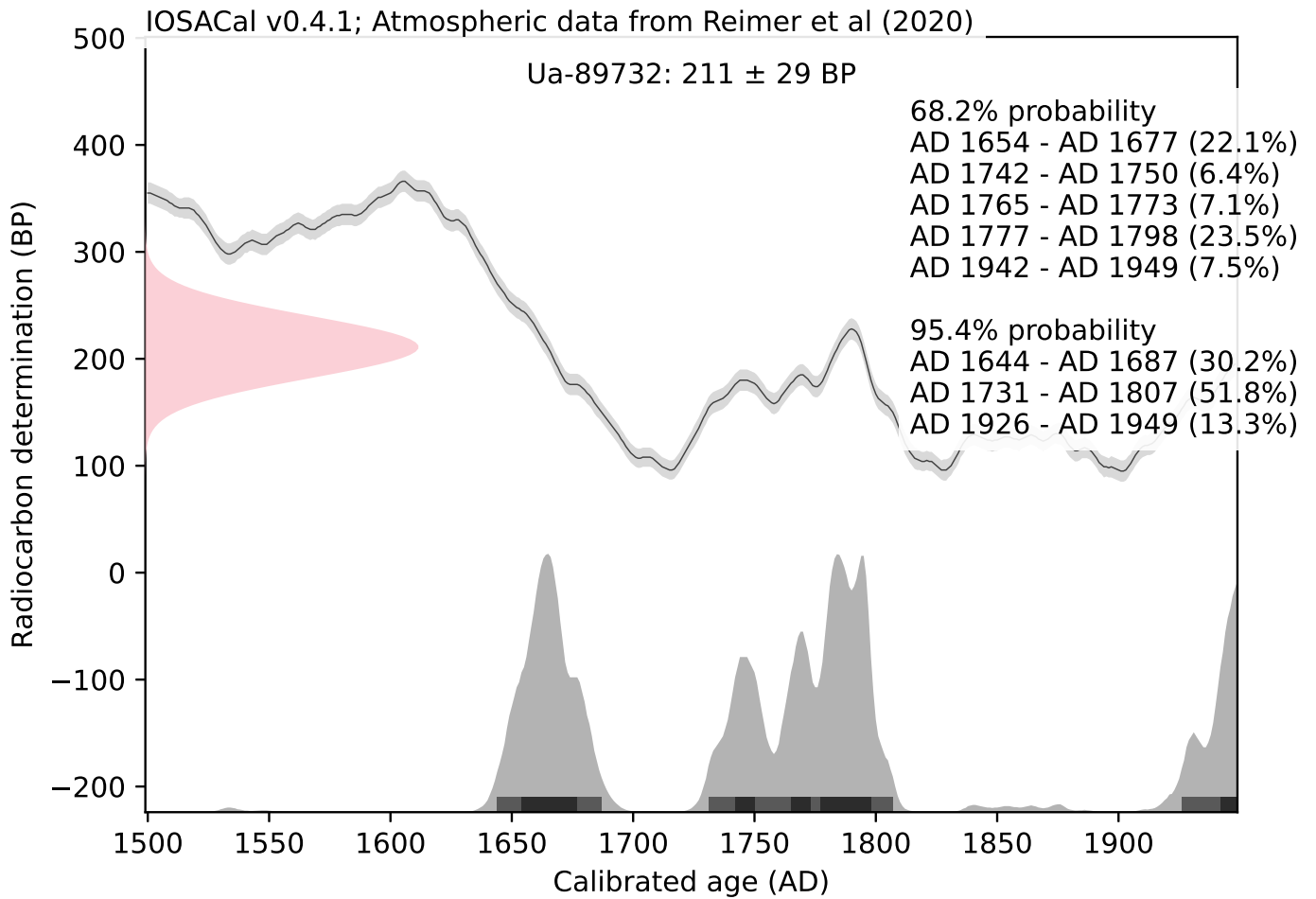


IOSACal v0.4.1; Atmospheric data from Reimer et al (2020)

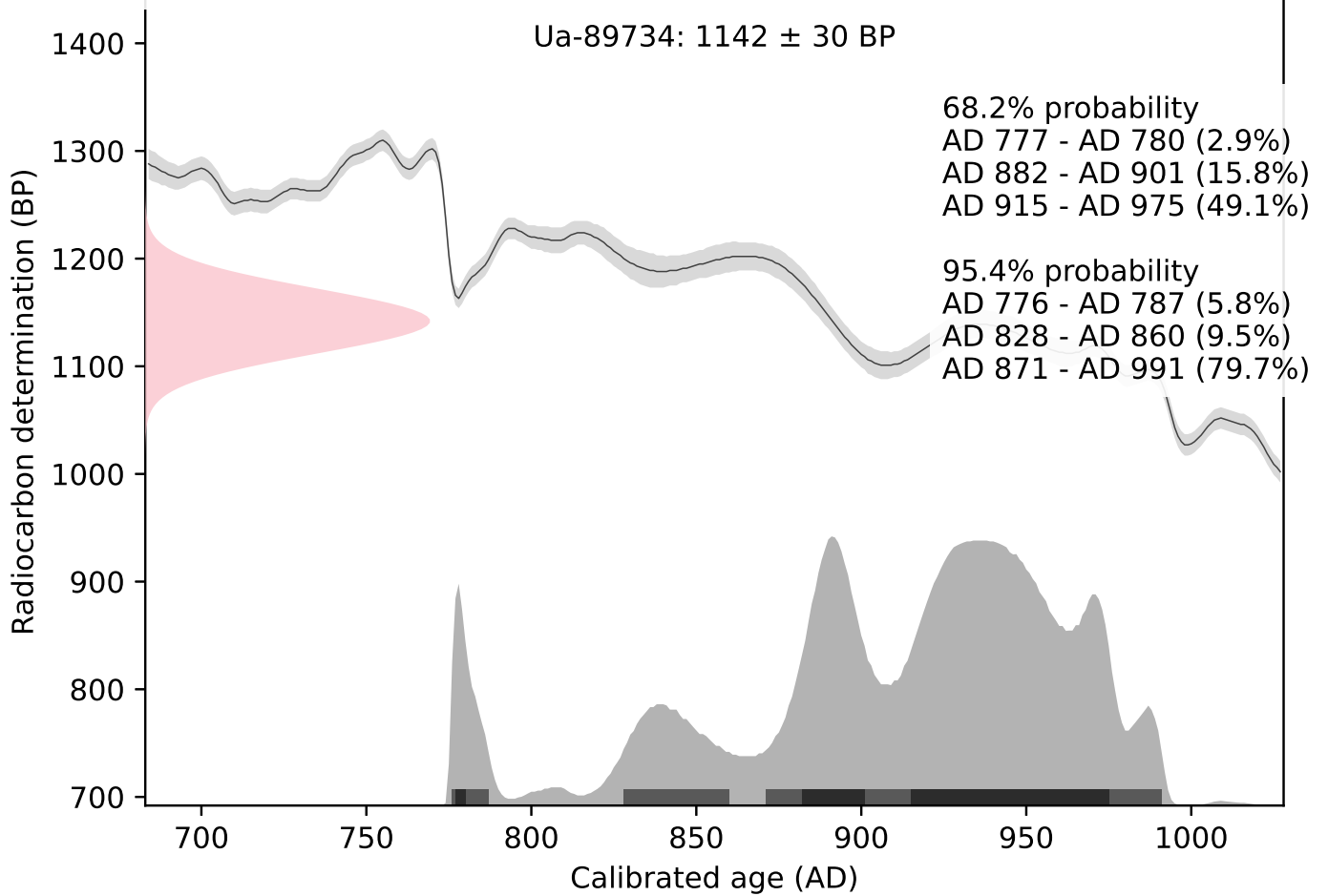


IOSACal v0.4.1; Atmospheric data from Reimer et al (2020)

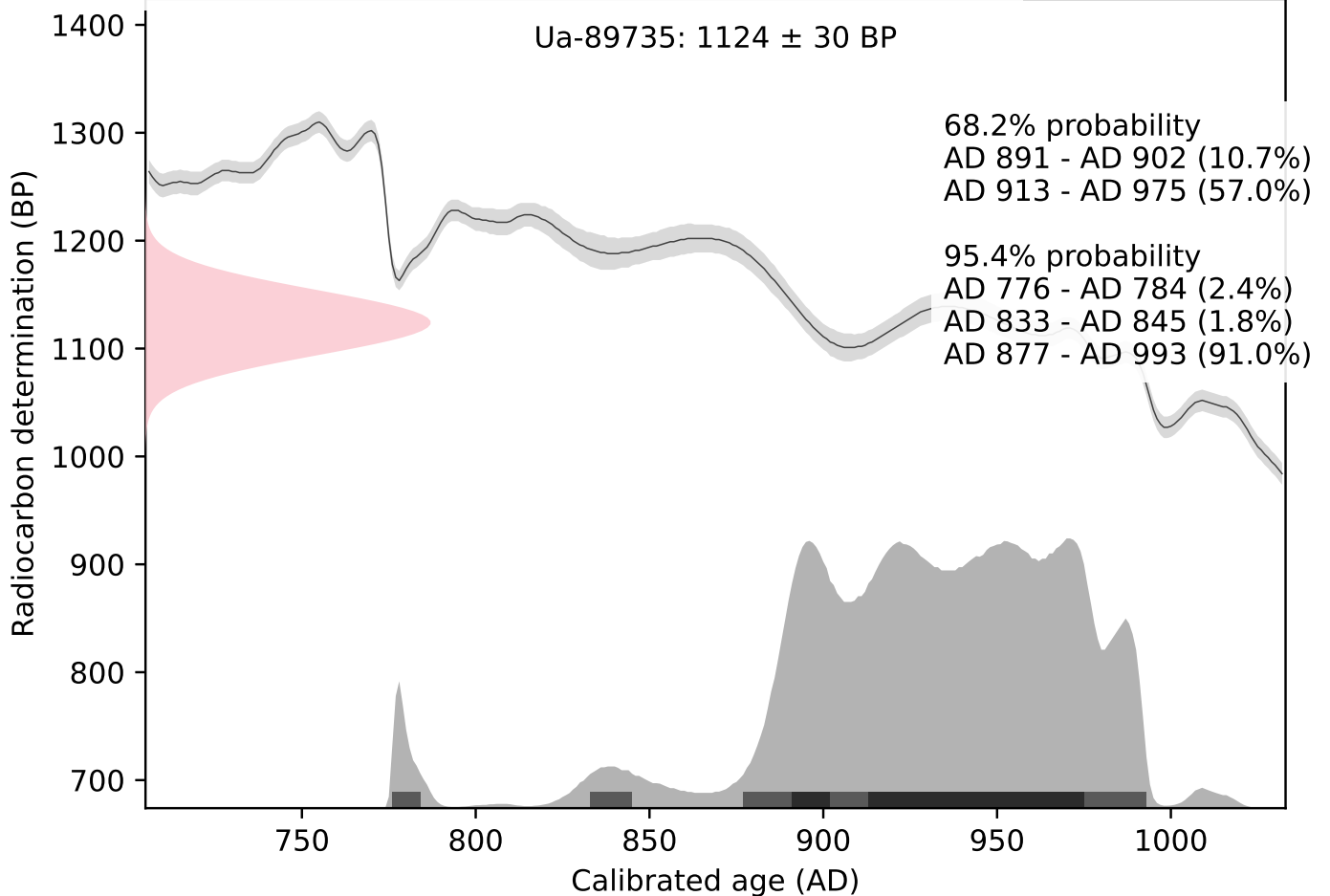




IOSACal v0.4.1; Atmospheric data from Reimer et al (2020)



IOSACal v0.4.1; Atmospheric data from Reimer et al (2020)





UPPSALA
UNIVERSITET

Ångströmlaboratoriet
Tandemlaboratoriet

Kol-14 gruppen

Besöksadress:
Ångström Laboratoriet
Regemenstvägen 10
752 37 Uppsala

Postadress:
Box 529
751 21 Uppsala

Telefon:
018 – 471 3124

Hemsida:
www.uu.se/centrum/tandemlab

E-post:
radiocarbon@physics.uu.se

Terese Olofsson
Jamtli
Box 709
831 28 ÖSTERSUND

Resultat av ^{14}C datering av träkol från Sveg, Härjedalen. (p 7247)

Förbehandling av träkol:

1. Synliga rottrådar borttages.
2. 1 % HCl tillsätts (10 h, under kokpunkten) (karbonat bort).
3. 1 % NaOH tillsätts (10 h, under kokpunkten). Detta steg upprepas tills den lösliga delen inte längre är mörkfärgad.

Löslig fraktion fälls genom tillsättning av konc. HCl. Fällningen som till största delen består av humusmaterial, tvättas, torkas och benämns fraktion SOL. Olöslig del, som benämns INS, består främst av det ursprungliga organiska materialet. Denna fraktion ger därför den mest relevanta åldern. Fraktionen SOL däremot ger information om eventuella föroreningars inverkan.

Före mätningen av ^{14}C -innehållet i acceleratorn förbränns det tvättade och intorkade materialet, surgjort till pH 3, till CO_2 -gas som i sin tur grafiteras genom en Fe-katalytisk reaktion. I den aktuella undersökningen har fraktionen INS daterats.

RESULTAT

Labnummer	Prov	$\delta^{13}\text{C}\%$ V-PDB	^{14}C ålder BP
Ua-91622	L1945:8276 Ugn Prov 10	-27,7	371 ± 29
Ua-91623	L1945:8276 Ugn prov 9	-24,4	486 ± 41
Ua-91624	L1945:8276 Ugn Prov 7	¹	534 ± 70
Ua-91625	L1945:8276 Slaggvarp 2 Prov 6	-24,9	638 ± 28
Ua-91626	L1945:8276 Slaggvarp 2 Prov 5	-25,4	599 ± 29
Ua-91627	L1945:8276 Slaggvarp 1 Prov 4	-25,4	338 ± 28
Ua-91628	L1945:8276 Slaggvarp 1 Prov 3	-24,7	509 ± 30
Ua-91629	L1945:8292 Kolbotten L1 Prov 1	-24,1	1 153 ± 30
Ua-91630	L1945:3123 Kolbotten L1 Prov 2	-25,0	977 ± 30

¹ Inte tillräckligt med material för analys.

Provet L1945:8276 Ugn Prov 8 var av för dålig kvalitet och kunde ej dateras.

Bifogat finns graf(er) med kalibrering från BP-ålder till kalenderår.

Med vänliga hälsningar

Karl

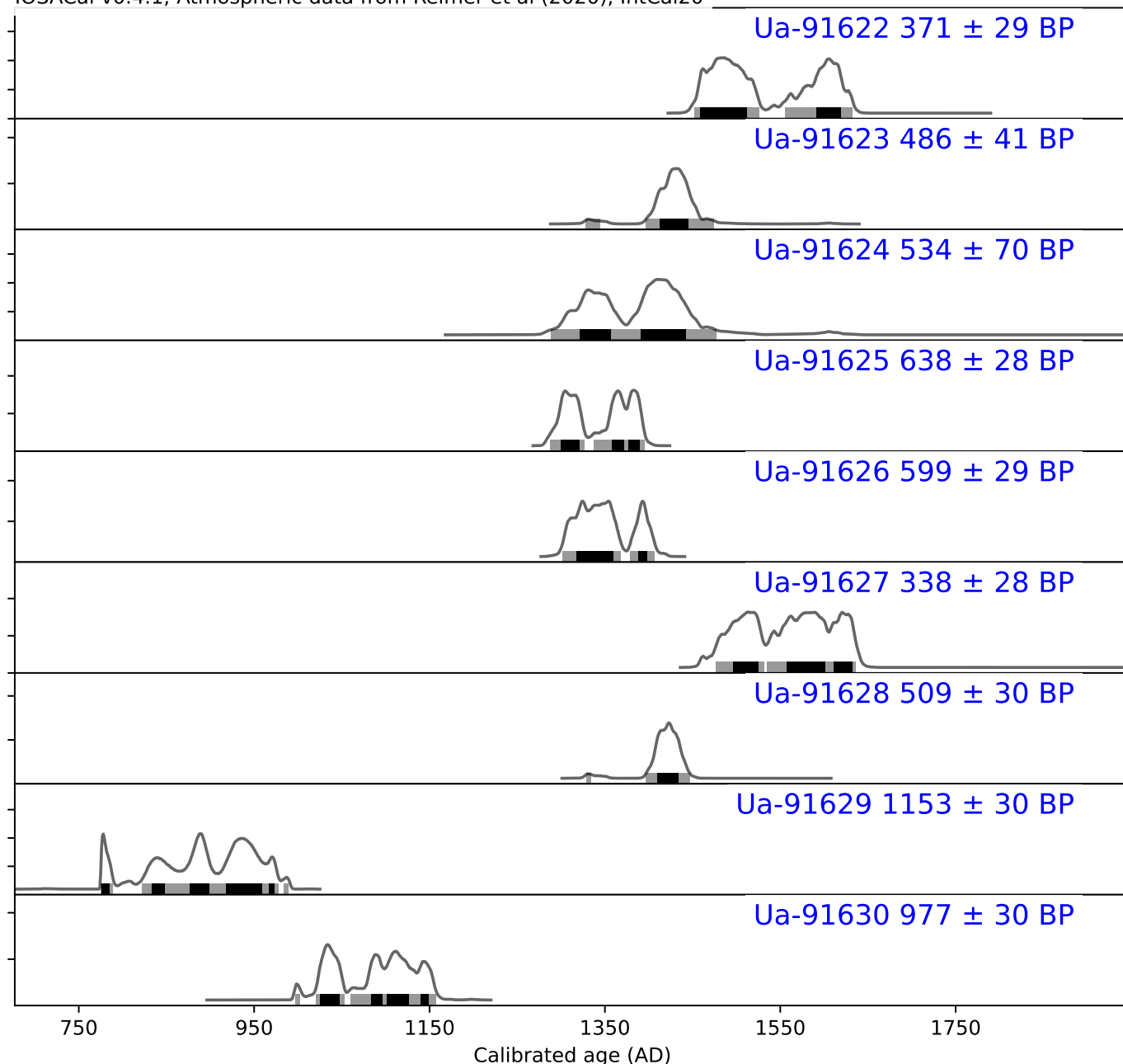
Håkansson

Elektroniskt undertecknad
av Karl Håkansson
Datum: 2026.03.03
17:09:27 +01'00'

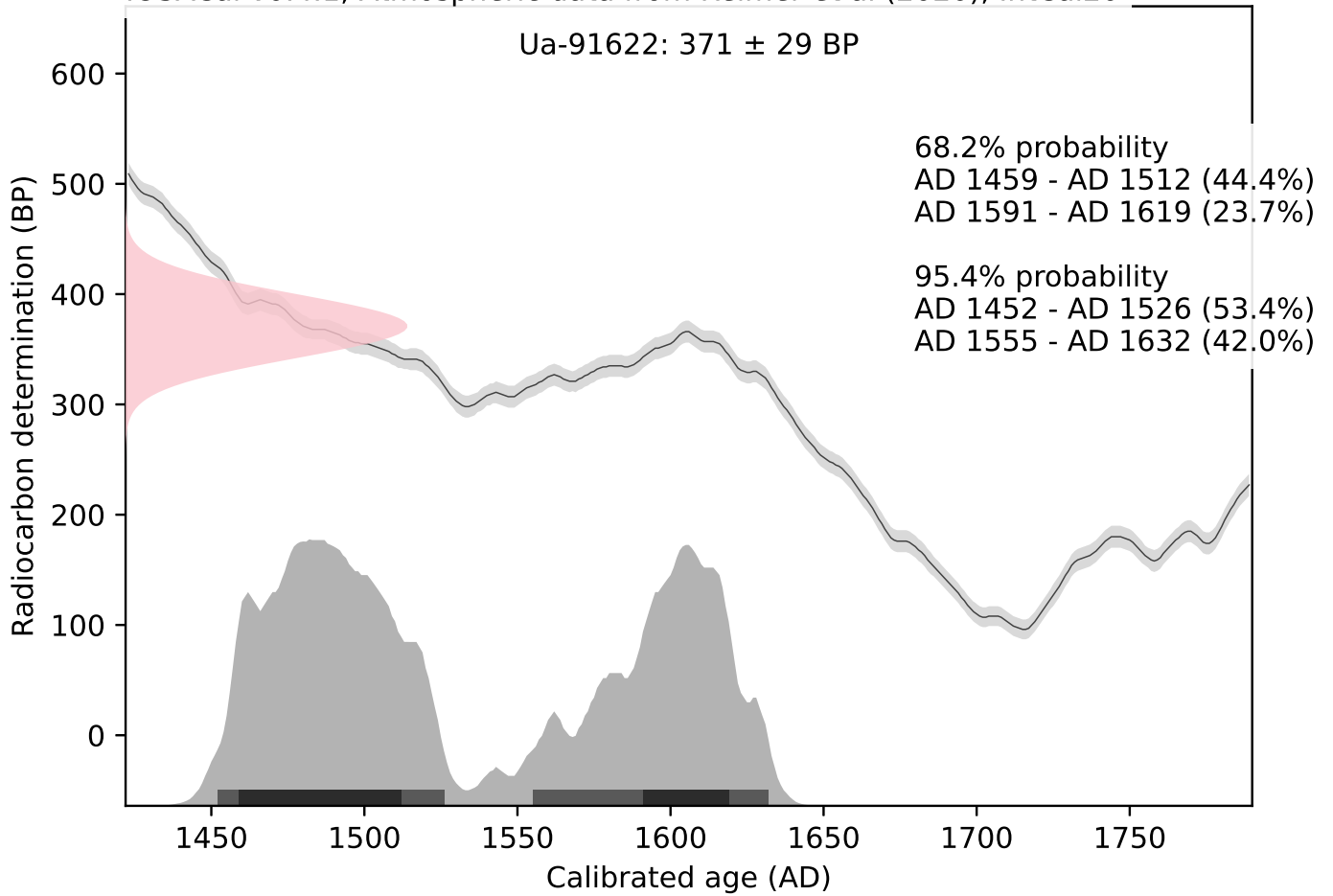
Karl Håkansson/Daniel Primetzhofer

Kalibreringskurvor

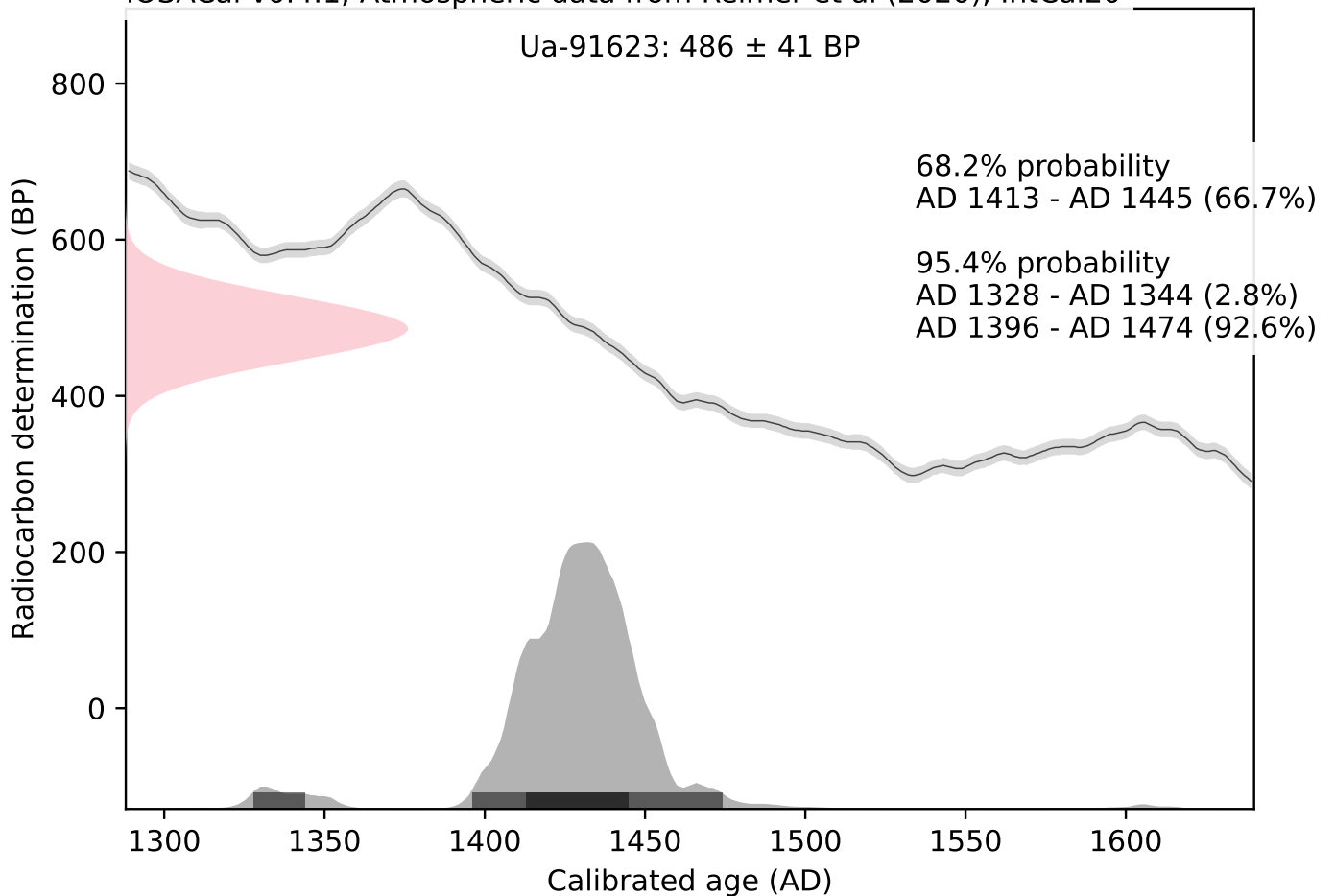
IOSACal v0.4.1; Atmospheric data from Reimer et al (2020), IntCal20

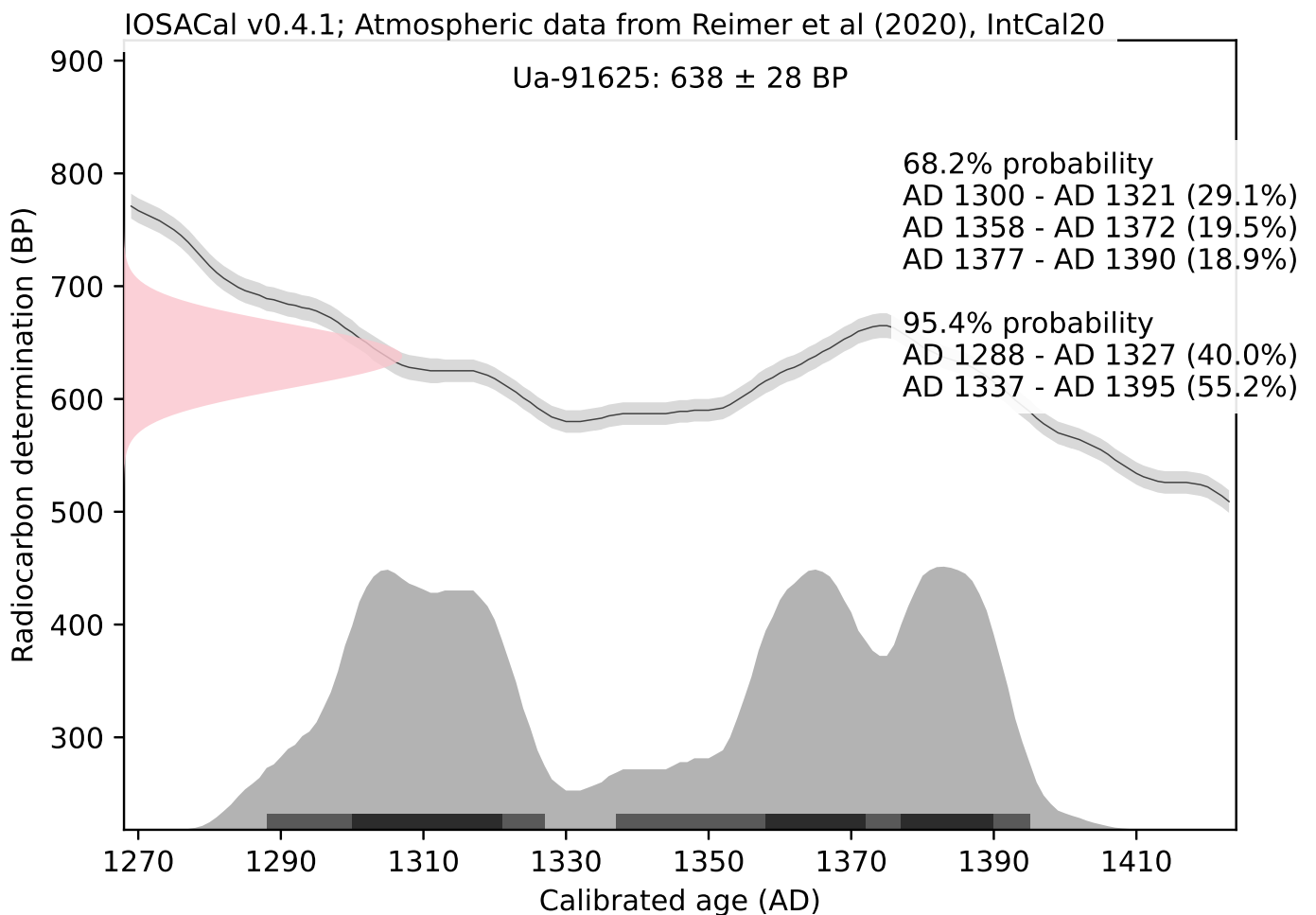
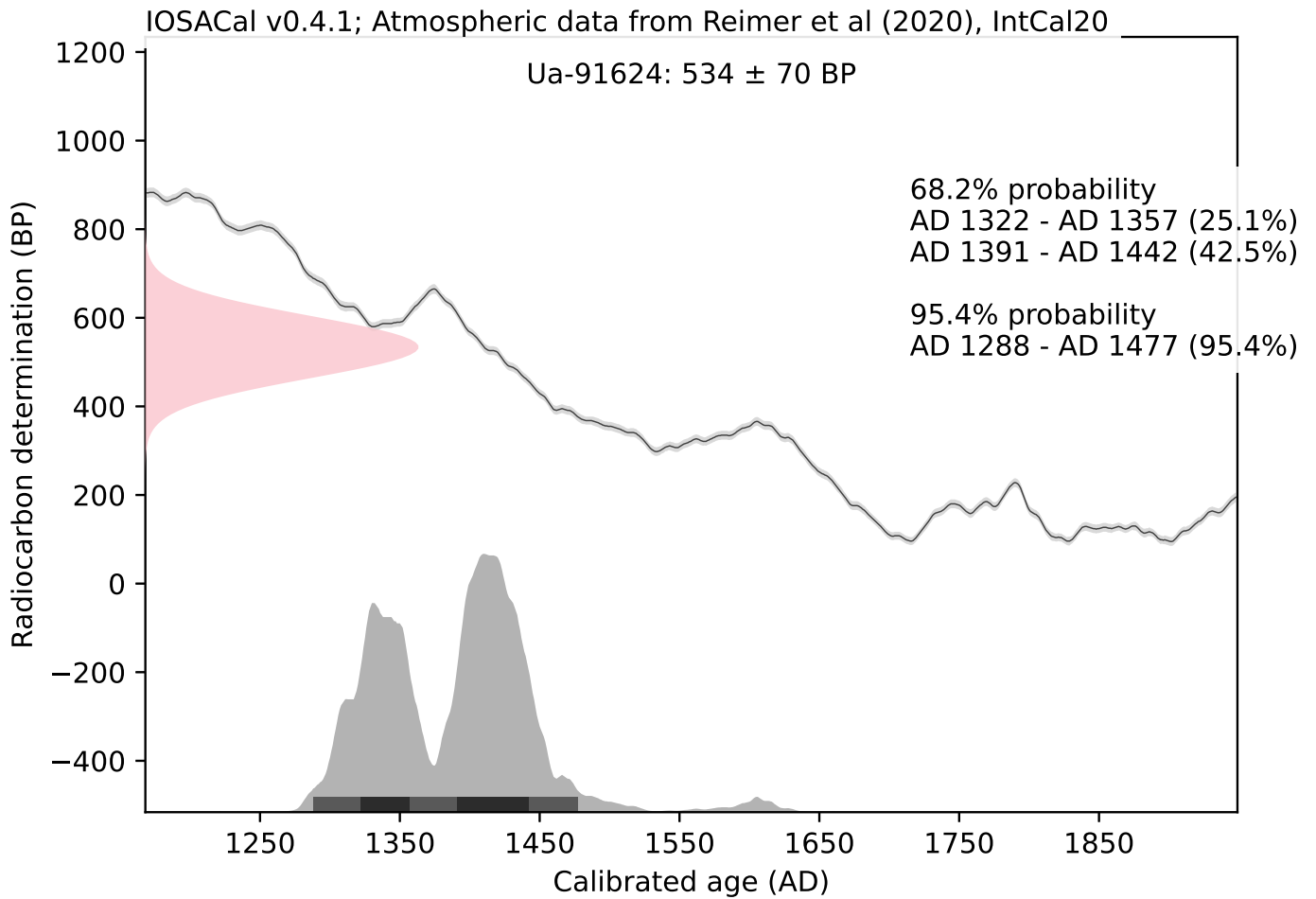


IOSACal v0.4.1; Atmospheric data from Reimer et al (2020), IntCal20

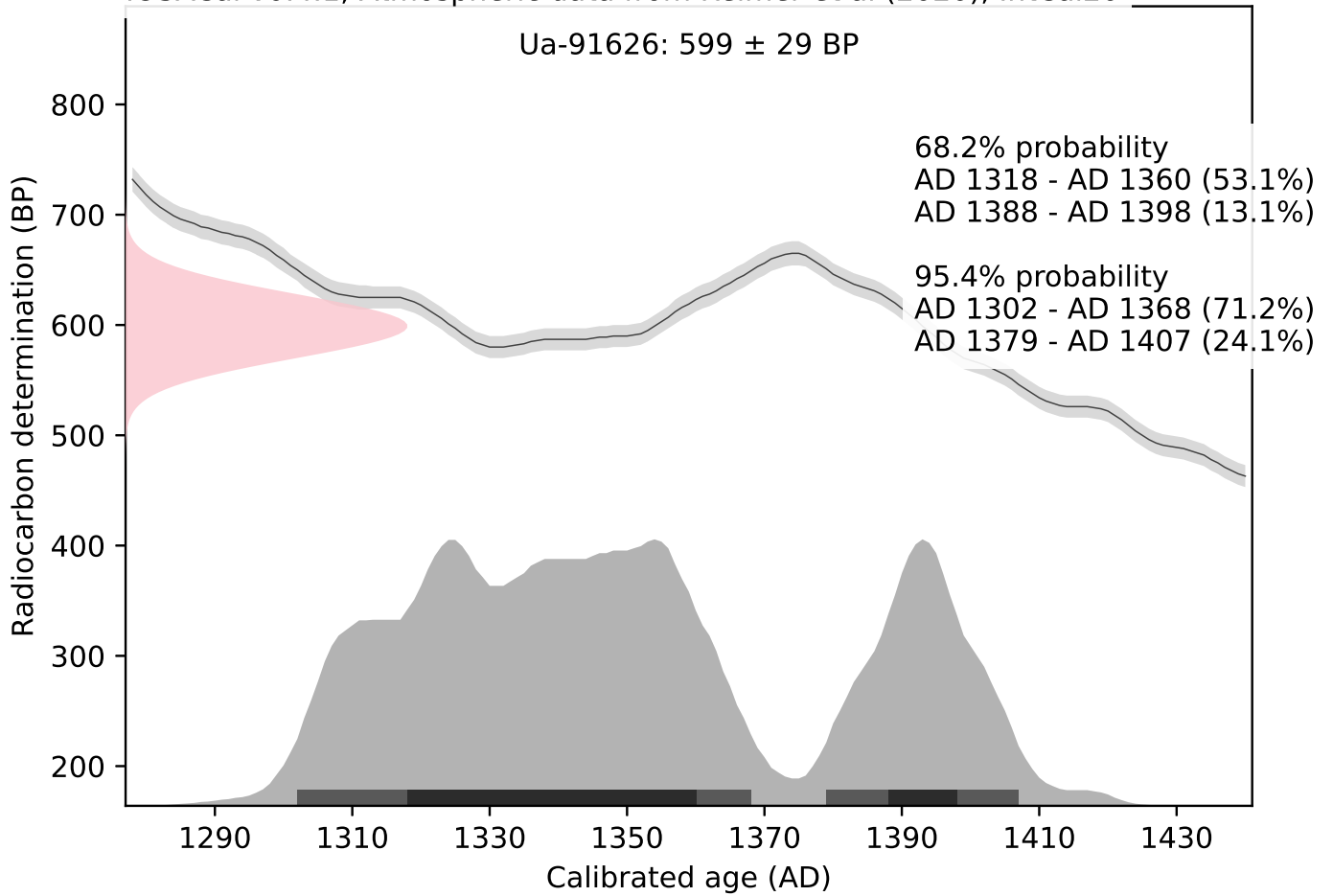


IOSACal v0.4.1; Atmospheric data from Reimer et al (2020), IntCal20

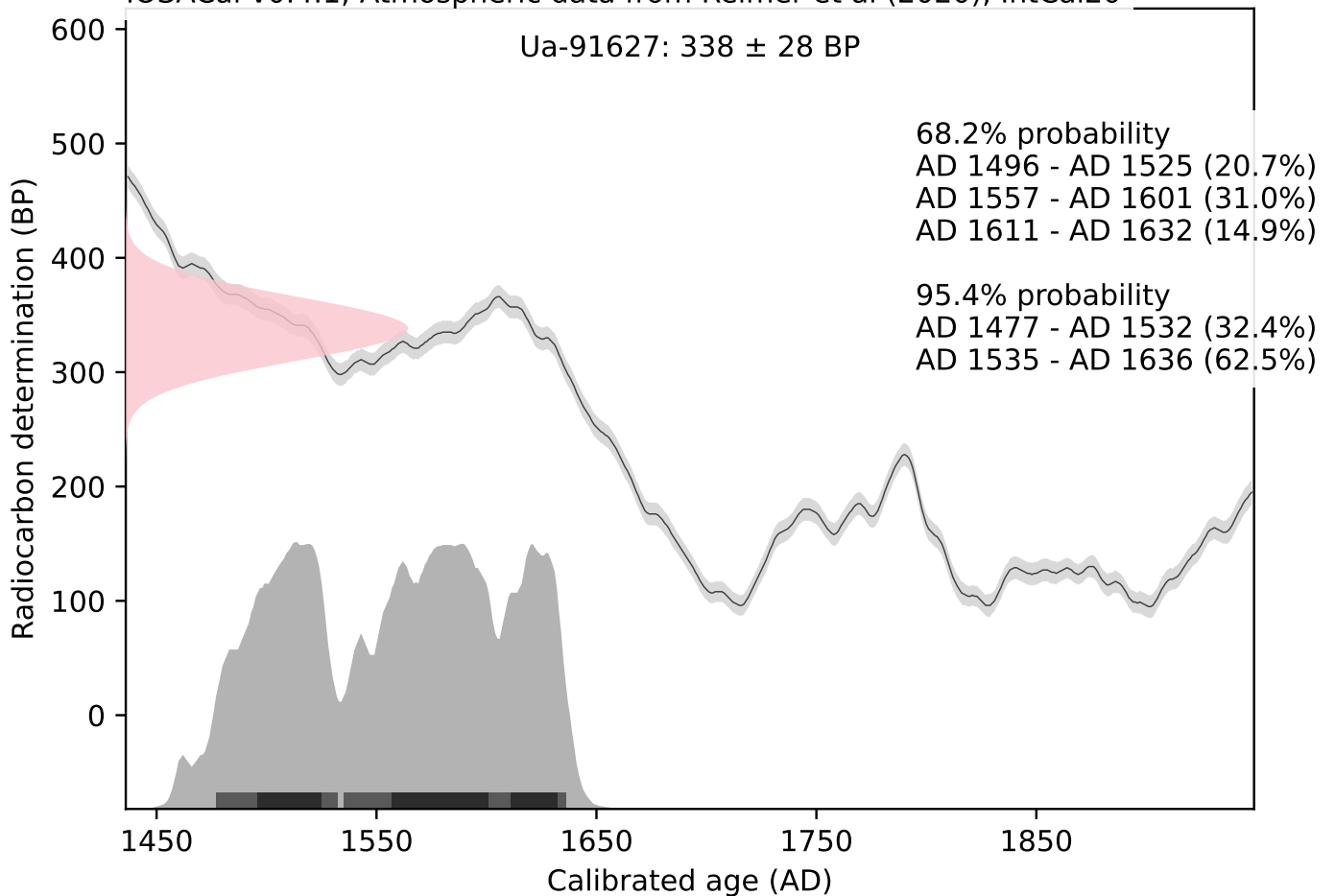


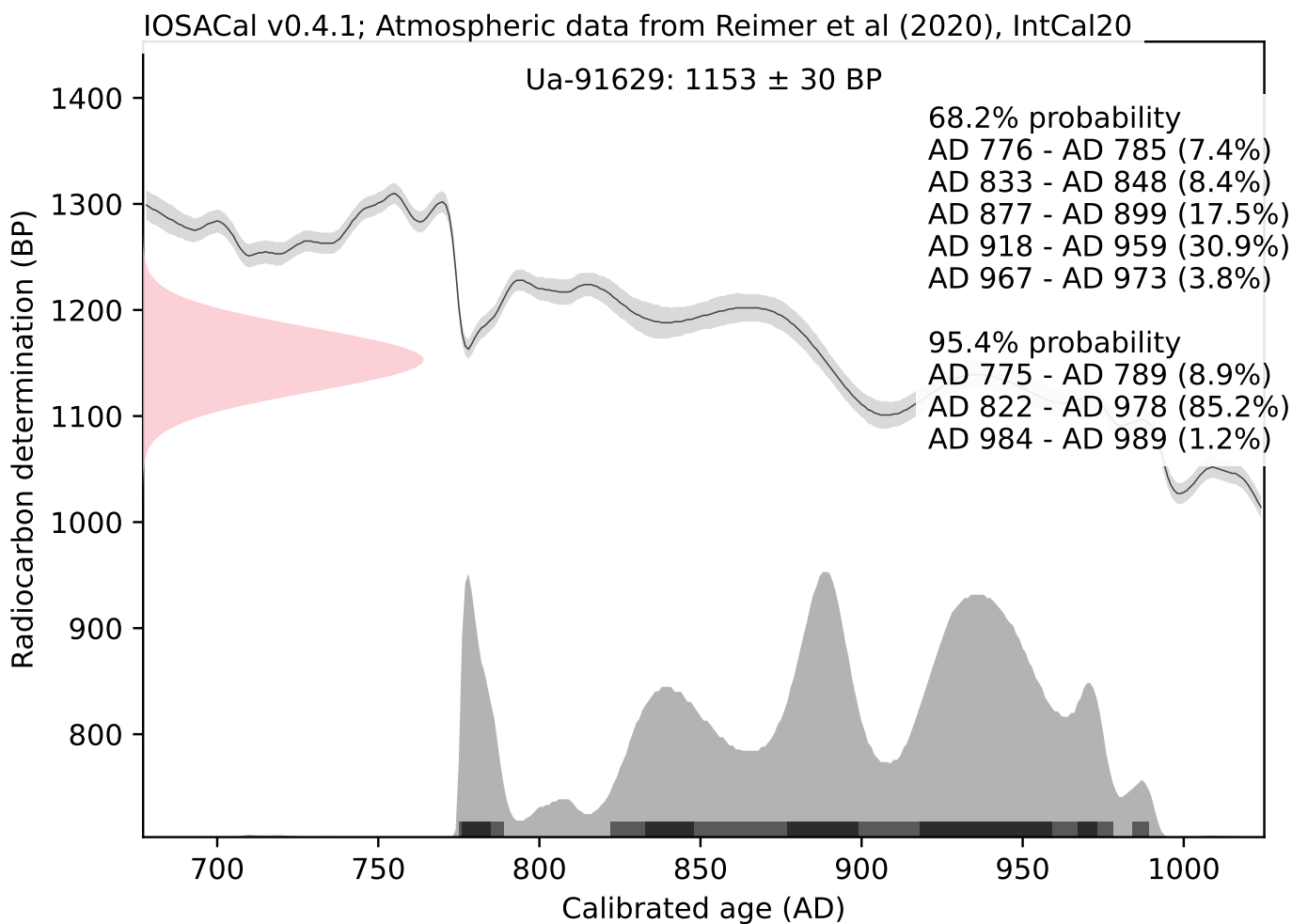
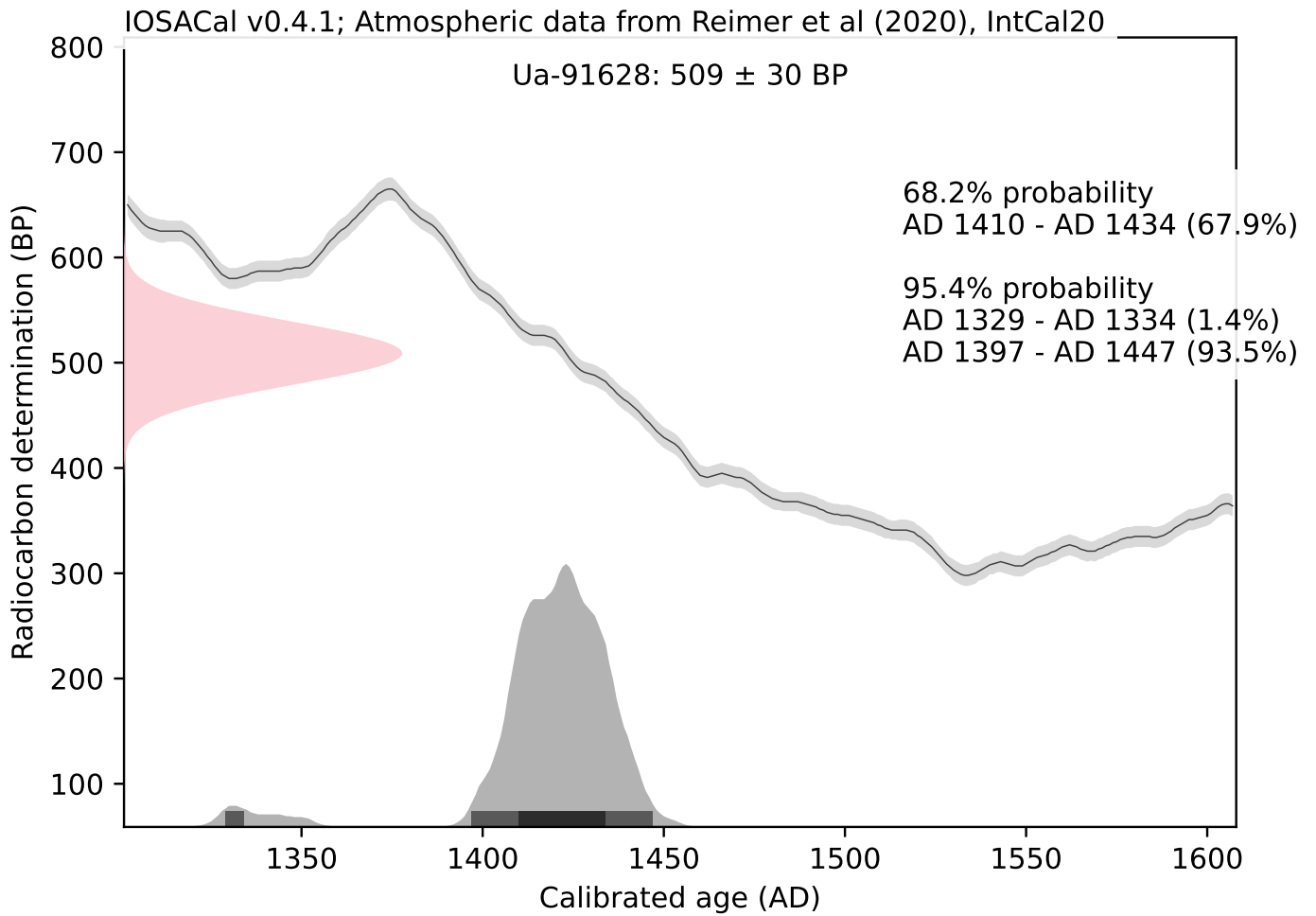


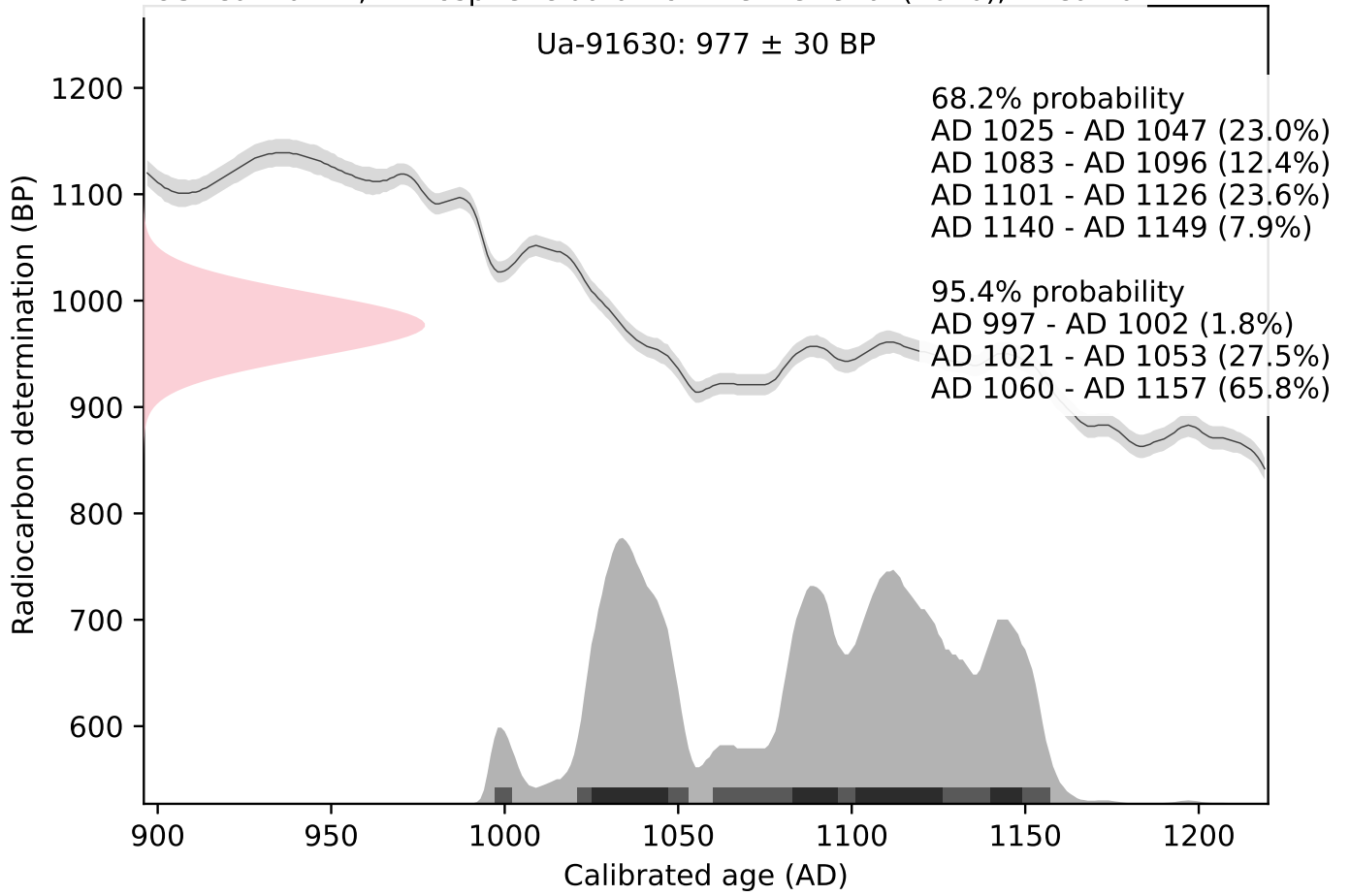
IOSACal v0.4.1; Atmospheric data from Reimer et al (2020), IntCal20

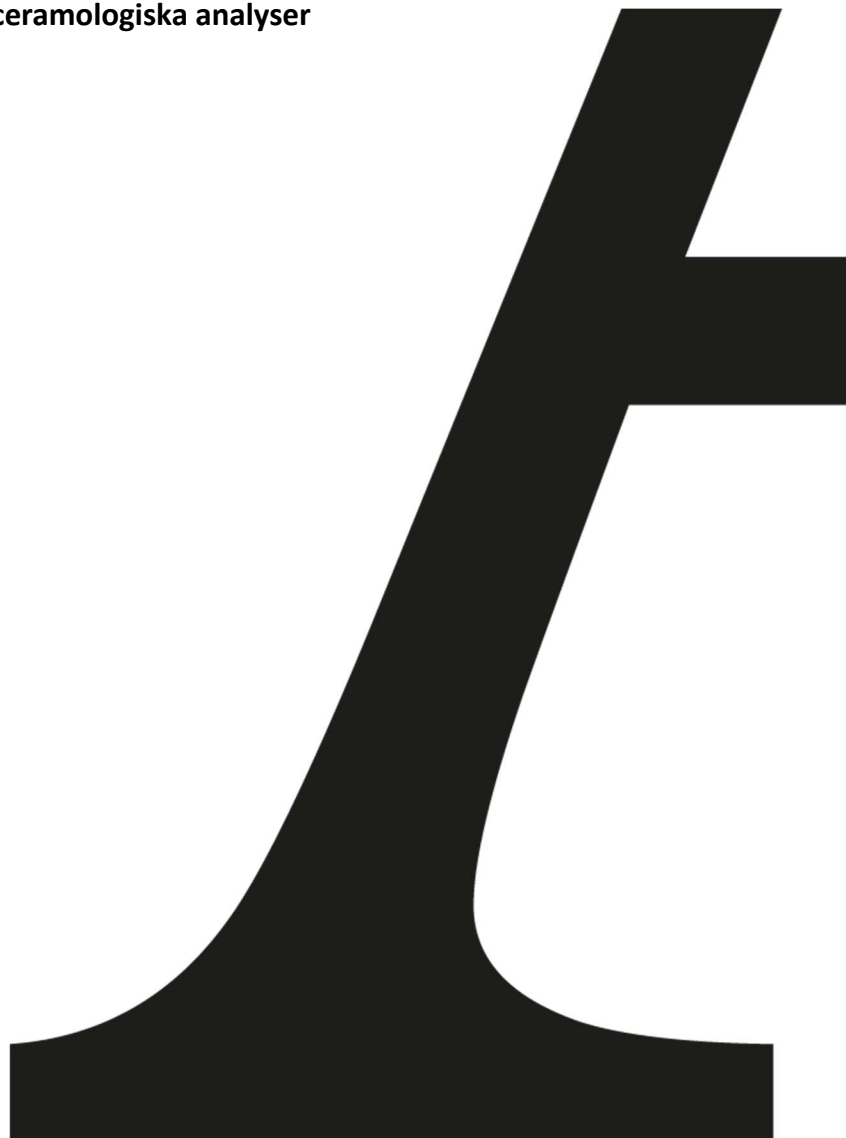


IOSACal v0.4.1; Atmospheric data from Reimer et al (2020), IntCal20









Järnframställning i Sveg

– analyser av teknisk keramik, malm, slaggb och järn

Analysrapport 2026:04
Arkeometallurgisk och ceramologisk analys

Jämtlands län, Härjedalen, Härjedalens kommun,
Svegs socken,
fornlämning L1945:8276

Lena Grandin och Ole Stilborg

Arkeologerna

Statens historiska museer

Våra kontor

Linköping

Lund

Möndal

Stockholm

Uppsala

Kontakt

010-480 80 00

info@arkeologerna.com

foramn.efternamn@arkeologerna.com

www.arkeologerna.com

Arkeologerna

Statens historiska museer

Analysrapport 2026:04

Upphovsrätt, om inget annat anges, enligt Creative Commons licens CC BY
Villkor finns tillgängliga på <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.sv>

Innehåll

Inledning	5
Uppdraget och platsen	5
Bakgrund	5
Blästplatserna L1945:9225 och L2022:10033 i Älvros	5
Härjedalsjärnet	6
Blästugn av Evenstadstyp	7
Frågeställning, potential och genomförande	7
Material och metod	7
Blästplatsen	7
Material och provurval	8
Metoder	8
Granskning	8
Analysmetoder	9
Resultat	10
Keramiskt material	10
Ugnens konstruktion	12
Ugnsfunktion	12
Analyser – Petrografi	13
Sammanfattning	17
Jämförelse med de två Älvros-ugnarna L1945:9225 och L2022:10033	17
Slagg och metall i lerprov från ugnen	18
Malmer	19
Slagger från ugnen	20
Bottenslagg prov 5 (övre slaggen)	20
Bottenslagg prov 6 (nedre slaggen)	21
Sammansättning	22
Järnhaltig slagg	22
Slagg från slaggvarp	24
Slaggvarp 1	24
Slaggvarp 2	26
Slagg (och metall) från fällsten	27
Sammanfattning och tolkning (Ole Stilborg och Lena Grandin)	28
Råmaterial till ugnen	28
Ugnens konstruktion och funktion	28
(Hög) bränsleåtgång	29
Flera bottenslagger?	29
Malmråvaran	29
Produkten – kvalitet, egenskaper	30
Referenser	32

Bilagor	33
Bilaga 1. Analysmetoder för teknisk keramik (Ole Stilborg)	33
Specialregistrering	33
Mikroskopering av tunnslip i polarisationsmikroskop	33
Bilaga 2. Undersöknings- och analysmetoder för slagger och metaller (Lena Grandin och Erik Ogenhall)	34
Provtagning och analys	34
Allmänt om använda analysmetoder	34
Petrografisk och metallografisk analys av slagg och järn	34
Totalkemisk analys av slagg	35
Bilaga 3. Analys av slagger och järn (Lena Grandin)	37
Resultat från tunnslipsanalyserna av slagger	39
Resultat från metallografiska analyser av järn	42
Bilaga 4. Dataark teknisk keramik (Ole Stilborg)	47
Bilaga 5. Kemisk analys av malm och slagg. Analystabell, diagram och utvärdering. (Lena Grandin)	53
Bakgrund, förutsättningar och upplägg av resultaten	53
Järn, kisel och mangan – från malmen	53
Aluminium, kalium och kalcium – tillskott från lera och ved/kol	53
Mangan och barium i olika proportioner – flera malmer använda	54
Spårämnen – flera malmer och/eller separering under processen i ugnen	54

Inledning

Uppdraget och platsen

På uppdrag av Terese Olofsson och Kristina Jonsson, JAMTLI, har analyser gjorts av malmer, slaggar, metaller och ugnsväggar från en blästplats (fornlämning L1945:8276) i Svegs socken, Härjedalens kommun, Jämtlands län. JAMTLI genomförde under oktober månad 2025 en arkeologisk undersökning av platsen och gjorde därefter ett provurval för de aktuella analyserna. På platsen fanns en blästugn, preliminärt daterad till 1400-tal, två slagghvarp, en fällsten med fällslag samt ett lager rostad malm.

Analysarbetet har genomförts i samarbete mellan Lena Grandin (Arkeologerna) som har ansvarat för analyser av malm, slagg och metall, och Ole Stilborg (Stilborg keramikanalys, SKEA) som har ansvarat för den tekniska keramiken, med specialregistrering och analys. Övergripande slutsatser har skrivits gemensamt.

Bakgrund

Många blästplatser (järnframställningsplatser) inom regionen var i bruk under 1200–1600-tal. Den nu aktuella blästplatsen, L1945:8276, är av samma typ som två blästplatser i Älvros socken, L1945:9225 och L2022:10033, vilka nyligen har undersökts detaljerat av JAMTLI (Jonsson 2024). De två blästplatserna var mycket snarlika och omfattade varsin blästugn (låg stenbyggd schaktugn med slagguppsamling i dess nedre del), ett slagghvarp, en fällsten för vidare bearbetning av järnluppen med tillhörande slagg samt rester av malmupplag. Som en del av undersökningen ingick detaljerade arkeometallurgiska och ceramologiska analyser av materialet (Grandin & Stilborg 2024.) vars resultat integrerades i den arkeologiska tolkningen av platserna (Jonsson 2024). Undersökningens resultat jämfördes också med tidigare undersökta platser inom Älvros socken, RAÄ 75:1 och 78:1, (Pagoldh 1990). Kunskapen från dessa båda utgjorde viktig bakgrund för förståelsen av L1945:9225 och L2022:10033.

Eftersom undersökningarna av L1945:9225 och L2022:10033 integrerade arkeometallurgiska och ceramologiska analyser mer utförligt än vad som tidigare gjorts i regionen är resultaten en utgångspunkt för den nu aktuella platsen i Sveg. Några av de frågeställningar som var viktiga då, är av betydelse även nu, samtidigt som resultaten också gett upphov till fler, och även mer specifika frågor.

Blästplatserna L1945:9225 och L2022:10033 i Älvros

Ugnarna i Älvros var huvudsakligen byggda av sten, men analyser av lerfodring från schaktväggarna visade att denna var ett viktigt skydd mot värmeförlust och oxiderande luftinsläpp. Det fanns inte några spår efter lagning utan troligen kläddes hela ugnsschaktet om vid behov efter upprepad användning av ugnarna (vilket de rikligt förekommande bottenslaggerna i intilliggande slagghvarp antydde). Den tekniska keramiken skiljer sig något åt mellan de två blästplatserna, bl.a. med växtmagring på L1945:9225, och leror som hade hämtats från skilda platser.

Den tidigare studie av det keramiska fyndmaterialet från ugnarna vid Älvros (L1945:9225 och L2022:10033) jämfört med tidigare arkeologiska undersökningar vid Rätansböle (Grandin & Stilborg 2024; Jonsson 2014; Pagoldh 1990; Grandin & Ogenhall 2017 m. ref) visade att lera, förutom som inre fodring av det stenbyggda ugnsschaktet, ingått i konstruktionen av en blästersköld. Blästerskölden har i tidigare studier även benämnts ugnslucka men med tanke på Evenstads beskrivning av hanteringen av luppen ovanifrån i denna ugnstyp är det osannolikt att det var tanken att blästerskölden även skulle ge tillgång till basen av schaktet (Evenstad 1968(1782)). Huruvida det även funnits en yttre fodring, åtminstone ovanför den omgivande sandlådan, kunde inte fastställas.

Slaggernas sammansättning tydde på en mycket likartad process på båda platserna under hela deras brukningstid. Analyserna av malm från malmupplagen visade dessutom att myrmalmer från olika täkter har använts, även inom varje plats – något som slaggernas något varierande kemi indirekt också kunde påvisa. Många av slaggerna visade sig också innehålla tämligen stora mängder metalliskt järn, alltifrån små tunna sliror till större ansamlingar.

Härjedalsjärnet

Härjedalsjärnets kvalitet - en av många viktiga frågor som diskuterades redan av Pagoldh (1990) vid tidigare undersökningar av blästplatser i Älvros socken – berördes också i analyserna av L1945:9225 och L2022:10033.

Metallografiska analyser av järnavfall i slaggerna och från fällstensområdena på de undersökta platserna visade skillnader i järnet som tillverkades. På blästplats L1945:9225 framträdde stål som huvudsaklig produkt, medan slaggerna och järnet från L2022:10033 tydde på en produktion av fosforjärn. Analyserna omfattade dock en begränsad mängd prover och det kan inte uteslutas att både stål och fosforjärn ingick i produktion från dem båda, eller att dessa typer av järn med något olika materialegenskaper kunde spegla tids- snarare än organisationsmässiga skillnader. Det fanns inga tecken på fortsatt smide av det tillverkade järnet och stålet, varför det föreslogs att järnet lämnade platsen i form av (delvis kluvna) luppar.

Även om det inte är klarlagt i vilken form järnet lämnade blästplatserna, har det tidigare föreslagits av Buchwald (2008) att det kan röra sig om delvis kluvna luppar, och som tidigare studier av luppar har visat är järnet ofta ojämnt i kvalitet med områden som är mer stålartade (kolrika) och andra som är fattigare på kol. Det är fullt möjligt att motsvarande gällde för produkten från Älvros ugnar.

Under sent 1600-tal nämner Urban Hiärne (1687) järnprodukterna i sin beskrivning av järnframställning i Härjedalen: "*Men Myrjärnet eller annat mildt Järn behofwer icke så stor Eld eller så höga Ugnar, hwarigenom sådan malm forbrennes, utan det rostade Myrjärnet smeltes antingen i ganska små och låga Ugnar, hwilka de kalla Käringar, eller och i leerbeslagna Gropar som en Sockertop pyramidal ingräfne, hwilka kallas bläster, som opvärmes först med torrwed och blåses med trampebellior, sådan weden är halfbrunnen åter ny wed och deruppå malmen och åter wed. När det är smelt, tappas det af i små Ossmunds kakor*" (Englund 2002:93).

Blästugn av Evenstadstyp

Blästugnarna i området har sedan tidigare tolkats vara av Evenstadstyp, dvs. enligt de detaljerade beskrivningar från 1700-talets slut om ugnbygge, inhämtning och rostning av malm, såväl som processens genomförande som gjordes av Ole Evenstad (1782). Även om beskrivningen är från senare tider än den aktuella ugnen i Sveg är det relevant att återkoppla till Evenstadsugnen i tolkningen av det nu undersökta och analyserade materialet.

Evenstads beskrivning, ursprungligen på danska, finns i flera olika översättningar; i denna rapport hänvisar vi till översättningen till engelska som finns i Bulletin of the Historical Metallurgy Group 1968.

Frågeställning, potential och genomförande

Den nu aktuella blästplatsen L1945:8276 i Sveg har bra förutsättningar att ytterligare bygga på den kunskapsbas som de båda blästplatserna i Älvros har skapat för den till synes storskaliga järnframställningen i området. Med utgångspunkt i aktuell arkeometallurgisk forskning (Stilborg 2023) integrerat i den arkeologiska undersökningen finns nu förutsättning för ytterligare steg mot en mer heltäckande bild kring blästplatsernas struktur och funktion samt de produkter som tillverkades och därmed Härjedalsjärnets kvalitet.

Med tanke på standardiseringen av ugnstypen kan man förvänta samma typ av rester av teknisk keramik från denna plats (L1945:8276) som från Älvros-studien. Det är dock intressant att se om standardiseringen även omfattade valet av lertyp till denna viktiga men ändå begränsade delen av konstruktionen. Detta är även förknippat med frågan rörande råmaterialets ursprung, som fick lämnas olöst i Älvrosstudien. Mängden som behövdes var förvisso liten – ca 10 kilo – men eftersom ugnarna hade en längre brukningstid under vilken de renoverats och byggts om ett antal gånger så var behovet en ständig faktor i verksamheten.

Genom att jämföra slaggar från ugn och olika slagghvarp finns också förutsättningar att spåra eventuell förändring t.ex. vad gäller den använda malmen – om en eller flera källor har tagits i bruk.

Inledningsvis görs en analys av det utvalda materialet från blästplatsen L1945:8276 i Sveg. Därefter görs en jämförelse och tolkning i relation till de tidigare resultaten från Älvros.

Material och metod

Blästplatsen

Enligt uppdragsgivaren fanns en blästugn, två slagghvarp, en fällsten (som eventuellt hör till en tidigare ugn) med fällslag samt ett lager rostad malm (Fig. 1). Ugnen var uppbyggd (delvis över marknivå) av kantställda stenar. Ovanpå hållarna har ytterligare stenar lagts i en rund/oval form för att bygga upp schaktet ytterligare. Yttermåtten var ca 2 m diameter. På denna plats hittades inga spår av den träinramade sandbox som dokumenterades på båda Älvrosplatserna. Ugnen var trattformig och hade innermått i diameter 170 cm överst som avsmalnade till 85 cm, via 70 cm och nederst 60 cm. I ugnen fanns bränd lera (prov 3 och 4) från ugnens väggar och blästersköld liksom slagg. Vid undersökningen i fält noterades vad som bedömdes vara

flera bottnar i ugnen (den understa var på 85 cm djup) där rester av flera bottenskällor påträffades på olika nivåer (prov 5 och 6). L1945:8276 hade två slagghvarp (ett intill ovan beskrivna ugn och ytterligare ett med intilliggande rester av rivna ugnar i form av ansamlingar med stenar (Fig. 1).

Material och provurval

Fyndmaterialet omfattar teknisk keramik och slagg från flera nivåer i ugnen, från de båda slagghvarpen samt från området runt fällstenen (Tabell 1). Dessutom finns prov av malm från ett lager med rostad malm (Fig. 1). Det inlämnade materialet är ett urval gjort av JAMTLI.

Tabell 1. De analyserade proverna från flera nivåer/lager i ugnen, de båda slagghvarpen, samt fällsten och malmlager vid blästplatsen L1945:8276. Analyismetoder (Tss = tunnslip slagg, Tsk = tunnslip keramiskt, P = polerprov järn, ICP = totalkemisk analys malm/slagg.)

Kontext	Lager	Prov nr	Provtyp	Analys
Lager med rostad malm	7	1	Malmprov, rostad malm	ICP
Fällsten		2	Fällslag intill fällsten	P
Ugn	1	3	Lerprov, botten 1 (överst)	
	1	4	Lerprov, botten 1 (överst)	
	Mellan 2 o 3	5	Bottenskälla (övre), botten 1	ICP, Tss
	Mellan 3 o 4	6	Bottenskälla (nedre), botten 2	ICP, Tss
	3	7	Malmprov, rostad malm, botten 2	
		8	Lerprov, ugnsvägg (slag med bränd lera) olika nivåer ugn	P, Tsk
		9	Järnhaltig slagg, området framför inblåset	P (a, b, c), ICP (c), Tss (c)
Slagghvarp 1		10	Slagg med bränd lera	ICP, Tss, Tsk
		11	Blästersköld	Tsk
Slagghvarp 2		12	Slagg med bränd lera	Tsk
		13	Slagg från botten av slagghvarpet	ICP (b), Tss (a), Tss (b), Tsk

Metoder

Inledningsvis har en okulär granskning gjorts av allt material som har lämnats in av JAMTLI. Därefter gjordes urval för olika typer av analyser, där olika materialtyper har analyserats med olika metoder för att kunna belysa de uppställda frågeställningarna. Alla metoder, inklusive provpreparering och deras möjligheter, beskrivs i bilaga 1 för den tekniska keramiken. De metoder som har använts för slagg, malm och metall beskrivs i bilaga 2.

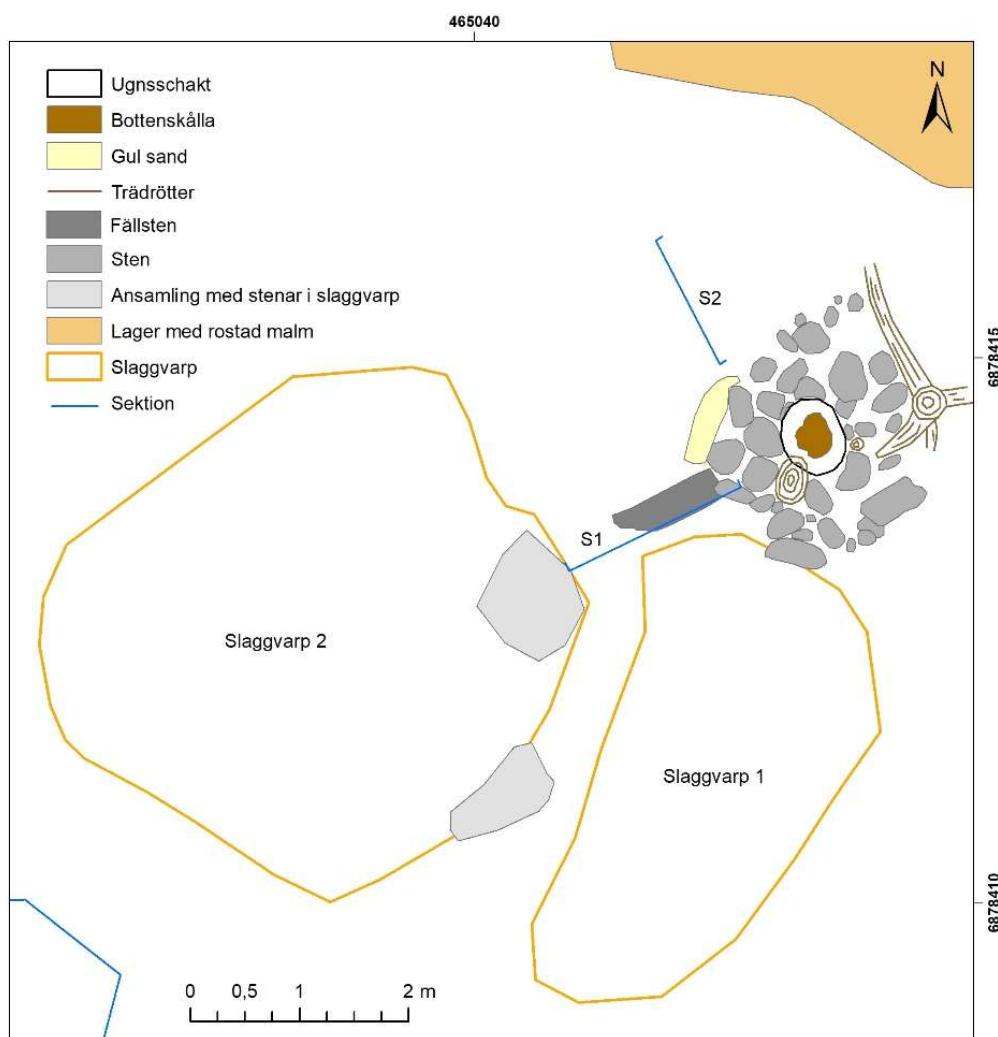
Granskning

Granskningen är gjord på hela och, i vissa fall, delade bitar. Observationer kring former, färger, storlekar, förekomst av avtryck

eller grad av magnetism har noterats då detta bedömts kunna bidra med mer bakgrund till tolkningen i stort.

Analysmetoder

I undersökningen ingår flera olika analysmetoder (Bilaga 1–2) för olika materialtyper. *Slagger* analyseras med totalkemiska analysmetoder (ICP) och på polerade tunnslip i polarisationsmikroskop för att se detaljer i process och uppbyggnad. *Metaller* analyseras på polerade och etsade prover i polarisationsmikroskop för att se metallens sammansättning och hur den är bearbetad. *Malmer* analyseras med totalkemiska analysmetoder (ICP) och på polerade prover i polarisationsmikroskop. *Den tekniska keramiken* har analyserats mineralogiskt genom mikroskopering av tunnslip i polarisationsmikroskop.



Figur 1. Plan över den undersökta järnframställningsplatsen L1945:8276 med ugn, fällsten och två slaggvarp (från JAMTLI).

Resultat

I detta kapitel presenteras resultaten på en övergripande nivå. De detaljerade analysresultaten finns i respektive bilaga (3–5). Inledningsvis ges en överblick av förekomst och fördelning av keramiskt material, slaggar och malmer från de olika kontexterna (Fig. 1, Tabell 1–2). Därefter presenteras analysresultaten, och en kort diskussion av dem, för respektive materialkategori.

Keramiskt material

Från utgrävningen av ugnnsresten och de två slaggarvarpen (1 och 2) föreligger keramiska fynd i åtta prov (Tabell 1). Prov 3, 4 och 6 härrör från lager 1–2 respektive lager 5–6 inom ugnnsresten, prov 8 från flera lager i ugnen; prov 10–11 från slaggarvarp 1 och prov 12–13 från slaggarvarp 2 (Fig. 1).

De 20 små, reducerat och oxiderat brända fragmenten av fin lera i prov 3 (största 2×1,9×0,9 cm) är plana till konvexa ibland med mindre mängder fastsintrad slagg. Trots avsaknaden av tydliga stenavtryck är de med tanke på den begränsade värmepåverkan och reduktionen mest sannolikt rester av inre fodring.

Prov 4 omfattar 12 fragment av bränd lera som är mycket snarlika de i prov 3 och av samma dimensioner (största 2×1,5×0,9 cm). Ett av fragmenten har ett möjligt stenavtryck som styrker bestämningen som fodring.

Från prov 8 kommer 9 fragment av blästersköld (största 12×11×4,5 cm) karakteriserade av en lägre, oxiderat, bränd utsida med en värmegradient till en sintrad/förglasad insida med slagg och fastsintrat grus (Fig. 2).



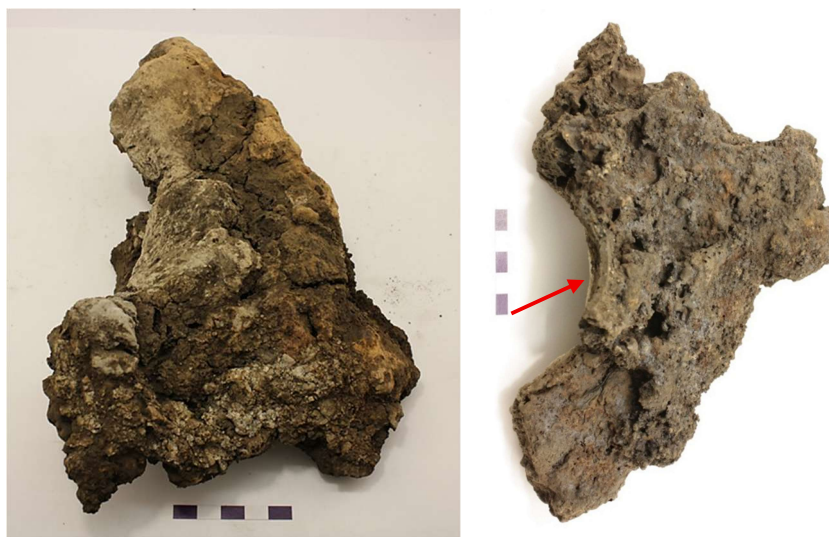
Figur 2. Utsida av blästersköld med genomskärning som visar värmegradienten från lägre bränd, oxiderad utsida till deformerad insida med slagg och järninklusion (analyserad vid pilen) (P8, ugn, L1945:8276).

Två av fragmenten har konkava ytor som kan vara rester av blästerhålet/forman (Fig. 3). Konstruktionen ses tydligare på fragment från slaggarvarpen (se nedan). Leran bedöms som fin i likhet med fragmenten tillhörande prov 3 och 4.



Figur 3. Utsida av två fragment av blästersköld med konkava ytor mot mitten av bilden – möjligen avtryck av forma (P8, ugn, L1945:8276).

Prov 10 från slaggbarp 1 omfattar en större del av blästersköld (20×16,5×2,5 cm) med tydlig trattformad blästeringång (forma) och på andra sidan en kant som tolkats som rest efter ett fastsintrat blästerrör (Fig. 4). Den yttre diametern har beräknats till 10 cm medan blästerrörets diameter har beräknats till ca 4 cm. Ytterligare två fragment av blästersköld ingår i fyndet. Ett av de senare verkar bestå av en lite grövre lera medan de två andra framstår som gjorda av samma fina lera som ovanstående.



Figur 4. Utsida till vänster och insida till höger av fragment av blästersköld med trattformat formaavtryck (vänster) och rest av blästerrör (höger vid pil) (P10, Slaggbarp 1, L1945:8276).

Från samma slaggbarp kommer ytterligare ett liknande fragment (Prov 11) med samma dimensioner (26×12×3 cm – formadiameter 10 cm). Utsidan är mycket sprucken och har något mindre hål rakt igenom (Fig. 5). Insidan är mycket blåsig in mot den tjocka slaggbildningen vilken nästan satt igen blästeringången. Leran är av samma kvalitet som i det större fragmentet från prov 10.



Figur 5. Utsida (ovan) och insida (nedan) av fragment av blästersköld med trattformat formaavtryck (ovan) och kraftig slaggbildning på insidan (nedan) (P11, slagghvarp 1, L1945:8276).

Det keramiska fyndmaterialet från slagghvarp 2 (Prov 12 och 13) består av 5 respektive 1 fragment av reducerat, hårt bränd, fin lera (största 4,5×4×1,2 cm). Fragmenten har slagghud på insidan och i ett fall ett tydligt stenavtryck på den motstående sidan, vilket stämmer överens med en tolkning som rester av inre schaktfodring.

Därutöver har inbäddade rester av bränd/sintrad lera observerats makroskopiskt i toppen av skålla 2 från Prov 6 samt i ett slagghprov från Prov 13 (tunnslipsanalys).

Ugnens konstruktion

De tekniskt keramiska resterna efter ugnen vid Sveg stämmer makroskopiskt helt överens med fynden från Älvros och bekräftar således utgrävningens konklusion att konstruktionen av ugnen är den samma (Grandin & Stilborg 2024, 20ff).

Ugnsfunktion

Uppmätta värmegradienter på fragment av blästersköld visar på en 2 till 4 mm bred förglasad zon följt av en 4 till 20 mm bred sintrad zon med varierande grad av blåsbildningar. Övriga delar av de intill tre centimeter tjocka proven är hårt till lägre brända. Den bevarade utsidan kan utifrån den oxiderade färgen bedömas att ha nått 7–800 grader C (jmf termiska analyser från Älvrosugnarna; Grandin &

Stilborg 2024, 30). Förekomsten av en förglasad zon bör innebära att man använt ugnen till minst två körningar och mycket möjligt flera. Samtidigt visar avsaknaden av lagningar av sprickbildningar, som de bl.a. ses på figur 5, att man relativt ofta har bytt ut blästerskölden.

Enbart insidan på resterna av fodring är tydligt sintrade (men ej förglasade) medan den övriga bevarade tjockleken är ganska lågt bränd vilket inte tyder på ett större antal körningar. Det finns inte heller spår av lagningar på fodringsfragmenten vilket är anmärkningsvärt eftersom fragment av avspjälkad fodring har påträffats exempelvis i slaggprov 6 ("skålla 2", Tabell 1) samt i slaggprov 13a (se nedan). Eftersom fodringen är avgörande för att hindra luftläckage genom stenväggen (förutsatt att det inte fanns en yttre lerkappa/fodring) så borde denna lagas innan en ny körning. Möjligen har man gjort en ny fodring efter varje eller varannan körning? Och kanske har hela eller delar av ugnen satts om ganska ofta.

Analys – Petrografi

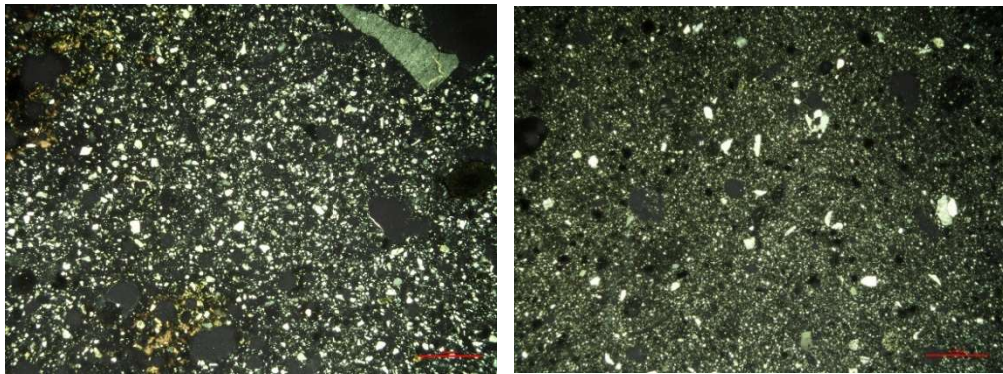
Till skillnad från studiet av ugnarna vid Älvros valdes i detta fall endast ett antal godsanalyser med hjälp av petrografisk mikroskopering av tunnslip (se bilaga 1 för metodbeskrivning). Detta beror främst på att det i detta fall inte finns några lerprover att jämföra med. Dock ger en omedelbar jämförelse av färgen (m.h.j.a. Munsell Soil Color Charts) på den lägst oxiderat brända delen av Svegproven med färgen på motsvarande delar av Älvrosproven vid handen att temperaturnivåerna är de samma (Grandin & Stilborg 2024, 30).

Totalt 5 prov utvaldes till petrografisk analys (tabell 1 och 2). Prov 8 (Ts 1) består av både rester av blästersköld och slagg och träkol (och ev. sand) som sintrats fast på/trängt in i blästerskyddets insida. Därutöver har ett tunnslip av slagg (prov 13a) med inklusioner av keramiskt material undersökts. De detaljerade resultaten av mikroskoperingarna av de fem första tunnslipen framgår av datablad i bilaga 4.

Tabell 2. Översikt över prov uttagna till vidare analys genom petrografisk mikroskopering av tunnslip.

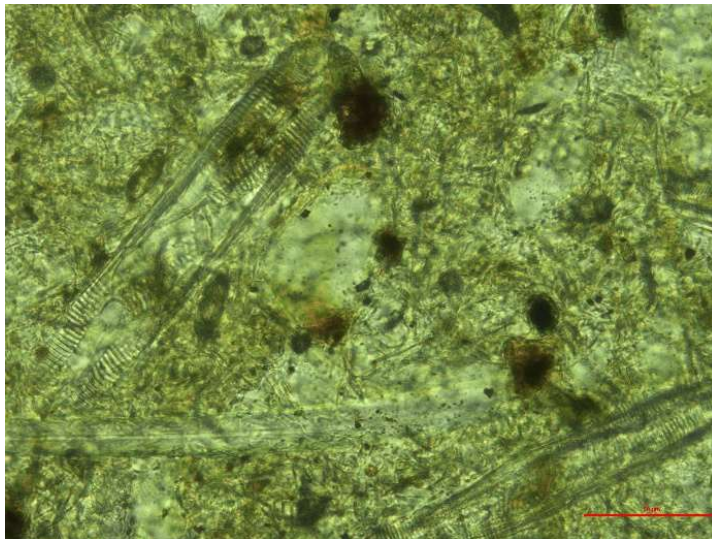
Plats	Tunnslip	Prov	Objekt
L1945:8276	Ts 1	Ugn, 8	Hopsintrad material
	Ts 2	Varp 1, 10a	Blästerskydd
	Ts 3	Varp 1, 11	Blästerskydd
	Ts 4	Varp 2, 12	Fodring
	Ts 5	Varp 2, 13	Fodring

Leran i de tre proven av blästersköld och ett av fodringsproven (Ts 1–4) varierar något i innehållet av silt (mellan rikt och mycket rikt) medan finsand är genomgående väl representerat och sandkornen är få (Fig. 6).



Figur 6. Mikroskopfoton av Ts 2 (prov 10a, blästerskydd) och Ts 4 (prov 12, fodring). Krysspolariserat.

I prov 8 (Ts 1) kan några av sandkornen härröra från lös sand som uppträder i det ihopsintrade materialet och som kan komma från stenen i schaktet eller vara sand som tillförts processen (Evenstad 1968(1782), 64). Lerorna som använts till den tekniska keramiken är således väl sorterade. I de tre proven av blästersköld är de också väl homogeniserade medan leran i fodringen Ts 4 (prov 12) innehåller en del små lerkörtlar som sannolikt är naturligt förekommande i leran. Mineralogin domineras av kvarts och kvartsit med några korn av olika typer av fältspat och en mindre mängd finsandkorn av olika mörka mineral (däribland zirkon). Den naturliga förekomsten av malmmineral är mycket svåruppskattat eftersom godsens innehåller varierande mängder av föroreningar i form av små slagginklusioner (och eventuellt malm). Detta diskuteras närmare längre fram. Det viktigaste gemensamma draget för ler-råmaterialet är innehållet av kiselfossil i form av diatomeer (alla fyra prov) och spongienålar (Ts 1 och 2; figur 7).



Figur 7. Mikroskopfoto av diatomeer och spongienål i Ts 2 (prov 10a, blästersköld). Planpolariserat.

Mängden av diatomeer varierar markant med den största förekomsten i Ts 1 och 2 (prov 8 och 10a). För en artbestämning är en analys på de extraherade diatomeerna nödvändig (Håkansson 1997) och en sådan har inte ingått i närvarande undersökning. Dock tycks det utifrån mikroskoperingen av de fyra tunnslipen röra sig om

samma typer av diatomeer. En bestämning till art som innebär information om kiselalgernas preferenser i form av söt/brak/salt vatten skulle vara till ytterligare nytta för en proveniensbestämning men redan SGU's kartering av kvartära utskikt i ugnens närområde pekar starkt på att leran kommer från isälvsedimenten som närmast 100–150 meter österut (Fig. 8). Den mest sannolika lokalisering av lertaget/lertagen är där det har funnits en skärning vid ett ålopp eller våtmark/sjö och undergrunden således har kunnat observeras omedelbart. Det går dock inte utan vidare att identifiera något lämpligt ställe på kartan. Det viktigaste är emellertid insikten att ugnsbbyggarna har valt bort morän-undergrunden, där ugnen placerats, och istället sökt råmaterialet i ett område där man kan vara rimligt säker på att hitta denna väl sorterade kvalitet som är såväl rik på kvarts (termiskt hållbar) som finkornig (formbar). Mängden av lera som behövs för ugnskonstruktionen är, utifrån beräkning gjort på bas av ugnarna i Älvros, begränsat till 5–10 kilo (Grandin & Stilborg 2024, 33), vilket innebär att avståndet till ett lertag inte bör ha varit något stort problem.

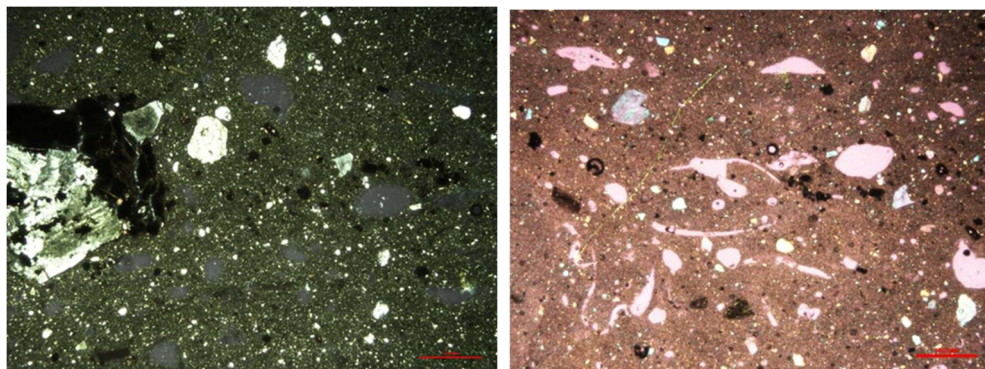


Figur 8. Kartutsnitt från SGU's kartvisare "Jordarter". Ljusblått med signatur är morän medan ljusgrön färg betyder isälvsediment. Stjärna anger L1945:8276. Skala: 5 mm = 100 m.

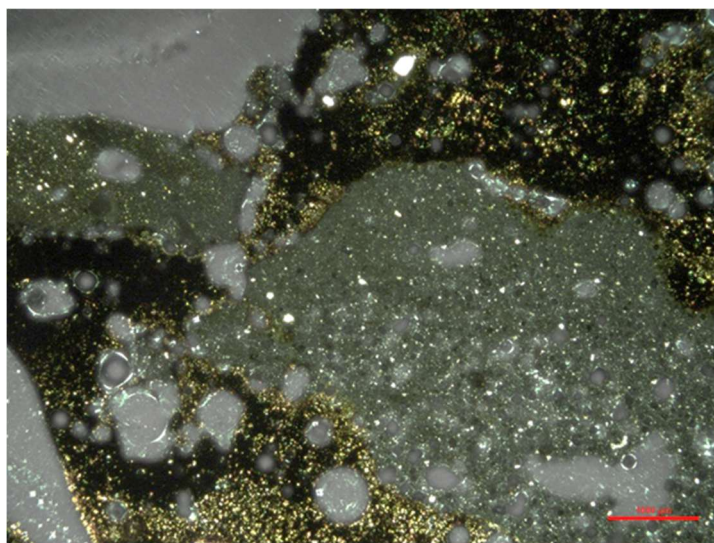
I leran som använts till fodringsprov 13 (Ts 5) har det inte observerats några kiselossil och kvaliteten är finare med framförallt mindre finsand (Fig. 9, vänster). Mineralogin är dock den samma och sannolikt kommer leran från samma isälvsområde men förslagsvis ett annat lager som representerar en annan fas i formationens geologiska tillblivelse. Ett enstaka stort (3,5 mm), kantigt granitkorn är mest sannolikt förorening från stenen (granit dominerar berggrunden i området) som använts till att bygga schaktet på samma sätt som det antogs för liknande korn i leran som använts i Älvros (Grandin & Stilborg 2024, 26). I godset finns även ett antal upp till 2,5 mm långa "stråformade" hålrum efter växtmaterial (Fig. 9, höger). Detta är mest sannolikt ett naturligt inslag, men med tanke på den möjliga

växtmagringen av teknisk keramik från Älvros (Grandin & Stilborg 2024, 26) kan det inte helt uteslutas att det är en tillsats. Mängden och storleken talar dock snarast för att det är en naturlig förekomst vilket understryker att leran i detta prov har grävts upp på ett annat ställe eller från ett annat lager än den övriga leran som använts till Svegugnen.

En ännu finare lera med ytterst få finsandkorn och inga korn i sand-storlek uppträder i de lerfragment (sannolikt fodringsfragment) som inneslutits i en slaggskålla från slagghvarp 2 (Prov 13a, figur 10).



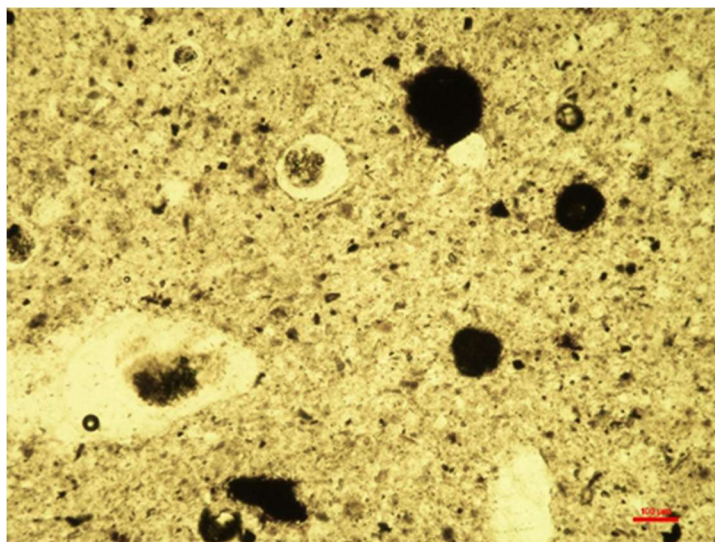
Figur 9. Mikroskopfoton av Ts 5 (prov 13, fodring) till vänster översikt i krysspolariserat ljus och till höger detaljbild av avlånga hålrum efter växtmaterial i krysspolariserat ljus med Lampda kompensator.



Figur 10. Mikroskopfoto av prov 13a (slaggskålla, se mer om slagg nedan) med inneslutna fragment av fin lera (fodringsfragment). Krysspolariserat.

Utöver enstaka bergartskorn med ursprung i stenar i schaktet, har leran i blästerskydd/ugnslucka och fodring förorenats med mindre, skarpkantiga fragment av slagg (Ts 2) och små runda slagginklusioner (upp till 0,8 mm; figur 11) som vi tolkar som sprutslag (främst Ts 4 och 5). Den mest sannolika anledningen till förorening med sprutslag är att leran innan användning har varit deponerad nära områdets fällsten. Det har ofta diskuterats i samband med studier av järnframställningsplatser om det har funnits upplag av lera liknande de upplag av malm som relativt ofta påträffas. I de flesta fall har det visat sig att de lerrester som skulle kunna utgöra rester av ett sådant

materialförråd istället är värmepåverkade rester av de yttersta delarna av ugnarnas lerschakt. Därför är detta den första positiva indikationen på att ett sådant upplag har funnits.



Figur 11. Mikroskopfoto av runda sprutslaggs(?) i Ts 4 (prov 12). Planpolariserat.

Sammanfattning

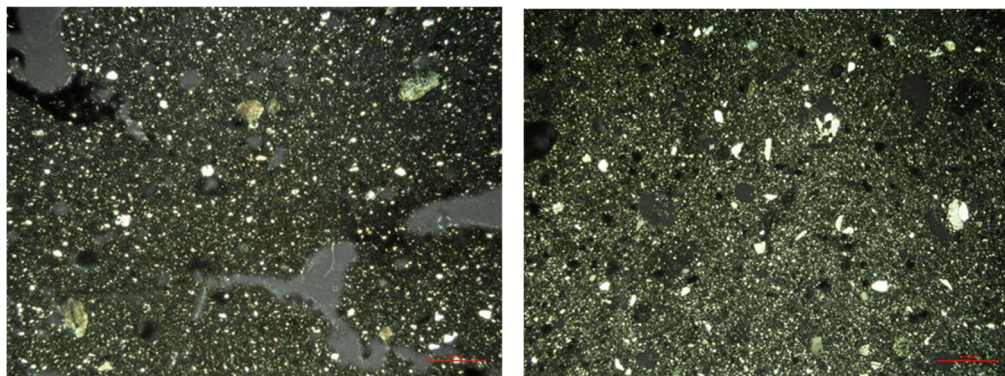
Typerna av teknisk keramik – fragment av blästersköld och fodring – är det förväntade utifrån tidigare studier av ugnstypen (Grandin & Stilborg 2024).

Råmaterialet till blästersköld och fodring från ugnen och slaggvarp 1 har samma ursprung som med största sannolikhet kan hittas inom isälvssedimentet öster om platsen. Leran i den provtagna fodringsresten från slaggvarp 2 (prov 13, Ts 5) och i de fragment som påträffats i slaggsållan från samma slaggvarp (prov 13a) är av en finare kvalitet och inget innehåll av diatomeer har kunnat påvisas. Dessutom har leran i fodringsresten ett innehåll av växtmaterial som inte påvisats i de andra proven. Detta betyder inte nödvändigtvis att leran kommer från något annat område men förslagsvis att det representerar en annan del av samma sediment eller en senare avlagring med mindre energi (finare material) och med förhållanden som inte är gynnsamma för kiselalgerna. Detta skulle kunna vara ett indicium på att slaggvarp 2 representerar platsens äldsta fas.

Fynd av förmodat sprutslaggs i två Ts-analyser (prov 12 och 13) pekar på att det har funnits ett råmaterialupplag av lera i anknytning till fällstenen.

Jämförelse med de två Älvros-ugnarna L1945:9225 och L2022:10033

Studiet av teknisk keramik och lokala lerprov från järnframställningsplatserna L1945:9225 och L2022:10033 i Älvros socken kunde inte klart fastställa varifrån ugnsbbyggarna hade hämtat leran till blästersköld och inre fodring av stenschakten (Grandin & Stilborg 2024). Det var dock klart att man föredragit en mellangrov, siltrik lera (Fig. 12). Lerorna som använts till Svegugnen (L1945:8276) är av helt samma kvalitet och förefaller ha haft samma egenskaper med hänsyn till plasticitet och värmetålighet.



Figur 12. Mikroskopfoton av Ts 8 (L2022:10033) till vänster och av Ts 4 (L1945:8276) till höger. Krysspolariserat.

Slagg och metall i lerprov från ugnen

Tre prover som har insamlats från ugnen, lerprov 3 och 4 i övre delen, och lerprov 8 från flera nivåer i ugnen presenteras ovan vad gäller det keramiska materialet. I dessa tre prover förekommer dock även slaggar och järn, som behandlas nedan beskrivs nedan.

Prov 3 är delvis magnetiskt och det finkorniga provet innehåller en del små slaggfragment som kan förklara magnetismen. Dessa har dock inte analyserats mer detaljerat, men eventuellt innehåller de också metalliskt järn.

I prov 4 har visserligen ingen slagg observerats, men det kan inte uteslutas att finkorniga slaggfragment förekommer även i detta. Motsvarande tolkning kan göras för prov 3 och 4 som för prov 7 (se nedan), att de är del i det finkorniga material som har blivit kvar i ugnsschaktet när detta har rensats för kommande körningar, tillsammans med fragmenterad ugnsfodring.

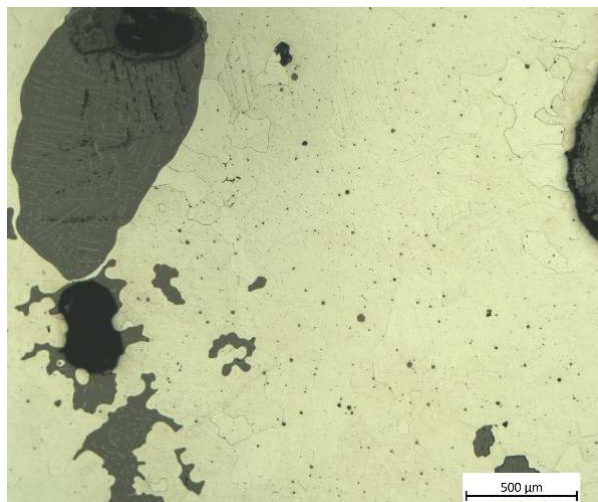
Prov 8 innehåller flera olika typer av material.

- Flera små stycken av hopkittat material. Brun-svarta. Magnetiska. Innehåller slaggfragment, kolstycken, fragment av bränd lera och rostigt järn (vilket troligen har kittat samman materialet).
- Oregelbundet formad slaggklump med insprängt metalliskt järn
- Flera bitar där slagg har stelnat mot vägg/infodring/botten Hopsmält med slaggen finns också små stenfragment (jämför t.ex. prov 12 och 13)
- Fragment av forma/blästersköld (se keramiskt material ovan).
- Fragment av forma där slagg har trängt ut genom leran. I delat tvärsnitt framgår dessutom att slaggen innehåller stor andel metalliskt järn (Fig. 2, 13).

Ett polerprov av en av järninklusionerna i prov 8 (Fig. 2) har analyserats i mikroskop (se även bilaga 3).

Provet utgörs av en större, tämligen tät ansamling av metalliskt järn. Den innehåller också slagginneslutningar, små och stora (Fig. 13), med olivin, en glasfas och wüstit i något varierande proportioner. Efter etsning framträder en homogen metall som utgörs

av grovkornig ferrit, dvs. ett långsamt avsvannat, kolfritt järn. I texturen framträder också ett dendritiskt mönster som är karaktäristiskt för ett fosforjärn. Denna textur bildas främst när järnet är hastigt avkyllt vilket delvis motsäger den långsammare avsvannning som den grovkorniga texturen antyder.



Figur 13. Järninklusionen i prov 8. Översiktsfoto från mikroskopet på polerat och etsat prov, reflekterande belysning. Stora och små slagginneslutningar (i grått). Det ljusa järnet med tunna linjer som markerar kornkontakter är ferrit, dvs. kolfritt järn.

Malmer

Två insamlade malmprover har studerats (Fig. 14). Det ena är ett malmprov från ett lager med rostad malm (prov 1); det andra provet (prov 7) påträffades i nedre delen av ugnen (botten nr 2). Båda proverna har granskats.

Att malm förekommer i ett lager med rostad malm är förväntat från en järnframställningsplats, t.ex. från nedre delen av ett malmupplag. Om malm påträffas i en ugn innebär det dock att malmen har gått genom ugnen utan att processen har fungerat fullständigt, varför det var viktigt att studera detta prov för att få en klarhet i varför malm eventuellt förekommer som en rest av processen på denna nedre nivå i ugnen.

Båda malmproverna är magnetiska vilket är tecken på att malmen är rostad (jänhydroxider är omvandlade till magnetiska järnoxider) och förberedd för uppsättning i ugnen.

I prov 1 ses finkornigt rött material, med endast liten inblandning av annat material (silikat-korn), vilket är förväntat i en rik malm.

Prov 7 visar sig dock vara mer komplext sammansatt. Vid en första översiktlig granskning uppvisar det likheter med prov 1, men vid högre förstoring i stereoluppen ses att provet innehåller små slagddroppar, kolstycken och fragment av bränd lera. Det innebär att prov 7 snarare representerar en blandning av de finkorniga material som kan förväntas bli kvar i en blästugn när både järnluppen och större slagger har tagits ut. Denna observation visar därmed att det inte finns tecken på att malm har gått oreducerad genom ugnen, vilket annars skulle ha varit tecken på en mindre väl fungerande process.

Malmprov 1 har analyserats kemiskt och resultaten (Tabell 5:1 i Bilaga 5) visar en hög järnhalt, dvs. en rik malm, vilket därmed är

fördelaktigt för järnframställningen. Den kännetecknas också av ett måttligt innehåll av mangan, men generellt låga halter av flera av de ämnen som förekommer i högre halter i slaggerna, bl.a, kalcium vilket utvärderas ytterligare tillsammans med kemidata för slaggerna (Bilaga 5).



Figur 14. De två malmproverna, prov 1 och prov 7.

Slagger från ugnen

När ugnen undersöktes påträffades bottensällor/bottenslagger på flera nivåer i ugnsschaktet (Tabell 1). En övre (prov 5) och en nedre (prov 6). Mellan dessa noterades ett ca 8 cm tjockt lager med småslagger (slaggpärlor, krossad slagg samt sot- och kolblandad sand). Även under den undre bottenslaggen observerades ett lager med slagg, kol och sot (ca 10 cm tjockt). I båda fallen förefaller det vara sådant som är kvar efter att järnluppen och större slaggar har tagits ut medan småslagger och annat fragmentariskt material har blivit kvar (inte nödvändigt med fullständig städning).

Men om större bottenslagger har blivit kvar vid två tillfällen innebär det att ugnsbotten successivt har höjts och ugnsvolymen minskat – om inte ugnen samtidigt har byggts på i den övre delen. Om bottenslaggen lämnats kvar, måste vi också spekulera kring var blästeringången/forman har varit placerad. Om blästeringången varit kvar på samma ursprungliga nivå, bör blästerfokus vid den efterföljande körningen utan slaggrensning, ha varit så lågt placerat att det inte funnits utrymme för några större slaggmängder att bildas under blästernivå. Att den övre bottenslaggen, prov 5, är tunnare (50 mm) än den nedre, prov 6 (120 mm) skulle kunna passa med denna tolkning. Eller har forman också flyttats uppåt? Enligt dokumentationen från undersökningen kunde forman inte lokaliseras, och avsaknaden tolkades preliminärt som om ugnen rasat i den sida där inblåset borde ha varit.

Bottenslagg prov 5 (övre slaggen)

Bottenslaggen utgörs av två fragment som tillsammans väger 1963 gram. Den mindre delen påträffades dock i prov 6 och visade sig ha passning med slaggen i prov 5 – vilket antyder att slaggerna inte är kvarlämnade från processen utan placerade/inkastade i schaktet efter att ugnen inte skulle användas mer.

I plan är slaggen kantigt oval ca 220×200 mm stor (Fig. 15). Tjockleken varierar från 20 till 50 mm. I profil ses att de nedre 20 mm

utgörs av tät, kompakt och homogen slagg, medan övre delen (som mest 30 mm tjock) är mer varierande i sin uppbyggnad och porösare (Fig. 16). Bottenytan har smält fast mot små slaggar (kvar från tidigare körning; se även prov 13a med fastsmälta lerfragment).

Analys av tunnslipet visar en tät, homogen slagg (Fig. 16, Bilaga 3). Den är relativt grovkornig, något finkornigare längs botten och innehåller olivin, glasfas, wüstit och sporadiskt metalliskt järn.



Figur 15. Bottenslagg prov 5 från ugnen. Ovansida och botten.



Figur 16. Bottenslagg prov 5 från ugnen, delat tvärsnitt. Den centrala täta slaggen är analyserad (tunnslip och kemi). Infällt foto från mikroskopet; se bilaga 3 för detaljer.

Bottenslagg prov 6 (nedre slaggen)

Bottenslagg prov 6 väger 9580 gram. Den är oval i plan ca 240×220 mm stor (Fig. 17). Tjockleken varierar från 80 till 120 mm. Den är därmed betydligt tjockare än bottenslaggen i prov 5.

Överytan är ojämn där flera slaggsträngar kan urskiljas, främst längs kanten, och bildar en central försänkning. Dessutom förekommer flera fragmentariska kolstycken; något som också framträder än tydligare i delat tvärsnitt.

I profil (Fig. 18) ses en ojämn form, där slagg i kanten har stelnat mot vägg (fläckvis med fastsmält gråbränd lera). En central del av slaggen är mer skålformad och formade mot en botten med liknande underlag som i prov 5.

I det delade tvärsnittet, framträder en homogent uppbyggd slagg med flera större hålrum, och en del kolstycken.

Analys av tunnslipet visar flera slaggflöden, varierande från tät till porös slagg, mestadels något finkornigare än prov 5. Den innehåller olivin, glasfas, och wüstit. Men metalliskt järn är sällsynt (Fig. 18, Bilaga 3).

Sammansättning

De båda slaggen skiljer sig strukturellt från varandra, men de kemiska analyserna (Bilaga 5) visar mycket god överensstämmelse mellan dem, med likartat innehåll av både huvudämnen (t.ex. mangan på ca 10–11 % MnO) och spårämnen. De är så pass lika att det är möjligt att de är bildade vid samma körning, eller åtminstone av malm från samma *batch* och som genomgått en mycket stabil process. Dessa kan jämföras med slagger från de båda slaggarvarpen (prov 10 (tunn och tät slagg) och 13b (tjockare slagg), vilka sinsemellan visar något olika spårämnesuppsättning (Bilaga 5).

Båda dessa bottenslagger, samt de från de båda slaggarvarpen, innehåller dessutom markant högre halt av kalcium (storleksordningen 3 % CaO) jämfört med malmen (ca 0,15 % CaO). I bilaga 5 utvärderas detta mer utförligt bl.a. huruvida bränslet i form av ved och träkol kan ha bidragit till det betydligt högre innehållet av kalcium i slaggen.



Figur 17. Bottenslagg prov 6 från ugnen. Ovansida och botten (kurvaturen i övre kanten visar kontakt mot vägg(grop)).

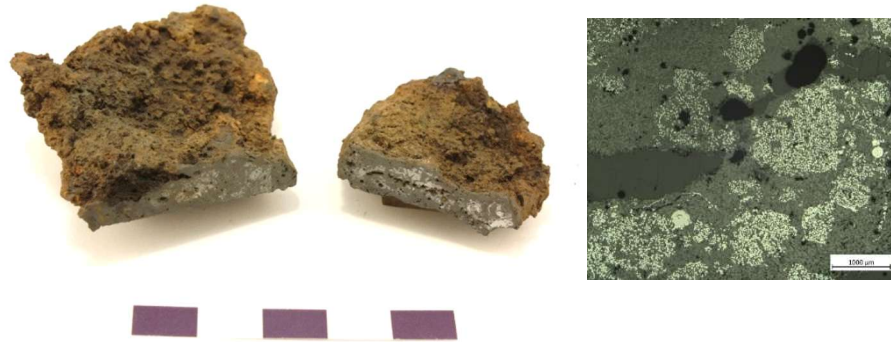


Figur 18. Bottenslagg prov 6 från ugnen, delat tvärsnitt. Slaggen i högra kanten är analyserad (tunnslip och kemi). Till vänster ses också lite metalliskt järn som små ljusa fläckar. Infällt foto från mikroskopet; se bilaga 3 för detaljer.

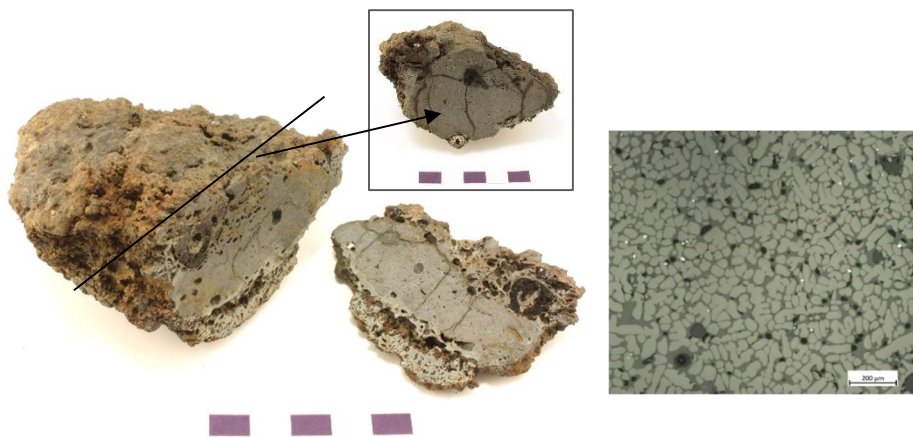
Järnhaltig slagg

I prov 9 ingår slagger som är insamlade från ugnen i den del som i fält tolkades vara blästeringång (även om forman inte kunde ses, troligen på grund av skada?). Dessa slagger är generellt mer magnetiska än slaggen i övrigt från ugnen vilket vid delning visar sig bero på förekomst av metalliskt järn. Sådana koncentrationer av metall är tämligen vanligt förekommande i anslutning till blästeringångar, där järn kan fastna på ovansidan av luftintaget och det eventuella blästerrör som är instucket i ugnen. I prov 9 ingår också en plankonvex bottenslagg. Alla tre är analyserade.

- a. Tung, tunn, oregelbundet rektangulär-triangulär i plan, kompakt slaggbit, med plant avtryck(?). Magnetisk. Ca 60×40×15 mm stor, med en vikt på 61 gram. Vid delning framträder slagg med insprängt metalliskt järn (polerprov är analyserat). Provet utgörs av slagg som är impregnerad med metalliskt järn, mestadels som små sliror, men ställvis i något större svampiga ansamlingar. Slaggen innehåller wüstit (mindre än i prov 2), olivin och glas. Några få runda järndroppar innehåller runda slagginneslutningar. Efter etsning av provet framträder en homogen korntextur av ferrit, dvs. kolfritt järn (Fig. 19, Bilaga 3).
- b. Tung, tunn, kompakt och magnetisk slaggbit med plant avtryck(?). Kvadratisk med rundade hörn. Ca 35×30×8 mm stor, med en vikt på 29 gram. Vid delning framträder slagg med insprängt metalliskt järn (polerprov är analyserat). Provet utgörs precis som prov 9a av slagg som är impregnerad med metalliskt järn, mestadels som små sliror, men ställvis i något större svampiga ansamlingar. Slaggen innehåller wüstit (mindre än i prov 2), olivin och glas. Några få runda järndroppar innehåller små runda slagginneslutningar (smält järn?). Efter etsning av provet framträder en homogen korntextur av ferrit, dvs. kolfritt järn (Fig. 19, Bilaga 3).
- c. Plan-konvext formad bottenlagg. Oval i plan, ca 100×70 mm stor, med varierande tjocklek 25–45 mm. Vikt: 612 gram. Omagnetisk. Vid delning framträder en något skiktad slagg. Ett centralt skikt dominerar och utgörs av tät, homogen slagg. Analyser visar att den domineras av wüstit, mindre mängd olivin och glas, med innehåll av små droppar av metalliskt järn (Fig. 20, Bilaga 3). I botten finns ett tunt, några mm tjockt lager av porösare slagg (med fåtal metallkoncentrationer), och överst ett skikt av slagg som är impregnerat med metalliskt järn (likt i prov 9a och 9b) delvis i anslutning till kolstycken.
 - En bit järn (från botten) är analyserat (polerprov), liksom ett tvärsnitt av slaggen (tunnslip och kemi). Del av bottenlagg (jämför prov 5 och 6). Två droppar av järn inbakade i slaggen har analyserats. En större droppe från botten (Fig. 20) som mestadels är tät, innehåller också en del hålrum, men inte innesluten slagg. Järnet har en hög kolhalt i sin centrala del, men kolhalt avtar mot ytterkanten (ytterst helt kolfritt). En något mindre järndroppe, också den porig och mer inbakad i slagg, har hög men komplex kolhalt, (grått gjutjärn övergår i vitt gjutjärn, med successivt avtagande kolhalt mot ytterkanten där det är nästan helt kolfritt i kontakt med omgivande slagg). Slaggen i direkt kontakt med denna järndroppe innehåller olivin och glas, men ej wüstit. En tredje metalldroppe har generellt lägre kolhalt, men även den har avtagande kolhalt mot kanten i kontakt med slaggen (som i kontakten är fri från wüstit).



Figur 19. Två tunna, kompakta bitar av järnimpregnerad slagg (prov 9a och 9b). Delade tvärsnitt, som har analyserats. Infällt foto från mikroskopet (prov 9b); se bilaga 3 för detaljer.



Figur 20. Den ovala slaggen i prov 9c i delat tvärsnitt. Rutan till höger visar det tunnslip som har analyserats. Nästa tvärsnitt i slaggen (längs linjen) innehåller metalliskt järn (vid pilen). Infällt foto från mikroskopet på slaggen; se bilaga 3 för detaljer.

Slagg från slaggharp

Slaggharp 1

I prov 10 från slaggharp 1 finns flera typer av material:

- En bit av en forma med påsmält slagg på insidan (Fig. 4), sannolikt med metalliskt järn (se även prov 11, Fig. 5).
- Slagg med insmält grusigt material (från ugnskonstruktion)
- Del av bottenlagg likt den i prov 5.

Bottenlaggen (prov 10:3) väger 1800 gram. Den saknar ursprunglig ytterkant varför formen är oklar, men den är minst 190 mm i diameter. Tjockleken varierar från ca 35 till 60 mm. Likt i prov 5 utgörs den nedre delen (upp till 35 mm) av tät, lättfluten homogen slagg. Övre delar (främst där den är tjockare) utgörs av trögfluten slagg med större porer (Fig. 21). Längs bottenytan finns en del små stenar fastsmälta, och i delat tvärsnitt ses att en del av dem delvis också har smält och blandats i slaggens nedre del. Såväl form och storlek som uppbyggnad visar stora likheter med slaggen i prov 5. Kemiskt (Bilaga 5) är de likartade, men inte identiska (prov 5 är mer lik prov 6).

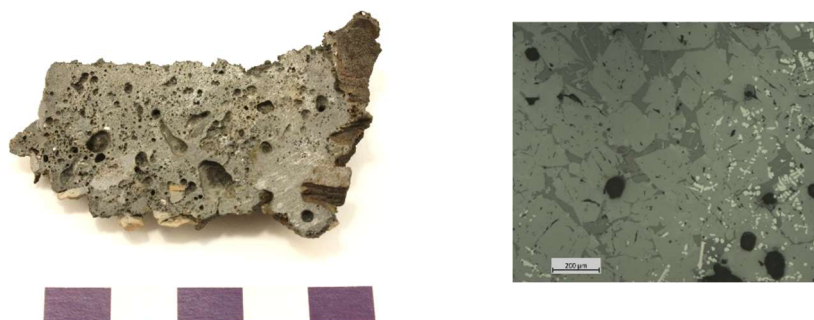
Analys av tunnslipet (Fig. 21, Bilaga 3) visar en mestadels tät, homogen slagg. Den är relativt grovkornig, och innehåller olivin och en glasfas – wüstit endast extremt finkornig i glasfasen), samt sporadiskt metalliskt järn. Den kemiska analysen (Bilaga 5) visar i stora drag en slagg med likartad sammansättning som de båda slaggerna från ugnen, om än med nära mindre skillnader som diskuteras mer i bilaga 5.



Figur 21. Bottenslagg prov 10 från slaggvarp 1 sedd snett ovanifrån som visar den täta homogena slaggen, vilket ses i den lilla infällda bilden på delat tvärsnitt, med en liten sten insmält i botten. Infällt foto från mikroskopet; se bilaga 3 för detaljer.



Figur 22. Bottenslagg prov 13a från slaggvarp 2. Ovansida och botten, med slagg fastsmält mot lerfragment.



Figur 23. Bottenslagg prov 13a från slaggvarp 2, delat tvärsnitt med lerfragment både längs botten och mer centralt i slaggen (ljusare grå än slaggen). Infällt foto från mikroskopet; se bilaga 3 för detaljer, samt fig. 10.

Slaggvarp 2

Två prover är insamlade för analyser från slaggvarp 2. Det ena (prov 12) utgörs av slagg i kombination med bränd lera. Dessa bitar är av samma typ som i prov 8 från ugnen.

Prov 13 är komplext och innehåller flera typer av material, bl.a. små tunna bitar av bränd lera (se keramiskt material ovan, inkl. fig. 10) och små slaggfragment av trögfluten slagg. Bland större slaggar:

- a) Del av en bottenlagg av tunnare typ (20–40 mm) med tät slagg (se prov 5 och 10). Bottenytan på denna slagg har dock inblandning av små lerfragment som efter delning också visar sig mer centralt insmälta i slaggen (Fig. 22). Ett tunnslip är analyserat (Fig. 23) och visar en slagg med varierande porositet och mineralinnehåll. Slaggen domineras av olivin och en glasfas. Ställvis förekommer hercynit, ställvis wüstit. Insmälta fragment av bränd lera är frekventa (se även keramisk analys, fig. 10).
- b) Del av bottenlagg av något tjockare typ (ca 50 mm) av likande karaktär som prov 6 från ugnen, där små slaggsträngar kan ses längs bottenytan, men övre delen är mer trögfluten (Fig. 24). I delat tvärsnitt ses också en del större hålrum, rester av kolstycken (likt i prov 6) och koncentrationer av metalliskt järn.



Figur 24. Bottenlagg prov 13b från slaggvarp 2. Ovansida och botten.



Figur 25. Bottenlagg prov 13b från slaggvarp 2, delat tvärsnitt med porös slagg, rester av kolstycken (centralt i överkanten) och fläckvis med metalliskt järn. Tunnslipsanalys och kemisk analys längs högra kanten. Infällt foto från mikroskopet; se bilaga 3 för detaljer.

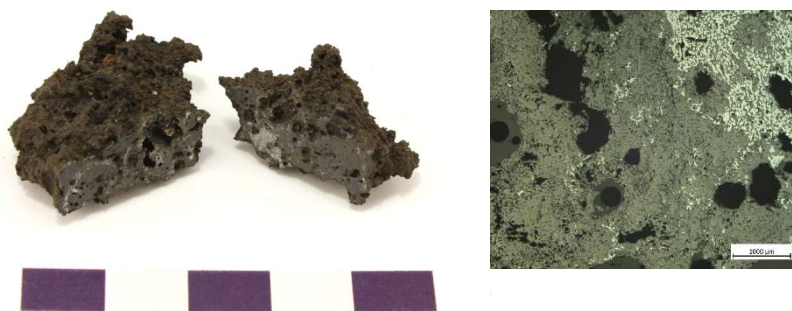
Analys av tunnslipet från slaggprov 13b (Fig. 25, bilaga 3) visar en slagg med varierande porositet. Den är något finkornigare än övriga slaggar, men likt de flesta andra innehåller den olivin, glasfas och wüstit. Metalliskt järn förekommer som sliror, i större ansamlingar och droppar.

Den kemiska analysen av prov 13b (Bilaga 5) visar att slaggen har en likartad kemi som de andra proverna vad gäller absoluta halter av huvudämnen. Trots ett fåtal ansamlingar av metalliskt järn har slaggen inte anmärkningsvärt hög totalhalt av järn (som oxider). Dess innehåll av mangan är på samma nivå som i övriga slagger. Prov 13b har dock helt annat förhållande mellan MnO och barium (Ba) (med betydligt högre Ba i förhållande till MnO jämfört med övriga slagger vilket antyder användning av annan malm. Slaggen har också en markant högre halt av vanadin (V) vilket också antyder en annan källa.

Slagg (och metall) från fällsten

Prov 2, insamlat intill fällstenen, utgörs av ett fåtal större (några centimeter) oregelbundna, trögflutna slagger som mestadels är magnetiska. Dessutom ingår en större mängd små slagger (0,5–2 cm stora, också de till stor del magnetiska, och av liknande karaktär. Inga slaggdroppar (sprutslagger) som är vanliga när järnluppen slås samman så fällstenen, har dock noterats i provet. I ett tunnslipsprov från prov 12 (keramiskt material, fig. 11), har dock små runda kulor observerats. Tunnslipet, är som brukligt för att analysera keramiskt material tillverkat med täckglas och kan endast undersökas i genomfallande belysning. Slagger analyseras dock utan täckglas för att kunna studeras i såväl påfallande/reflekerande som genomfallande belysning för att identifieras på bästa sätt. Troligen är det slaggekulor (möjliga sprutslagger), men det är inte helt entydigt.

Delade slagger uppvisar ett tvärsnitt som domineras av slagg, men med insprängt metalliskt järn, antingen som tunna små sliror, eller något större ansamlingar (Fig. 26). En av dessa järnkonzentrationer har analyserats. Provet utgörs av slagg som är impregnerad med metalliskt järn, mestadels som små sliror, men ställvis i något större svampiga ansamlingar. Slaggen domineras av wüstit med mindre mängd olivin och glas. Efter etsning av provet framträder en homogen korntextur av ferrit, dvs. kolfritt järn (Fig. 26, bilaga 3).



Figur 26. En av de små trögflutna slaggerna, i delat tvärsnitt som visar insprängt metalliskt järn som små tunna sliror och några större ansamlingar (analyserad). Infällt foto från mikroskopet; se bilaga 3 för detaljer.

Sammanfattning och tolkning (Ole Stilborg och Lena Grandin)

Med tanke på standardiseringen av ugnstypen i regionen är utgångspunkten för de aktuella analyserna resultaten från tidigare studier av liknande ugnar särskilt de båda nyligen undersökta i Älvros (L1945:9225 och L2022:10033). Utgrävningen redovisade en mycket liknande konstruktion varför man kunde förvänta samma typ av rester av teknisk keramik från denna plats (L1945:8276). Det var dock intressant att se om standardiseringen även omfattade valet av lertyp till denna viktiga men ändå begränsade del av konstruktionen. Frågan rörande råmaterialets ursprung var också intressant. De metallurgiska frågeställningarna rör bland annat tolkningen av fyndet av flera slaggsällor i ugnen och om de skiljer sig från de i slaggsällor, samt hur de kan relateras till malmen. Vidare om variationer i processens effektivitet och vilken/vilka produkter som framställdes.

Råmaterial till ugnen

Sorteringen av lerråmaterialet till undersökta prov av blästersköld och fodring från ugnen och slaggsällor 1 och förekomsten av kiselossil pekar på ett gemensamt ursprung som med största sannolikhet kan hittas inom isällvsedimentet öster om platsen. En ännu finare lera men utan fossil i keramiska fragment från slaggsällor 2 tyder på ett liknande ursprung men från en annan plats. Alternativt rör det sig om ett högre lager i samma geologiska avlagring och i så fall tyder detta på en äldre datering av dessa rester.

Ugnsbbyggarna har valt bort moränundergrunden, där ugnen placerats, och istället sökt råmaterialet i ett område där man kan vara rimligt säker på att hitta denna väl sorterade kvalitet som är såväl rik på kvarts (termiskt hållbar) som finkornig (formbar).

Lerorna som använts till ugnarna i Älvros är av samma kvalitet men utan fossilrester (Grandin & Stilborg 2024, 20ff) och därmed gör resultaten från Sveg det möjligt att konkludera att ett medvetet val av en bestämd lerkvalitet har ingått i den teknologiska know-how bakom järnframställningen med denna ugnstyp. Lerkvaliteten är inte termiskt optimal med tanke på den observerade rikliga sprickbildningen i blästersköldar samt avspjälkningen av fodring som observerats på alla tre ugnspplatser. Sannolikt har man dock valt den mest formbara leran som gick att hitta.

Ugnens konstruktion och funktion

Ugnschaktet har huvudsakligen byggts av sten – ett material som dock inte har ingått i denna analys. Det finns dock sporadiskt med i slaggerna i form av i det närmaste grusigt material, bl.a. av grovkornig granit som har smält fast mot bottenslagger, t.ex. i prov 10 från slaggsällor 1. Enligt fältdokumentationen är stenar av granit ett vanligt inslag i området och även i ugnskonstruktionen, och enligt SGUs berggrundskarta också den bergart som dominerar i området.

I slaggsällor 10 ser vi därmed tydliga tecken på att ugnsväggen har påverkats av den höga värmen och spruckit sönder. Stenflisorna har sannolikt ramlat ner i ugnens botten och delvis blivit kvar till efterföljande körning av ugnen och då täckts över av den första slaggen som rann ner i botten. Liknande tecken på att ugnsväggen och dess

fodring har gått sönder ses i bl.a. prov 13a från slagghvarp 2 där det istället är fragment av lerfodringen som blivit kvar i ugnsbotten och smält fast i slagen vid nästa körning.

Förekomsten av en förglasad zon på blästersköldfragment bör innebära att man använt varje version av ugnen till minst två körningar och mycket möjligt flera. Samtidigt visar avsaknaden av lagningar av sprickbildningar, som de som bl.a. ses på figur 4, att man relativt ofta har bytt ut blästerskölden.

Det finns inte heller spår av lagningar på fodringsfragmenten vilket är anmärkningsvärt eftersom fragment av avspjälkad fodring har påträffats i flera slaggar. Eftersom fodringen är avgörande för att hindra luftläckage genom stenväggen (förutsatt att det inte fanns en yttre lerkappa/fodring) så borde denna lagas innan en ny körning. Möjligen har man gjort en ny fodring efter varje eller varannan körning? Och kanske har hela eller delar av ugnen satts om ganska ofta.

Sammantaget styrker resultaten ytterligare den etablerade bilden av en grundläggande, gemensam konstruktions- och brukstradition för områdets stenbyggda ugnar om än med utrymme för mindre (allmänt kända) tillägg/variationer som de olika grupper som drev ugnarna kunde använda vid behov.

(Hög) bränsleåtgång

Slaggernas ovanligt höga innehåll av kalcium, speciellt i förhållande till det låga i malmen, ger anledning till att fundera på var det kommer från. I masugnar som allmänt har körts med betydligt järnrikare (berg)malmer är det vanligt med tillsättning av flussmedel, t.ex. kalk(sten) för att få en bättre process vilket betyder att den bildade slagen också får ett kalciuminnehåll. Det är dock inte fallet här. Bränsle, i form av ved och kol innehåller bl.a. kalcium (även kalium, aluminium, magnesium, fosfor). Ugnen fylldes inledningsvis med ved/kol och förvärmades inför körningen och när det var dags för malmen att sättas upp gjordes det tillsammans med kol i väl avvägda mängder (se t.ex. Evenstad 1782/1968). Även bränslet kan då påverka slaggernas sammansättning och en större andel kol i förhållande till malm kan tänkas ge en högre andel kalcium, vilket ses i slaggerna från blästplatsen i Sveg. Liknande ses också i slaggerna från Älvros, men inte lika markant.

Flera bottenslagger?

När ugnen undersöktes påträffades bottenskällor/bottenslagger på flera nivåer i ugnsschaktet. Mellan dessa och under den undre bottenslaggen fanns dessutom lager med slagg, kol och sot, dvs. sannolikt sådant som är kvar efter att järnluppen och större slaggar har tagits ut ur ugnen.

Om större bottenslagger har blivit kvar efter en körning borde det innebära att ugnsbotten successivt har höjts och ugnsvolymin minskat. För att processen skulle fungera som avsett är blästrets placering (höjd) och inblåsningsvinkel avgörande (se t.ex. Evenstads notering (1782/1968). Det borde ha inneburit att blästerfokus vid den efterföljande körningen utan slaggrensning, var så lågt placerat att det inte funnits utrymme för några större slaggmängder att bildas under blästernivå.

De kemiska analyserna av de båda bottenslaggerna visar mycket god överensstämmelse mellan dem, med likartat innehåll av både huvudämnen och spårämnen. De är så lika att det är fullt möjligt att de

kan vara bildade vid samma körning, eller åtminstone av malm från samma *batch* och som genomgått en mycket stabil process. Det senare kan dessutom stämma väl överens med att Evenstad (1782/1968) påtalar vikten av att använda ugnen flera gånger i direkt följd för att utnyttja den värme som skapats, och därmed minska åtgången på bränsle. Om en större mängd malm var färdigpreparerad och rostad kunde järnproducenterna fortsätta ladda ugnen med samma malm. På så sätt skulle man kunna få samma kemiska sammansättning på två bottenslagger, även om de inte är bildade i samma körning.

Men var de verkligen tillsammans i ugnen? Det stora problemet med en successiv bildning är att blästeringången antingen måste byggas om (lyftas) eller riskera att fyllas igen med slagg. En annan möjlighet är att slaggerna är ditlagda vid senare tillfälle. Tecken som stödjer detta är att några av de järnrika slaggerna i prov 9 har plana sidor som tyder på att de har blivit bearbetade/hopslagna utanför ugnen. Det innebär att det mesta som påträffats i de olika lagren i ugnen sannolikt inte är på ursprunglig plats. Det gäller även ett av proverna som förmodades vara malm, men visade sig också det innehålla små slaggdroppar, kolstycken och fragment av bränd lera. Denna observation visar därmed att det inte finns tecken på att malm har gått oreducerad genom ugnen, dvs. vilket annars skulle ha varit tecken på en mindre väl fungerande process.

Malmråvaran

Malmprovet från ett upplag av rostad malm utgörs av finkornigt rött och magnetiskt material, med endast liten inblandning av annat vilket tyder på att det är en rik malm. Att malmen är rostad innebär dessutom att den är preparerad för att sättas upp i ugnen.

De kemiska analysresultaten understryker också att malmen är rik på järn (73 % Fe_2O_3), med betydligt mindre mängd kisel (7 % SiO_2). Malmen innehåller också mangan (nästan 5 % MnO), dvs. i halter som är lägre eller mycket än i slaggerna (andelen mangan i en slagg förväntas vara högre än i använd malm). Malmen innehåller vidare lite aluminium (1,7% Al_2O_3), men sparsamt med kalium (0,15 % K_2O , fosfor (0,16 % P_2O_5) och kalcium (0,14 % CaO); dessa ämnen förekommer därmed i avsevärt lägre halter än i slaggerna.

Frågan är om malmen kan knytas direkt till de båda slaggerna från ugnen. Malmen har en manganhalt på nästan 5% (MnO), de båda slaggerna från ugnen ca 10–11%, dvs. dubbelt så hög. De båda har också högre Ba (2000–2200 ppm) jämfört med malmen (1800 ppm), dvs. slaggerna har en mindre ökning i Ba i förhållande till MnO i relation till malmen, något som talar för att slaggerna inte är direkt samhöriga med malmen. Detta skulle tala för att malmen inte är den som användes när bottenslaggerna som påträffats i ugnen bildades. För de båda slaggerna från ugnen finns en likartad samvariation mellan MnO och Ba (båda ökar) som slaggen i prov 10 (med något lägre halt) från slagghvarp 1 som tyder på användning av likartad malm.

Däremot särskiljer sig slaggen i prov 13 b från slagghvarp 2 tydligt. Slaggen har visserligen ett manganinnehåll liknande det i prov 10, men dess bariuminnehåll är markant högre (nästan 4 gånger så högt för samma MnO). Denna slagg avviker således också från malmprovet. Denna avvikelser antyder att slaggen är bildad vid en process där malm från en annan malmfyndighet har använts. Slaggen har också en markant högre halt av spårämnet vanadin vilket också antyder en annan källa.

Myrmalmer har använts och dessa är vanligtvis järnrika, men de innehåller också andra ämnen som ger en fingervisning om att det inte är en och samma malm(täkt) som har använts under platsens brukningstid. Det finns därmed variationer i slaggerna som visar att minst tre olika malmtäkter har använts. Den variation som ses kan dock sannolikt förväntas för myrmalmer inom närområdet, även om detta inte har undersökts inom ramen för denna studie.

Produkten – kvalitet, egenskaper

På motsvarande sätt som för järnframställningen i Älvros kan vi konstatera att den använda malmen i Sveg förefaller vara järnrik, t.o.m. ännu rikare på järn. Även slaggerna innehåller järn (järn bundet till oxider och silikater) vilket är vanligt förekommande i blästbruksslagger. De nu analyserade slaggerna från Sveg är dock fattigare på järn än slaggerna från Älvros, både vad gäller totalt järninnehåll och förekomsten av metalliskt järn. I slaggerna från Älvros noterades markant större mängd impregnerat metalliskt järn i slaggerna än vad som har observerats i denna studie. Möjligen är det ett tecken på att något mer av metallen har kunnat tas tillvara på den nu undersökta järnframställningsplatsen.

Slagger med högt fosforinnehåll, vilket noterades i några av slaggerna från Älvros L1945:9225, kan indirekt tyda på att fosforjärn har tillverkats. Samtliga slagger från Sveg har dock tämligen lågt innehåll av fosfor och fosforjärn är endast observerat i en av järninklusionerna i en blästersköld.

Precis som från de båda platserna i Älvros saknas dock den egentliga produkten, varför det inte är möjligt att konkret uttala sig om vad som har tillverkats, och i vilken form det har lämnat framställningsplatsen.

Bland den metall som finns impregnerad i slaggerna, både från fällstenens prov 2 och de tyngre bitarna i prov 9 (som dessutom har bearbetad yta), tillvaratagna från ugnen, är det kolfritt järn som dominerar. Det förekommer också kolrikt järn (stål), t.o.m. gjutjärn vilket tyder på att järnet också har varit smält under processen. Det rör sig visserligen endast om centimeterstora järnkulor inneslutna i flera av slaggerna. Dessa droppar är dock ojämna i sammansättning med högst kolhalt i mitten och avtagande kolhalt mot kanterna, i kontakt med den omgivande slaggen. Om denna avkolning är en medveten process, likt färskningen från masugnen, eller endast en sekundär effekt av dropparnas direktkontakt med slaggen kan inte avgöras. Med tanke på att denna blästplats i Sveg, likt de tidigare undersökta i bl.a. Älvros, är utformad med ugn(ar) och fällsten(ar) tyder det på att den bildade järnluppen har tagits ur ugnen och slagits samman (och möjligen delats) men utan ytterligare bearbetning. Det finns inga tecken på förekomst av någon härd (likt de som beskrivs av Evenstad (1782/1968) för fortsatt bearbetning (färskning eller snarare uppkolning för att tillverka stål av järn). Vi kan spekulera i om ugnen återanvändes om luppen behövde återuppvärmas för bättre hopslagning, och eventuell klyvning som t.ex. Buchwald (2008) har föreslagit. Trots mycket ny kunskap som kontinuerligt byggs på, är det fortfarande många frågor som kvarstår vad gäller form och kvalitet på Härjedalsjärnet.

Referenser

- Buchwald, V. F. 2008. Iron, steel and cast iron before Bessemer. *Historisk-filosofiske Skrifter* 32, Köpenhamn.
- Englund, L-E. 2002. Blästbruk. *Myrjärnhanteringens förändringar i ett långtidsperspektiv*. Jernkontorets bergshistoriska skriftserie 40.
- Evenstad, O. 1790 (1968). A treatise on iron ore as found in the bogs and swamps of Norway and the process of turning it into iron and steel. Engelsk översättning i *Bulletin of the Historical Metallurgy Group 1968*, Vol.2 - No.2, s. 61–65.
- Grandin, L. & Ogenhall, E. 2017. Järnframställning i Rätan. Arkeometallurgiska analyser av slagg, järn och malm från en järnframställningsplats i Rätansböle, Jämtlands län, Jämtland, Bergs kommun, Rätans socken, RAÄ 30:1, Böle 1:12, Rätansböle. GAL RAPPORT 2017:02. *Geoarkeologisk undersökning. Statens historiska museer. Arkeologerna. Geoarkeologiskt Laboratorium*. Uppsala.
- Grandin, L. & Stilborg, O. 2024. Järnframställning i Älvros. Analyser av teknisk keramik, malm, slagg och järn från två blästplatser. Härjedalen, Älvros socken, L1945:9225 och L2022:10033. Arkeologerna, Statens historiska museer, Analysrapport 2024:01. Uppsala.
- Håkansson, H. 1997. Diatom analysis on resolved sherds. Excursus in Stilborg, O. 1997 Shards of Iron Age Communications. Monographs on Ceramics. Lund.
- Jackson, C.M., Booth, C.A. & Smedely, J.W. 2005. Glass by design? Raw materials, recipes and compositional data. *Archaeometry* 47, 4, 781–795.
- Jonsson, K. 2024. Två medeltida blästplatser och en liggmila från 1500-talet. Arkeologiska undersökningar. Fornlämningar L1945:5135, L1945:9225 och L2022:10033, Älvros socken, Härjedalens kommun, Jämtlands län. RAPPORT – JAMTLI 2024:12. ISSN 1654-2045.
- Pagoldh, M. 1990. Rapport över arkeologisk undersökning av järnframställningsplatser och liggmilor, fornl nr 75-8 1, Långskogen, Kyrkbyn 1 :3, Älvros sn, Härjedalens kn, Jämtland. Jämtlands läns museum 125.
- Stilborg, O. 2023. The study of clay-built bloomery furnace shafts in Sweden – Ceramological analyses of an important part of iron production through 1500 years. *Journal of Archaeological Science: Reports* Vol. 47

Bilagor

Bilaga 1. Analyismetoder för teknisk keramik (Ole Stilborg)

Specialregistrering

Målet med specialregistreringen av ugnsdelar/schaktfragment från järnframställningsugnar är att makroskopiskt dokumentera råmaterial, konstruktion, dimensioner, effekter av användningen av ugnen samt eventuella spår efter reparation av ugnen (Stilborg 2023). Bland konstruktionsspåren noteras främst avtrycken av pinnar/vidjeflätning, stolpar och bräder samt avtryck och rester av sten efter stenram eller – som i detta fall – ett kallmursbyggt schakt. Dessutom dokumenteras spåren efter blästerhål och andra formdetaljer. Registreringen av dimensioner rör variationerna i form, storlek och tjocklek av ugnfragmenten vilket ger data om såväl storleken av schaktet som uppbyggnadstekniken. Effekterna av användningen ger sig till känna i värmegradienten från insidan där den primära värmekällan befinner sig och där högsta värmen har nåtts utåt till den lägsta temperaturen omkring 500 grader C, som måste nås för att materialet blir till keramik och således kan bevaras. Eventuella reparationer av schaktet förekommer oftast på insidan i form av ett (eller ibland flera) lager av samma eller finare lera, men det har rimligen också förekommit reparationer från utsidan av schaktet (i Älvrosfallet beroende på om det funnits en yttre fodring) vilket dock sällan har bevarats i den arkeologiska kontexten (Stilborg 2023).

Mikroskopering av tunnslip i polarisationsmikroskop

Tunnslip är 0,03 mm tunna preparat av i detta fall keramik, som kan analyseras i ett polarisationsmikroskop. Med denna metod kan man bedöma mängden, kornstorleksfördelningen och arten av naturligt grovmaterial (silt och sand). Vidare kan man urskilja samt bedöma mängden och kornstorleken på eventuell tillsatt magring. En mineralogisk bestämning av grovfraktionerna i leran kan göras. Lerans innehåll av bl.a. järnoxid, glimmer, malm och andra mineral kan uppskattas. Vid förstoringar på 600-1000 X studeras eventuella förekomster av exempelvis diatoméer (kiselalger) och kalkfossil.

Bilaga 2. Undersöknings- och analysmetoder för slagger och metaller (Lena Grandin och Erik Ogenhall)

Provtagning och analys

Slagger, t.ex. från järnframställning eller smide, provtas för kemisk analys genom att ett avsågat stycke skickas till ett kemilaboratorium (ALS minerals). Slaggen undersöks även i mikroskop (tunnslip) för att exakt se vad som analyserats kemiskt och hur den är uppbyggd.

Tunnslip tillverkas (externt i Bratislava) av en bortsågad skiva av slaggen som limmas på ett objektglas och slipas/poleras ned till ett mikroskopiskt tunt prov (ca 0,03 mm). Sågsnittet placeras och orienteras vanligen så att tunnslipet kommer att innehålla både slaggens yta samt dess inre så att alla ingående delar representeras.

Syftet med analysen är bland annat att få kännedom om slaggernas kemiska sammansättning vilken antyder vilken malm som har använts. För reduktions- respektive smidesslagger är det viktigt att man endast analyserar material som är resultat av framställnings- eller smidesprocessen. Det innebär att andra komponenter såsom bränd lera från eventuella ugn- eller ässjeväggar eller sandigt och grusigt material som smält fast från underlaget inte får ingå. Dessa material har inte aktivt deltagit i processen och har inte heller sitt ursprung i den malm som använts. Sådant material tas bort i provprepareringen så att endast slaggkomponenten ingår i proverna som analyseras kemiskt.

Rutinmässigt undersöks kemiskt analyserade slagger också i mikroskop för att exakt veta vad som har analyserats och för att kunna se hur slaggen är uppbyggd. Det är också möjligt att särskilja slagger som stelnat innanför blästugnens väggar från dem som runnit ut och stelnat utanför, s.k. tappslagger, samt slagger från smide.

Järnprov gjuts in i en plastpuck som slipas, poleras, etsas och analyseras i mikroskop samt i vissa fall i elektronmikroskop (se separat beskrivning).

Allmänt om använda analysmetoder

Petrografisk och metallografisk analys av slagg och järn

Analyserna utförs i påfallande (planpolariserat) ljus för att identifiera materialets olika komponenter och texturella drag. Undersökningarna görs i ett Zeiss Axioskop 40A polarisationsmikroskop (upp till 500x förstoring) utrustat med integrerad datoransluten kamera (Zeiss AxioCam MRc5) för kontinuerlig digital dokumentation av analyserna.

Slagg består huvudsakligen av mineralen *olivin* och *wüstit* samt av *glas*. Förekommande mineral är också *magnetit*, *leucit*, *hercynit*, *limonit* och ofta finns även en mindre mängd metalliskt järn närvarande. Olivin är ett silikatmineral med den allmänna formeln A_2SiO_4 , där A oftast är järn (fayalit) men även mangan, magnesium (forsterit) och kalcium kan förekomma i mindre mängder. Olivinerna uppträder ofta som lamellformade kristaller. Järnoxiden *wüstit*, FeO, är också ett mycket vanligt inslag i framför allt blästugnsslagger och bildas vid reduktion av hematit och/eller magnetit, och reduceras själv till metalliskt järn. Om höga koncentrationer av wüstit förekommer är slaggens totala järnhalt vanligtvis också hög (och tvärtom). Glas utgör slaggernas "restsmälta" och kan variera kraftigt i sammansättning. Järnoxiden *magnetit*, Fe_3O_4 , kan förekomma i stället för wüstit om temperatur och/eller syretryck är tillräckligt högt och ibland förekommer ännu mer oxiderade järnfaser som *hematit/maghemit* (Fe_2O_3) på slaggens yta. Detta innebär att det är möjligt att särskilja slagger som stelnat i eller utanför en ugn (bottenslagg eller tappslagg). Magnetit är också vanligt i smidesslagger. Höga aluminiumhalter i kombination med höga kaliumhalter återfinns i mineralet *leucit*, $KAlSi_2O_6$, som i vissa slagger kan förekomma i stället för den vanligare glasfasen. Mineralens kornstorlekar är också betydelsefulla där finkorniga slagger visar snabb avkylning och grovkorniga långsam avkylning.

Järnprov poleras och undersöks först med avseende på eventuellt slagginnehåll, därefter etsas järnet med 2 % nitallösning. Denna påverkar metallen olika beroende på sammansättning och metoden används bl.a. för att bedöma kolinnehåll i järn; om det är ett mjukt kolfritt järn, stål (med upp till 2 % kol) eller gjutjärn, som innehåller över 2 % kol. Termer som används för att beskriva järn inkluderar *ferrit* som är det mjuka (rena) järnet utan kol, *cementit* som är en förening av järn och kol (Fe_3C , kallas även järnkarbid), och *perlit* som är en struktur (textur) uppbyggd av lameller med omväxlande ferrit och cementit. I grått gjutjärn finns även bl.a. *grafitlameller* eller *grafitfjäll* som är tunna skivor av rent kol. En

struktur som kan bildas vid avsvälning i vitt gjutjärn är *ledeburit*, som består av en blandning av cementit och perlit. Generellt medför en större mängd perlit en högre kolhalt och ett hårdare järn. Det har tidigare ansetts att stål inte var den önskade produkten från blästugnar utan snarare ett tecken på en okontrollerad process. De senaste tjugo årens undersökningar visar dock att stål förekommer på ett stort antal platser också i den vidare bearbetningen av det tillverkade järnet.

Innehåll av bl.a. fosfor och nitridnålar i järnet kan också observeras i mikroskopet. Fosforinnehåll syns vanligen som en överpräglade dendritisk textur. Innehåll av kol och fosfor i järnet tyder på hög (och jämn) temperatur och goda reduktionsförhållanden i allmänhet. Fosfor (i låg halt) gör t.ex. ett kolfritt/lågkolhaltigt (ferritiskt) järn hårdare men ferritens seghet behålls. Höga halter av fosfor är dock negativt för järnets kvalitet.

Det är också möjligt att se hur järnet har bearbetats, t.ex. om olika stycken har sammanfogats. En sådan vällning skapar ibland en söm, eller en fog som syns som en avvikande linje i provet och ibland också kantas av slag.

Man kan också urskilja olika värmebehandlingar som härdning, dvs. en upphettning med påföljande snabb avkyllning i t.ex. vatten. Den då bildade strukturen kallas *martensit*. Ett härdat stål kan också anlöpas (uppvärmning utan snabb avkyllning) för att minska sprödheten och omforma martensiten. Glödning, uppvärmning utan snabb avkyllning av icke härdat stål, kan ses i form av cementit som antagit rundare former (sfäroidisering) och leder till ett mjukare och mindre sprött stål.

Totalkemisk analys av slag

Totalkemiska analyser av slag utförs av ALS minerals. Använda analysmetoder är huvudsakligen ICP-AES för huvudämnen (oxider) och några metaller och ICP-MS för spårämnen inklusive s.k. sällsynta jordartsmetaller. Totalt analyseras 59 ämnen i varje prov. Hela resultatet presenteras i tabellform (Bilaga 2) där huvudämnen anges som oxider och övriga som rena ämnen, även om dessa egentligen förekommer i mer komplexa former.

Syftet med kemiska analyser av slag och malmer i allmänhet är att få kännedom om ingående huvudämnen, t.ex. järn och kisel, men också ämnen som förekommer i lägre halt eller bara som spårämnen.

I all slag från järnframställning (reduktionsslag) och smide dominerar järn och kisel och i reduktionsslag är halterna ett generellt mått på hur processen fungerat; lägre järnhalt innebär bättre utvinning ur malmen. När det gäller smidesslag (sekundärsmide) kan hög järnhalt vara ett tecken på att metalliskt järn tillkommit till slaggen under smidet (oxiderat till slag) och spårämnen som kan förekomma i metallen följer med till slaggen. Hög kiselhalt kan betyda tillsättning av vällsand (kvarts, Si-rik). Det senare kan också leda till att den kemiska signaturen blir utspädd, d.v.s. att andra ingående ämnen minskar i koncentration. Ofta förefaller dock smidesslag ha en kemi relativt lik den hos reduktionsslag.

När det gäller limonitmalm är syftet med den totalkemiska analysen bl.a. att fastställa järninnehållet, vilket avgör materialets kvalitet som malm (en bra malm ska ha ett högt järninnehåll och en god järnmalm kan innehålla upp till 62 % järn, samt kisel som bidrar till slaggbildningen). Det rapporterade järninnehållet (som Fe_2O_3) omfattar allt järn. I malmer, speciellt orostade, ingår också vanligen järn(oxid)hydroxider. Andelen kan indirekt uppskattas med hjälp av den uppmätta glödförlusten (LOI i tabellen i bilaga 7), och kan innebära att malmens totala järnhalt kan vara högre (samma storleksordning som glödförlusten).

Även innehållet av andra ämnen, t.ex. mangan, fosfor och flera spårämnen, vilka kan indikera malmens ursprung, är viktiga att analysera. Om en malm innehåller exempelvis mangan (Mn), vilket är vanligt i sjö-, myrmalm och rödjord (dvs. limonitmalmer), så koncentreras denna i slaggen under järnframställningen medan endast små mängder följer med till järnet, vilket leder till att smidesslag (som delvis har sitt ursprung i järnet och vällsanden) vanligen har lägre halt mangan. Dock kan slag från järnframställning också ha mycket låga manganhalter om malmen från början varit manganfattig.

Kalium (K) i slaggen kan komma från bränslet (träkol) men också från lera i infodringen. Den senare kan även bidra med aluminium (Al).

Slag från primärsmide, och från en fällsten, har huvudsakligen en sammansättning som motsvarar den hos reduktionsslag.

Smidesslagger som bildas då (ämnes)järn som är rena och nästan utan slagginneslutningar, kan också förväntas vara rena i sin sammansättning, dvs. de ämnen som är vanliga i reduktionsslagger och lever kvar i slagginneslutningar (som mangan, fosfor, aluminium, kalium) förväntas var låga.

Notera att ytterkanter av material som hör till infodring eller inblandning av annat material från t.ex. häreidens botten inte är inkluderat i analysen, utan endast slaggdelen ingår.

Ämnen som förekommer i betydligt lägre halter, s.k. spårämnen (nedre delen av analystabellen) kan vara av betydelse för att jämföra slagger med varandra (och med malmer) för att se om det finns ett gemensamt ursprung, och om detta kan kopplas till någon specifik geologisk/geografisk miljö. Bland dessa finns t.ex. barium (Ba) som ofta är korrelerat med manganinnehållet (Mn).

Några spårämnen som kan vara intressant att notera är vanadin (V), kobolt (Co) och nickel (Ni). De förekommer i olika nivåer i malmer och kan spegla lokala variationer i malmer (geologiskt och geografiskt kopplade). När de förekommer i malmerna som används fördelar de sig mellan slag och metall i samband med järnframställningen.

När de uppträder i det metalliska järnet kan de också anrikas lokalt på de metallytor som bearbetas; då järnet oxideras lättare kan de öka proportionellt – det är inte ovanligt att man ser förhöjda nickelhalter i vällfogar. Därmed kan dessa ämnen, i ytan på metallen, också följa med till slaggen i smideshärden. Förekomsten speglar därmed flera steg i processen och förutsätter att de finns i malmerna till att börja med och om de uppträder i smidesslagger kan de ha kommit dit på olika vägar.

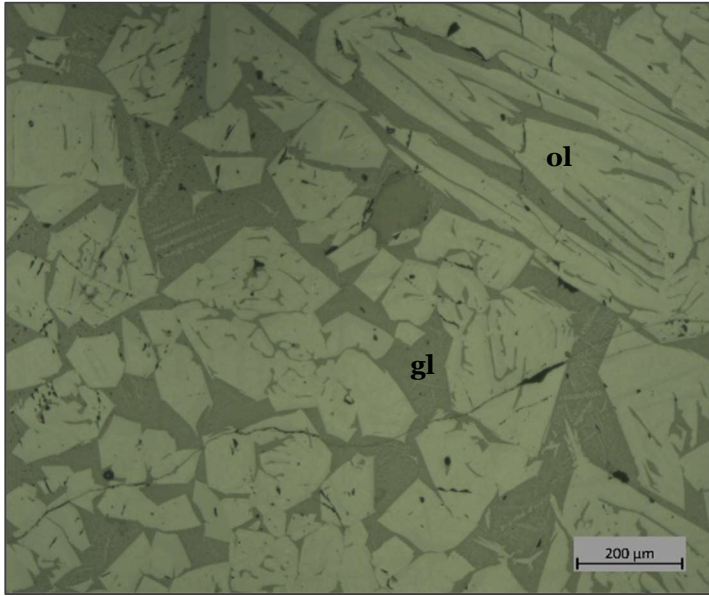
Även gruppen av jordartsmetaller (Rare Earth Elements – REE) är värda att studera mer noggrant. Förekomsten av dessa är också beroende på förekomst i den malm som ursprungligen har använts. Under järnframställningen så anrikas dessa i slaggen vilket betyder att järnet som bildas samtidigt generellt har en lägre halt av REE. När detta järn senare oxiderar, och i vissa fall utgör en stor del av efterföljande (smides)slagger bidrar de med låg halt REE till den nya slaggen vilken därmed speglar en urlakning av REE jämfört med i reduktionsslaggen.

Bilaga 3. Analys av slagger och järn (Lena Grandin)

Tunnslipsanalyserna av slaggerna har gjorts i påfallande (planpolariserat) ljus för att identifiera materialets olika komponenter och texturella drag (Se metodtext). Undersökningarna görs i ett Zeiss Axioskop 40A polarisationsmikroskop (upp till 500x förstoring) utrustat med integrerad datoransluten kamera (Zeiss AxioCam 305 color) för kontinuerlig digital dokumentation av analyserna. Foton från mikroskopet visat samlat för samtliga slagger för att de lättare ska kunna jämföras med varandra.

Nedan följer inledningsvis några foton med de karaktäristiska drag och de mineral (se metodtexten, bilaga 2) som förekommer i de flesta slaggerna.

Mikrofotona visar om slaggerna är homogent eller heterogent uppbyggda, om de är grovkorniga (långsam avkylning) eller finkornigare (snabbare avkylning). Som beskrivs i metodtexten består slagg huvudsakligen av mineralen *olivin* och *wüstit*, mer sällan *hercynit*, samt av *glas* (Fig. 3:1). Olivin och glas förekommer i samtliga slagger från Sveg. Olivin (järnsilikat) uppträder ofta som välformade kristaller (långsmala eller kortprismatiska); i dessa slagger i varierande kornstorlek. Mineralens kornstorlekar är också betydelsefulla där finkorniga slagger visar snabb avkylning och grovkorniga långsam avkylning. Järnoxiden *wüstit*, FeO, är också ett vanligt inslag i flera av slaggerna från Sveg, men inte alla. Om höga koncentrationer av wüstit förekommer är slaggens totala järnhalt vanligtvis också hög (och tvärtom). *Glas* utgör slaggernas ”restsmälta” och kan variera kraftigt i sammansättning. I några av slaggerna från Sveg finns också metalliskt järn. I några förekommer järnet som små droppar fördelat i slaggen, i andra finns större ansamlingar eller rikligt med tunna strimmor. Flera av dessa kan anas redan med blotta ögat, andra blir mer tydliga i mikroskopet.

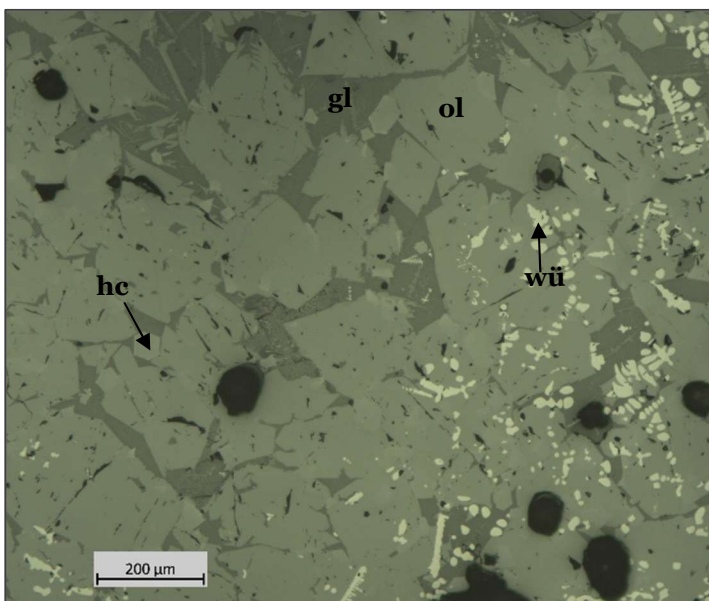
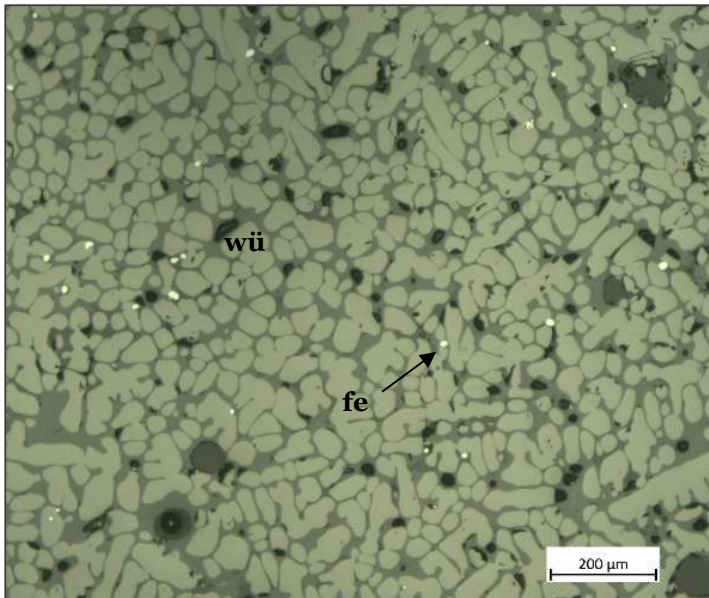


Figur 3:1. Foto från mikroskopet på tre slaggar som visar de mineral/faser som vanligen förekommer i slaggerna. Olivin (ol) är ljus grå ofta långsträckta kristaller. Wüstit (wü) är ljusa, dendritiskt formade. Den mörkare grå glasfasen (gl) är den extremt finkorniga (glasiga) mellanmassan, mellan kristallerna.

Övre bilden visar slagg (prov 10) med enbart olivin och glas.


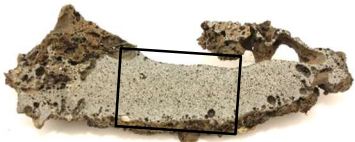







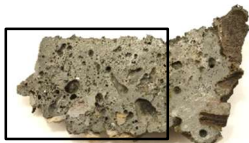


Fotot i mitten (prov 9c) visar slag med hög andel wüstit och lite metalliskt järn (fe).

Den nedre slaggen (prov 13a) innehåller olivin och en glasfas men även wüstit och hercynit (hc).

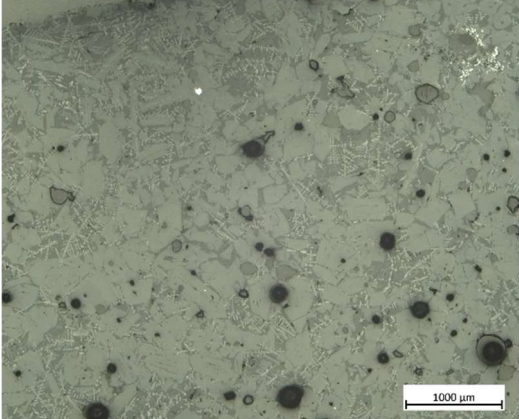
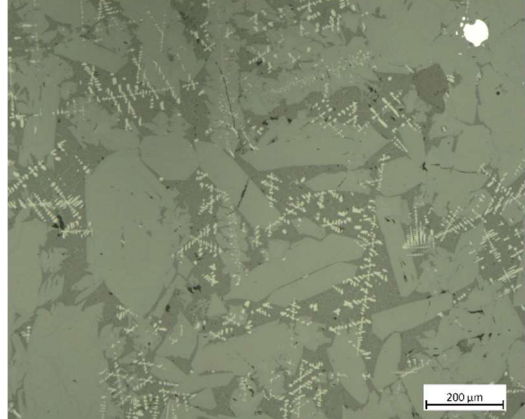
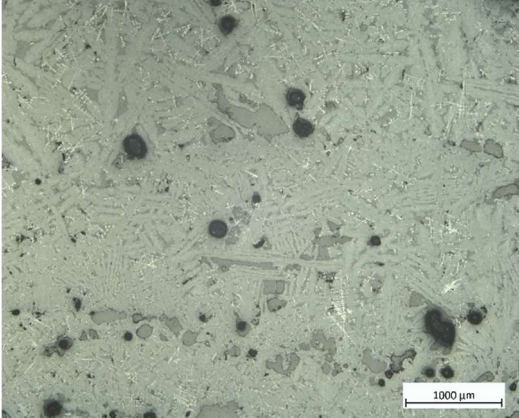
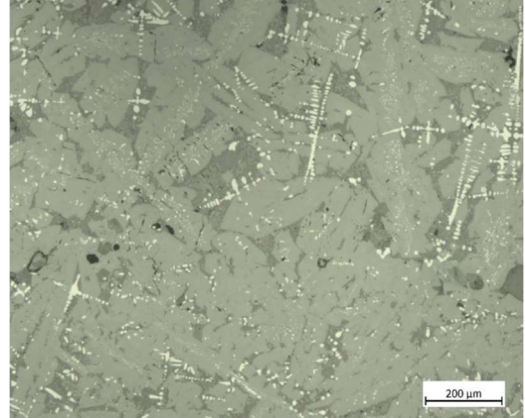
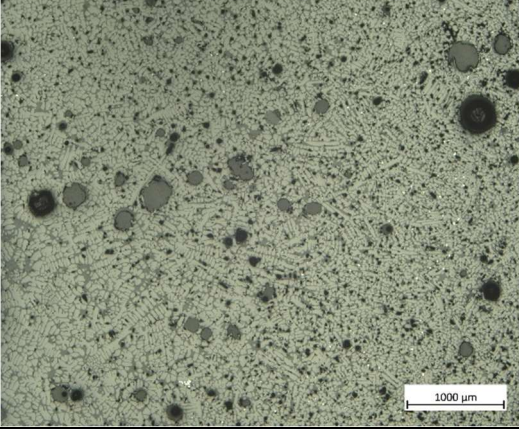
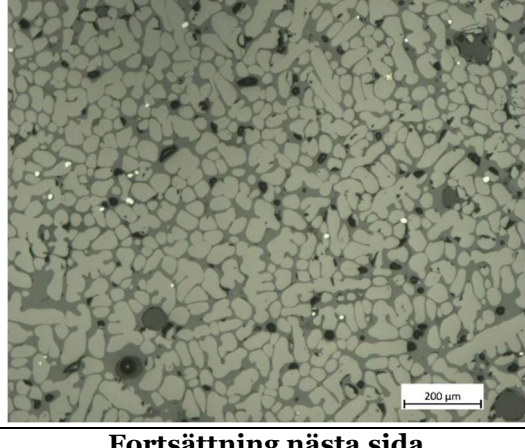


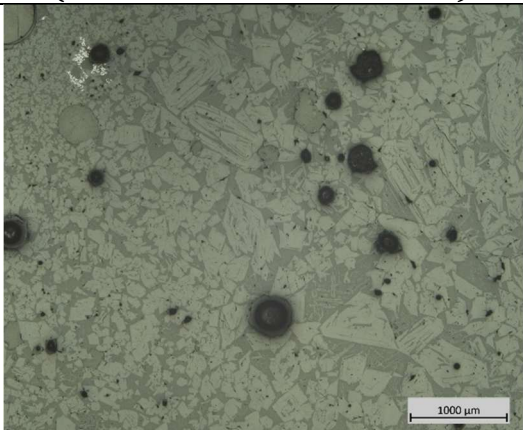
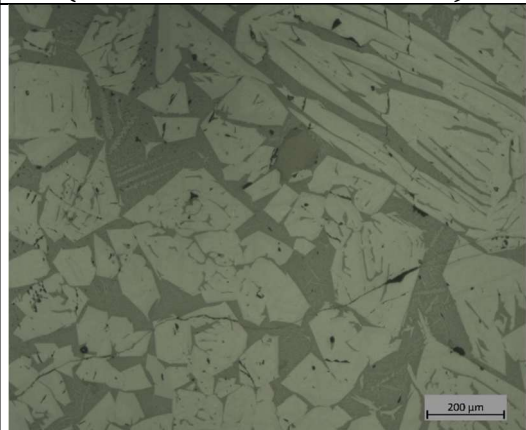
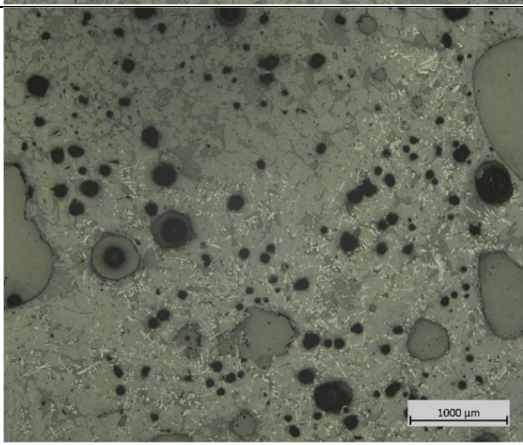
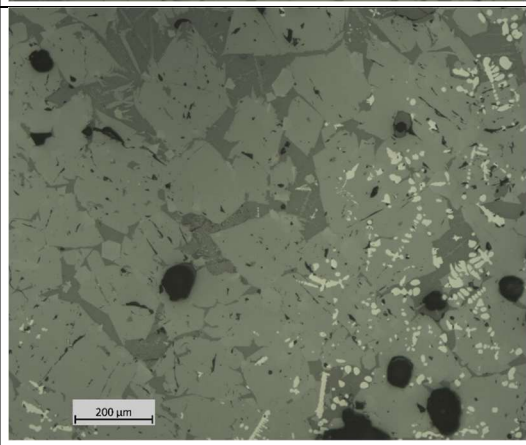
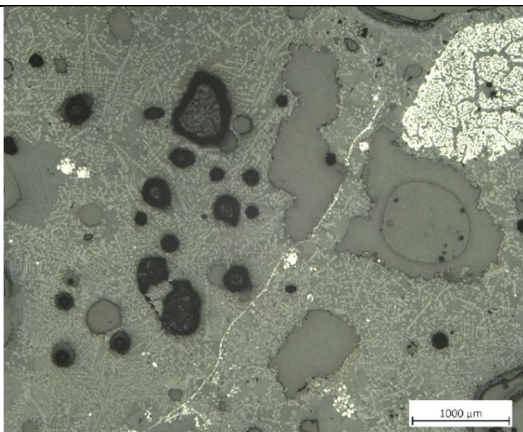
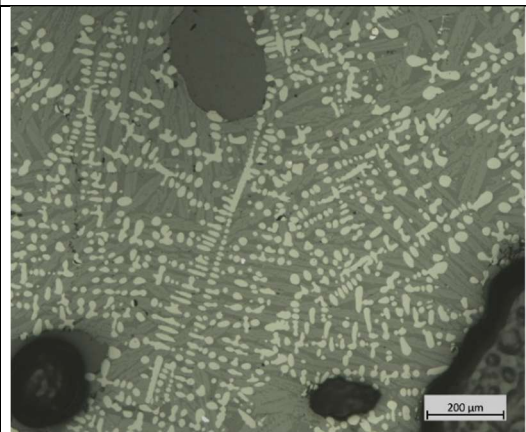
Resultat från tunnslipsanalyserna av slagger

De slagger från blästplatsen L1945:8276 som har valts ut för tunnslipsanalyser i mikroskop visas nedan. Till vänster hel slagg sedd (snett) ovanifrån. Till höger i delat tvärsnitt varifrån prov för tunnslip är taget (ruta), och en kortfattad beskrivning. Därefter följer foton från mikroskopet för var och en av dem.

Prov	Hel slagg	Delad slagg	Notering
5 Ugn			Tunnare slagg. Tät, kompakt och homogen slag.
6 Ugn			Tjockare slagg Homogent uppbyggd med flera större hålrum, en del kolstycken.
9c Ugn			Något skiktad slag. Botten och överst porös, centralt tät, homogen slag.
10 Varp 1			Mestadels tät, kompakt och homogen slag. Överst med större porer.
13a Varp 2			Tät till porösare slagg med inblandning av små fragment av lera
13b Varp 2			Tät till porösare slagg med inslag av metalliskt järn och kolstycken










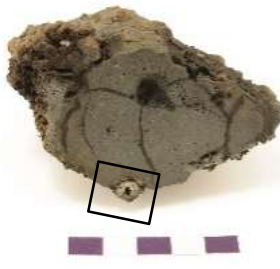
Nedan följer inledningsvis några foton tagna under mikroskopet med de karaktäristiska drag och de mineral (se ovan och i bilaga 2) som förekommer i de flesta slaggerna. En översiktsbild (till vänster) i låg förstoring visar struktur och textur och en bild i högre förstoring (till höger) lyfter fram detaljerna.

Prov	Översikt (skalstreck 1000 mikrometer)	Detalj (skalstreck 200 mikrometer)
<p>Prov 5 Tät, homogen slagg. Relativt grovkornig, något finkornigare längs botten. Olivin, glasfas, wüstit. Sporadiskt metalliskt järn.</p>		
<p>Prov 6 Tät (till porös –ej i bild). Flera slaggflöden, något finkornigare än prov 5. Olivin, glasfas, wüstit. Metalliskt järn sällsynt.</p>		
<p>Prov 9c Tät i centrala delar. Relativt grovkornig. Domineras av wüstit, mindre mängd olivin och glas. Små droppar av metalliskt järn.</p>		
		Fortsättning nästa sida

Prov	Översikt (skalstreck 1000 mikrometer)	Detalj (skalstreck 200 mikrometer)
<p>Prov 10 Mestadels tät, homogen. Grovkornig. Olivin och en glasfas. (Wüstit endast extremt finkornig i glasfasen). Fåtal ansamlingar av metalliskt järn.</p>		
<p>Prov 13a Varierande porositet och mineral- innehåll. Domineras av olivin och en glasfas. Ställvis hercynit eller wüstit. Insmälta fragment (se keramisk analys).</p>		
<p>Prov 13b Varierande porositet. Något finkornigare än övriga. Olivin, glasfas, wüstit. Metalliskt järn som sliror, större ansamlingar och droppar.</p>		

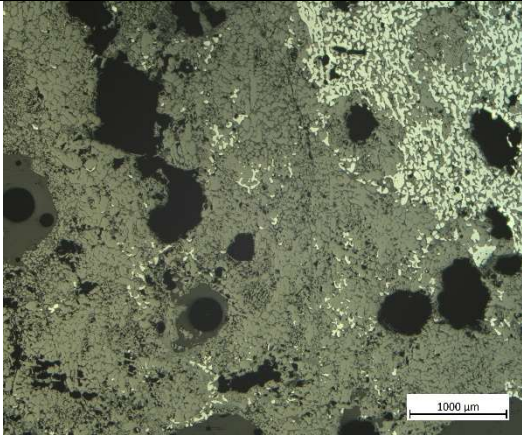
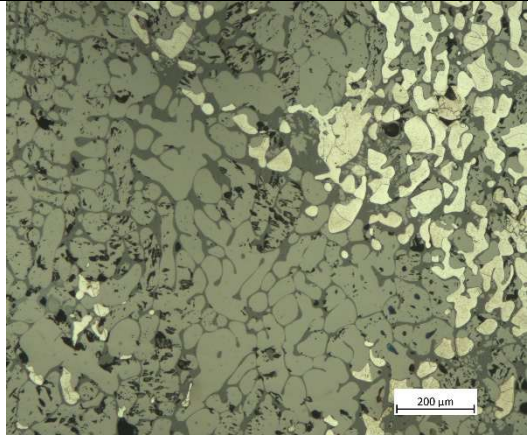
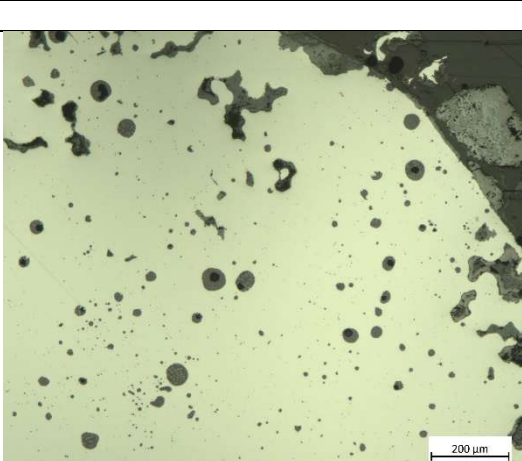
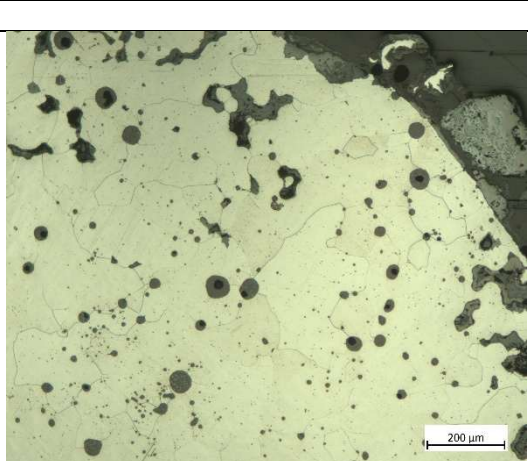
Resultat från metallografiska analyser av järn

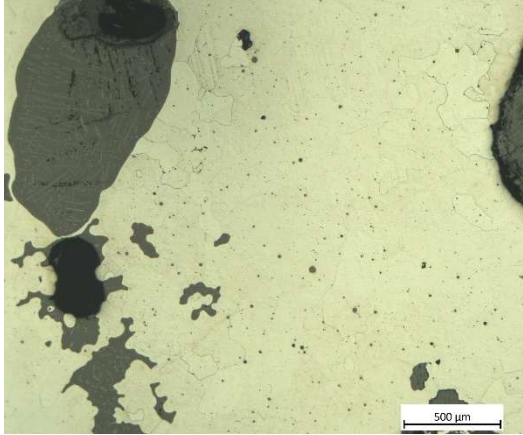
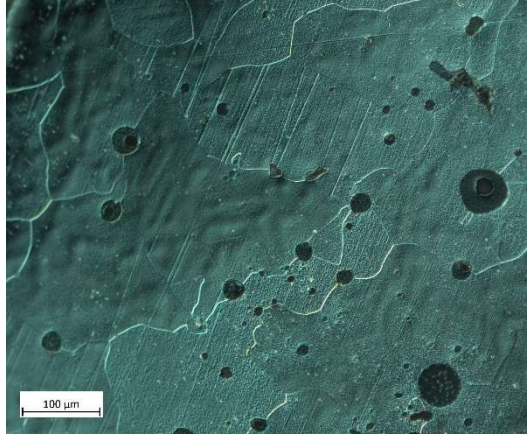
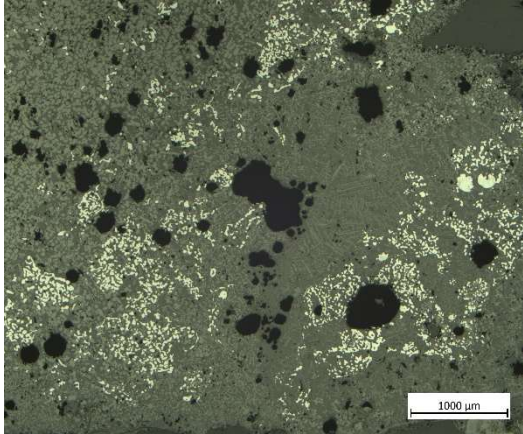
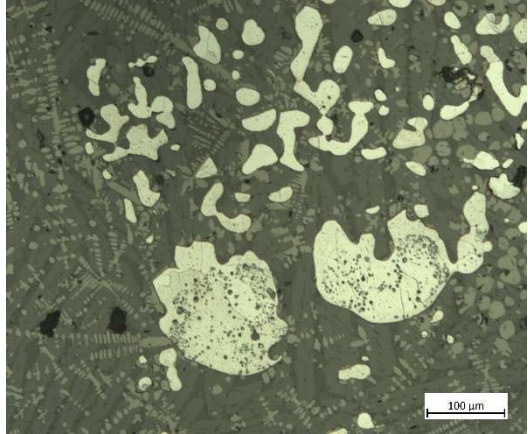
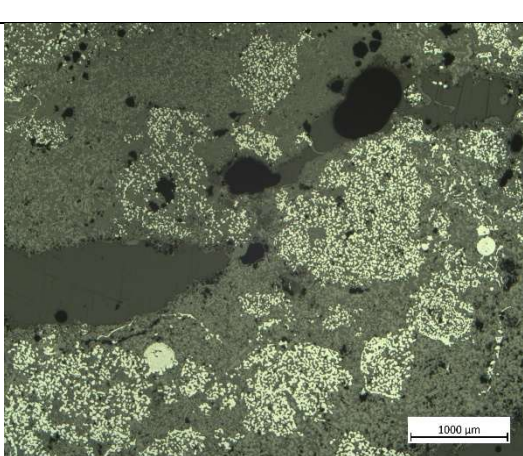
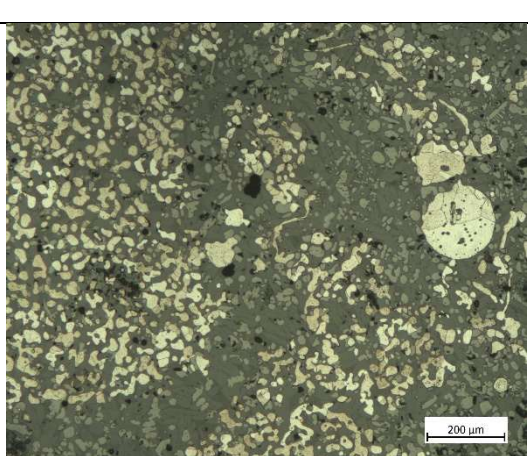
Det metalliska järnet, inneslutet i slagger eller i ugnsvägg visas nedan. Därefter följer foton från mikroskopet för var och en.

Prov	Hela/delade	Analyserade	Notering
2 Fällsten			Trögfluten slagg, med insprängt metalliskt järn, antingen som tunna små sliror, eller något större ansamlingar
8 Ugn			Ugnsvägg/del av forma där slagg har trängt ut genom rödbränd lera. Slaggen innehåller stor andel metalliskt järn.
9a Ugn			Kompakt, magnetisk slaggbit, med plant avtryck. I snitt: slagg med insprängt metalliskt järn
9b Ugn			Kompakt, magnetisk slaggbit (ev avtryck). I snitt: slagg med insprängt metalliskt järn.
9c Ugn			Plan-konvex bottenlagg (se analys av slaggen i tunnslip). I botten en större järndroppe.

De ingjutna järnproven har först polerats och undersökts för att bedöma järn- och slagginnehåll. Därefter etsades varje prov med 2 % nitallösning, som påverkar metallen olika beroende kolinnehållet (Se bilaga 2). Några termer som används i resultaten för att beskriva järnet omfattar ferrit som är det mjuka (rena) järnet utan kol och som framträder som ljus bruna korn. Cementit som är en förening av järn och kol ses i etsade provet som tunna blå linjer i ferritens kornkontakter. Perlittexturen är uppbyggd av lameller med omväxlande ferrit och cementit och ses ofta som en brunblå kornstruktur. Generellt medför en större mängd perlit en högre kolhalt och ett hårdare järn. I gjutjärn är kolhalten ännu högre. I grått gjutjärn finns även bl.a. *grafitlameller* eller *grafitfäll* som är tunna skivor av rent kol. En struktur som kan bildas vid avsvälning i vitt gjutjärn är ledeburit, som består av en blandning av cementit och perlit.

Nedan följer inledningsvis några foton tagna under mikroskopet med de karaktäristiska drag (se bilaga 2) som förekommer i proverna. Översiktbilder i låg förstoring visar struktur och textur och bilder i högre förstoring lyfter fram detaljerna (antingen endast polerat prov eller polerat och etsat).

Prov		
Prov 2	 <p data-bbox="360 1111 884 1167">Polerat prov. Slagg, dominerad av wüstit till vänster. Järn i övre högra delen.</p>	 <p data-bbox="896 1111 1426 1167">Polerat och etsat. Slagg till vänster. Järn till höger (ferritkorn ses efter etsning).</p>
Prov 8	 <p data-bbox="360 1635 884 1691">Polerat prov. Översikt. Järn med runda slagginneslutningar.</p>	 <p data-bbox="896 1635 1426 1691">Polerat och etsat prov. Översikt. Kornstruktur i järnet är ferrit, dvs. kolfritt järn.</p>

Prov		
Prov 8		
Prov 9a		
Prov 9b		

Polerat och etsat prov. Översikt. Stora och små slagginslutningar. Ferrit.

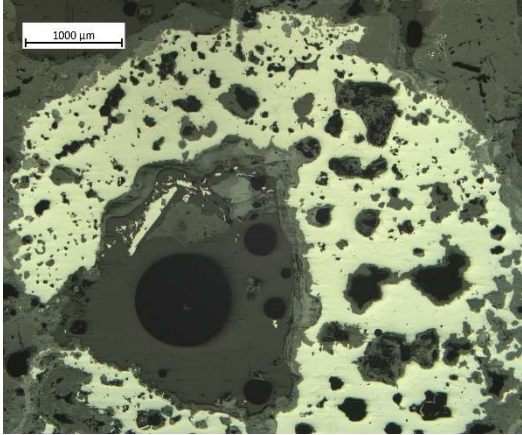
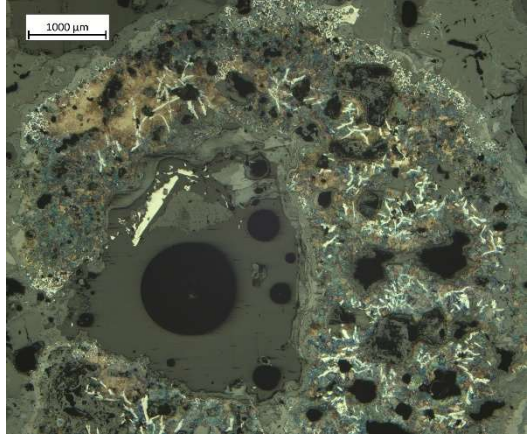
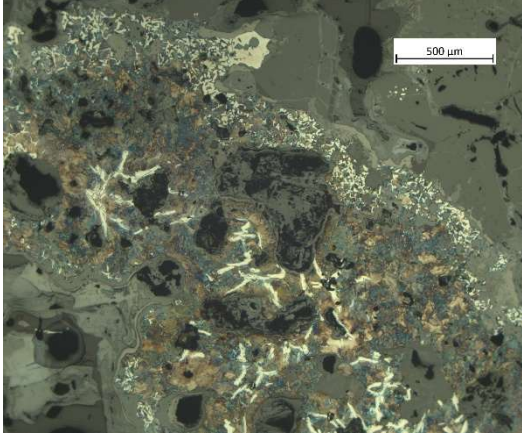
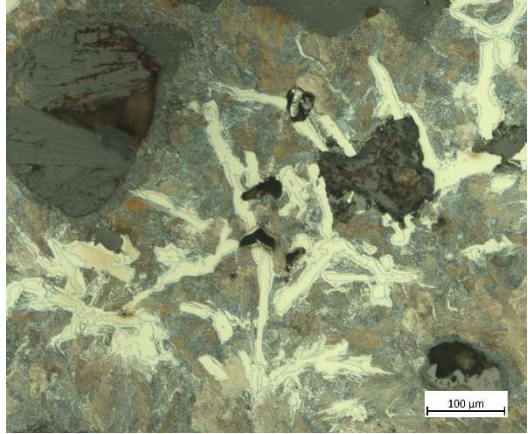
Polerat och etsat prov, belysning från sidan. Detalj. Fosforinnehåll ses som topografisk effekt i ferritkornen

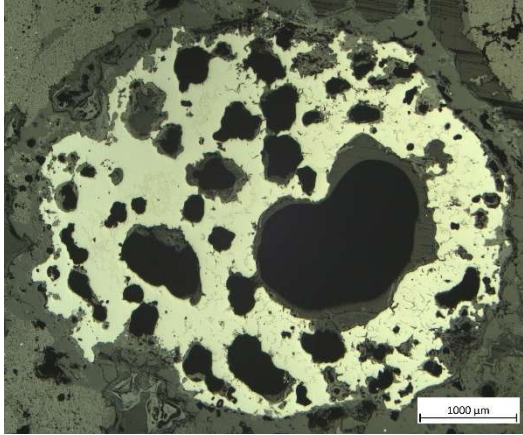
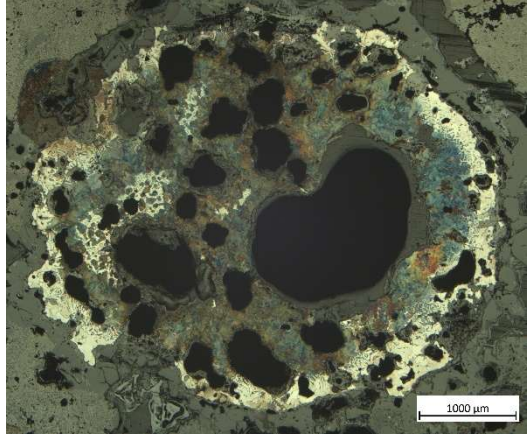
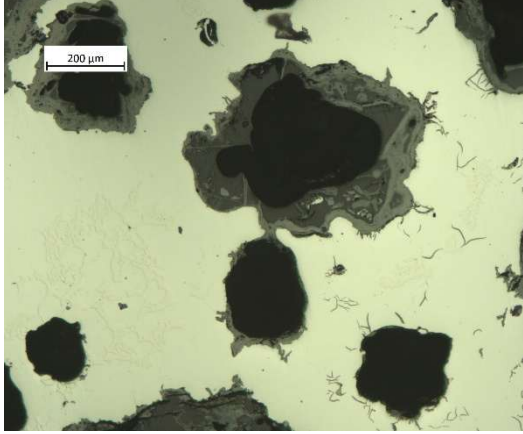
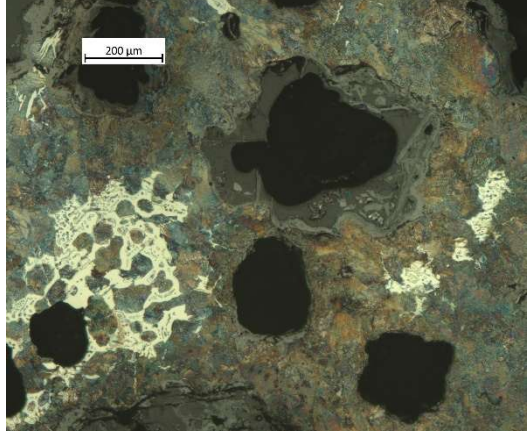
Polerat prov. Översikt. Slagg, med sporadisk förekomst av järn.

Polerat och etsat prov. Detalj. Slagg, med enstaka större droppar av järn (ferrit).

Polerat prov. Översikt. Slagg, med innehåll av metalliskt järn (mindre och större).

Polerat och etsat prov. Detalj. Slagg, med enstaka större droppar av järn (ferrit).

<i>Prov</i>		
Prov 9c Järn 1	 <p data-bbox="360 663 884 723">Polerat prov. Översikt. Järndroppe med mycket hålrum.</p>	 <p data-bbox="896 663 1426 723">Polerat och etsat prov. Översikt. Hög kolhalt, avtagande mot kanten (ljusare).</p>
Prov 9c Järn 1	 <p data-bbox="360 1160 884 1220">Polerat och etsat prov. Detalj. Avtagande kolhalt mot övre kanten (ljusare).</p>	 <p data-bbox="896 1160 1426 1220">Polerat och etsat prov. Detalj. Avtagande kolhalt mot övre kanten (ljusare).</p>

<i>Prov</i>		
Prov 9c Järn 2		
Prov 9c Järn 2		
	<p>Polerat prov. Översikt. Järndroppe med med mycket hålrum.</p>	<p>Polerat och etsat prov. Översikt. Hög kolhalt, avtagande mot kanten (ljusare).</p>
	<p>Polerat prov. Detalj. Järndroppe med med mycket hålrum. Grått gjutjärn till höger (tunna grå linjer).</p>	<p>Polerat och etsat prov. Detalj. Järndroppe. Vitt gjutjärn till vänster (ljusa ytor).</p>

Bilaga 4. Dataark teknisk keramik (Ole Stilborg)

Legend till dataark

F = fin, **M** = mellangrov, **G** = grov

S = sorterad, **O** = osorterad

-- = mkt. få, - = sällsynt, * = allmänt, + = rikligt förekommande

M = malm, **A/P** = amfiboler/pyroxener (mörka mineral), **Z** = zirkon, **Mu** = muskovit, **Bi** = biotit, **Iso** = isotropiskt mineral

G = granit, **VB** = vittrad bergart, **Ka** = kalksten, **Sa** = sandsten, **Ch** = chamotte, **Växt** = växt, **Org** = annan organisk magring, **Nat** = naturlig magring

X = genomsnittligt största korn beräknad på de 5 näststörsta kornen.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Kontext	Anl.typ	Provtyp	Analysmetod
Ugnsvägg	Pr 8	TS 1		Ugn	Tunnslip	Petrograf. mikr.

Mikroskopering TS1	
Lera	
Grovlek	MG
Sortering	O
Silt	+
Finsand	*
Sand	*
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	+
Acc. mineral	M?, Z
Växtfrgm	
Diat/fossil	D*, S*
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	?
Max. kstl.	0,9 mm
Max. kstl. 2	1,1 mm
\bar{X} max. kstl 2	
Godsstruktur i TS: Ihopsintrade blästersköldfragment, slagg, träkol och ev. lös sand (max kstl 2).	

Provbeskrivning
Blästersköld

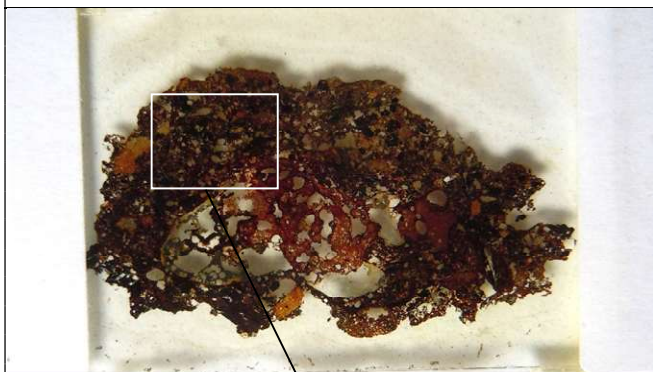
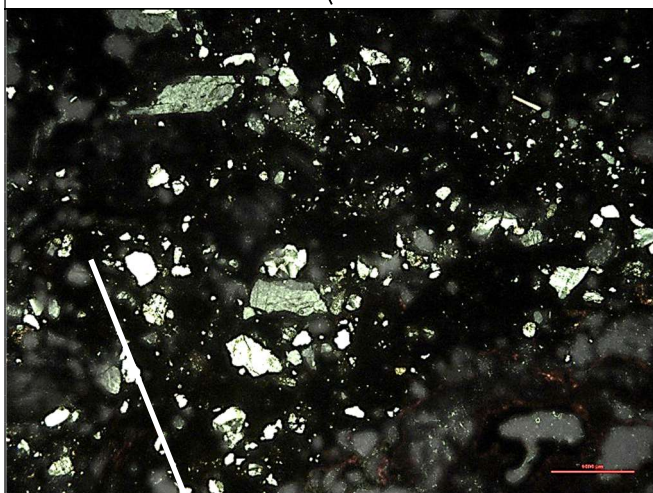
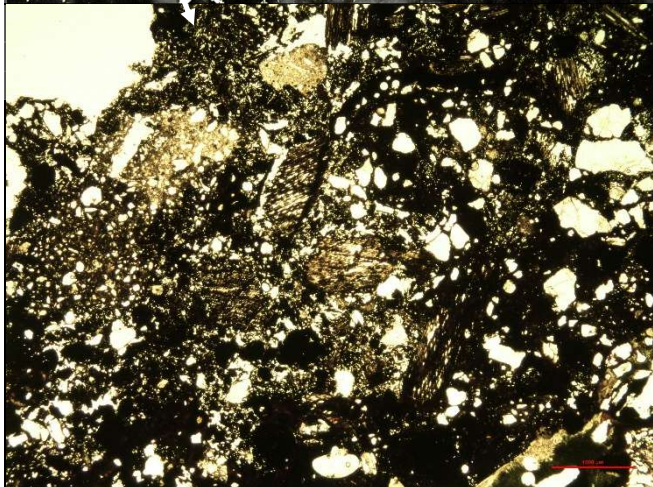


Foto av provet



Mikroskopfoto av TS 1. Krysspolariserad.



Mikroskopfoto av TS 1 som visar keramiskt fragment i vänstra delen av fotot.

Material	Fyndnr.	Provrnr.	Kontext	Anl.typ	Provtyp	Analysmetod
Ugnsvägg	Pr 10	TS 2		Slaggvarp	Tunnslip	Petrograf. mikr.

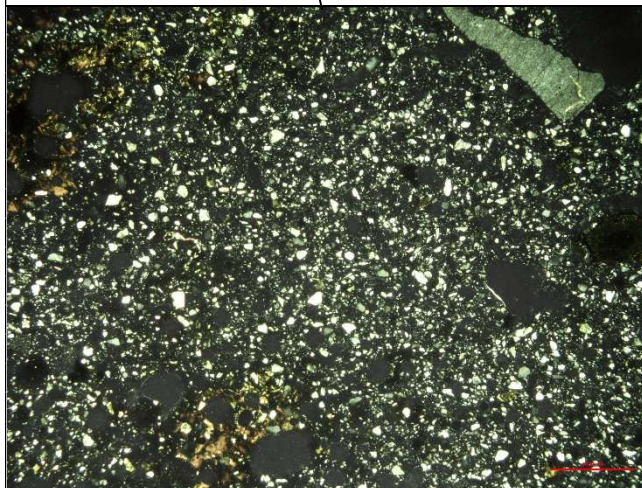
Mikroskopering TS2	
Lera	
Grovlek	MG
Sortering	S
Silt	++
Finsand	*
Sand	--
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	*
Acc. mineral	M?, A/P, Z
Växtfrgm	
Diat/fossil	D+, S+
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	?
Max. kstl.	2,4 mm
Max. kstl. 2	
X max. kstl 1	0,7 mm
Godsstruktur i TS:	
Välhomogeniserad	

Provbeskrivning

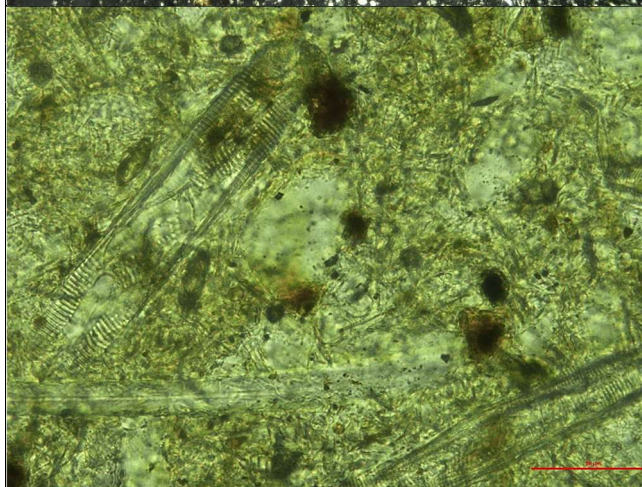
Blästersköld



Foto av provet



*Mikroskopfoto av TS 2.
Krysspolariserad.*



*Mikroskopfoto av TS 2
som visar koncentration
av diatomeer och en
spongienål.
Planpolariserad.*

Material	Fyndnr.	Provrnr.	Kontext	Anl.typ	Provtyp	Analysmetod
Ugnsvägg	Pr 11	TS 3		Slaggvarp	Tunnslip	Petrograf. mikr.

Mikroskopering TS3	
Lera	
Grovlek	F
Sortering	S
Silt	+
Finsand	*
Sand	--
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	*
Acc. mineral	M?, A/P, Z
Växtfrgm	
Diat/fossil	D-
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	?
Max. kstl.	1,4 mm
Max. kstl. 2	
X max. kstl 1	0,8 mm
Godsstruktur i TS:	
Tillräckl. homogeniserad	

Provbeskrivning
Blästersköld

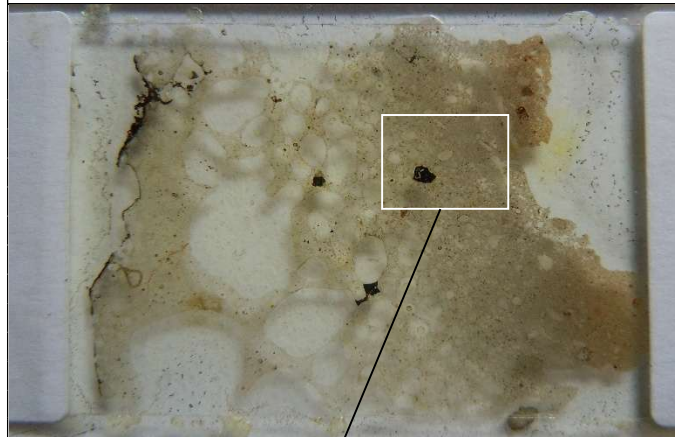
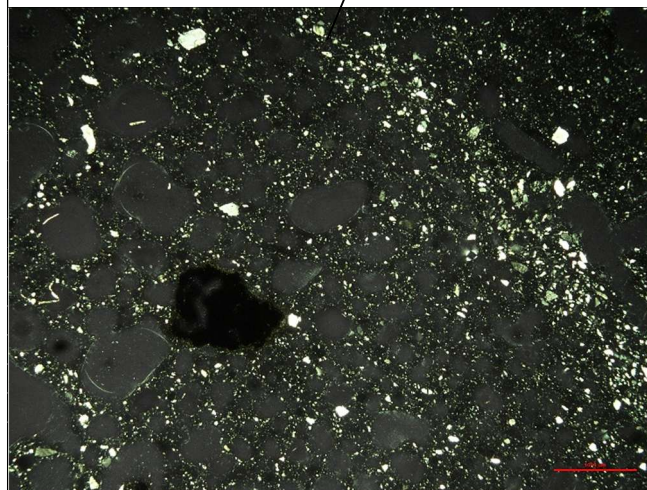


Foto av provet



Mikroskopfoto av TS 3.
Obs sliran av silt
Krysspolariserad.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Kontext	Anl.typ	Provtyp	Analysmetod
Ugnsvägg	Pr 12	TS 4		Slaggvarp	Tunnslip	Petrograf. mikr.

Mikroskopering TS4	
Lera	
Grovlek	MG
Sortering	S
Silt	+
Finsand	*
Sand	-
Kalkhalt	
Glimmer	?
Järnoxid	*
Acc. mineral	M?, A/P, Z
Växtfrgm	
Diat/fossil	D--
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	?
Max. kstl.	2,3 mm
Max. kstl. 2	
X max. kstl 1	1,1 mm
Godsstruktur i TS:	
Välhomogeniserad men med en del små lerkörtlar. Slagginklusioner	

Provbeskrivning
Fodring

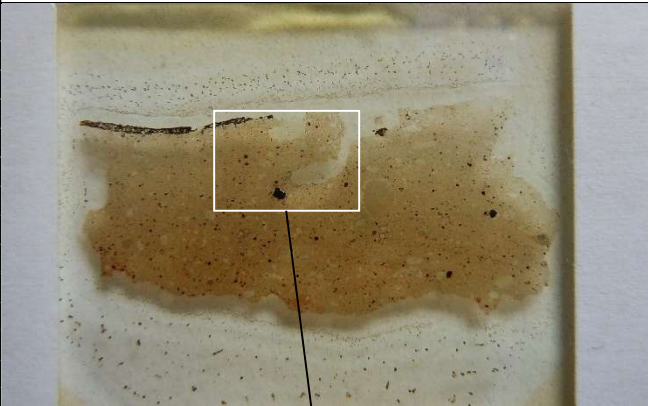
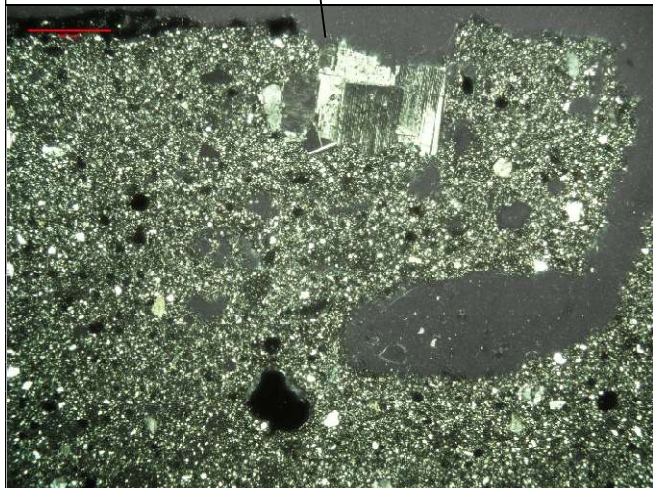
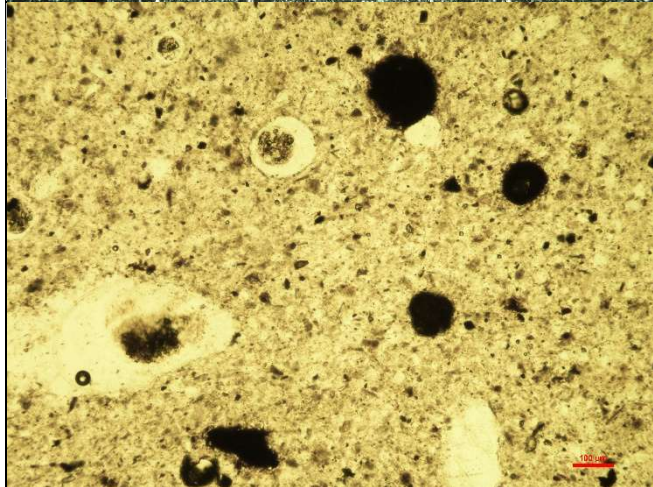


Foto av provet. Insidan uppåt.



Mikroskopfoto av TS 4. Obs kantigt granitkorn Krysspolariserad.



Mikroskopfoto av TS 4. Detaljfoto av små runda inklusioner tolkade som sprutslag. Planpolariserad.

Material	Fyndnr.	Provnr.	Kontext	Anl.typ	Provtyp	Analysmetod
Ugnsvägg	Pr 13	TS 5		Slaggvarp	Tunnslip	Petrograf. mikr.

Mikroskopering TS5	
Lera	
Grovlek	F
Sortering	O
Silt	+
Finsand	--
Sand	-
Kalkhalt	
Glimmer	*
Järnoxid	*
Acc. mineral M?, A/P, Bi	
Växtfrgm	*
Diat/fossil	
Magring	
Typ	Nat
Mängd %	?
Max. kstl.	3,5 mm
Max. kstl. 2	
X max. kstl 1	0,9 mm
Godsstruktur i TS:	
Välhomogeniserad	
Slagginklusioner	

Provbeskrivning

Fodring

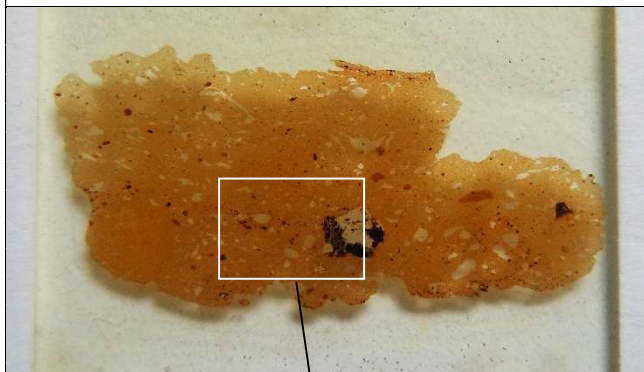
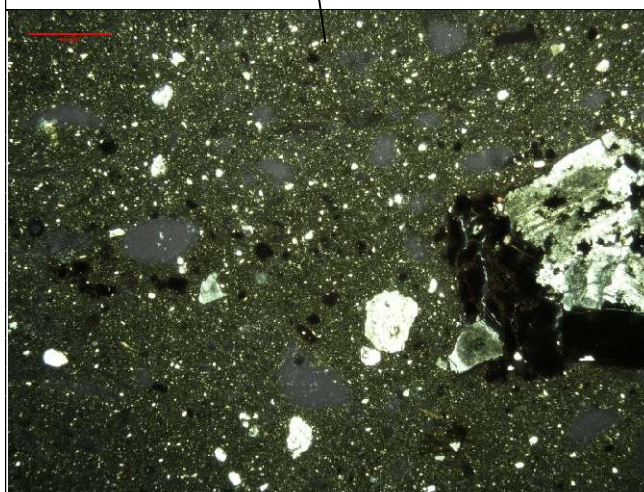
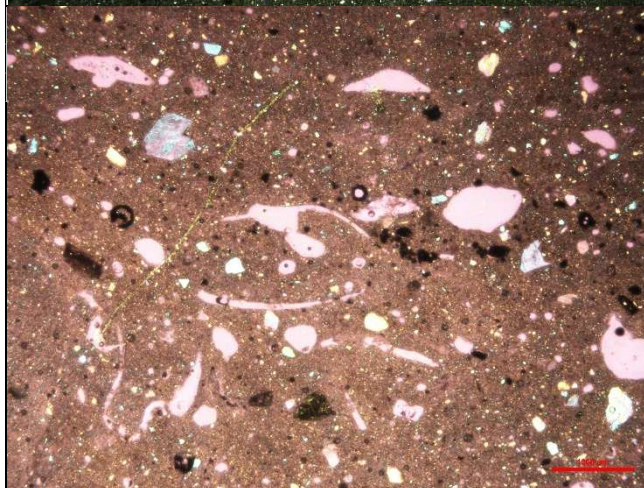


Foto av provet. Insidan uppåt.



Mikroskopfoto av TS 5. Obs kantigt granitkorn Krysspolariserad.



Mikroskopfoto av TS 5. Detaljfoto av smala avlånga hålrum efter organiskt material. Krysspolariserad med lampda kompensator.

Bilaga 5. Kemisk analys av malm och slagg. Analystabell, diagram och utvärdering. (Lena Grandin)

Bakgrund, förutsättningar och upplägg av resultaten

Resultaten från de totalkemiska analyserna återfinns i sin helhet i tabellen denna bilaga. Nedan presenteras resultaten för slaggerna och malmen med utgångspunkt i några utvalda huvudämnen och spårämnen. Fokus i utvärderingen är jämförelse ur några olika infallsvinklar:

- slagger från de olika kontexterna (ugn, slaggarvarp)
- slagger och malm
- slagger jämfört med de båda blästplatserna i Älvros (L1945:9225 och L2022:10033)

Några av dessa skillnader (bl.a. järn- och kiselinnehåll) kan främst knytas till *processen*, medan andra skillnader (mangan- och fosforinnehåll samt spårämnen) snarare kan knytas till variationer i *råvaran* (se detaljer i metodtexten). Det innebär att processen kan ha skett mycket likartat vid upprepade tillfällen i ugnen, men med malm från olika malmtäkter. Dessutom kan ugnsväggen/lerfordringen ha påverkat slaggernas sammansättning, med t.ex. kalium och aluminium som är huvudkomponenter i *lermineral*. Kalium, men framförallt kalcium kan också komma från *bränslat*, dvs. ved och kol.

Den kemiska sammansättningen i slaggerna kan därmed visa likheter ur en aspekt, men skillnader ur en annan. Några viktiga punkter lyfts fram i utvärderingen nedan.

Jämfört med slaggerna från de båda blästplatserna i Älvros visar slaggerna från Sveg större inbördes likhet. Alla tre platser karaktäriseras dock av sitt tydliga manganinnehåll som också framkommer i malmen från all tre lokaler, om än i varierande mängd.

Samtliga slagger från Sveg har tämligen lågt innehåll av fosfor, till skillnad från i Älvros där såväl lägre som högre fosforhalter noterades, framförallt på Älvros L1945:9225. Högre fosfor i slagger kan indirekt tyda på att fosforjärn har tillverkats. Det senare förekommer dock endast i ett enda analyserat järnprov, en av järninklusionerna i blästerskölden i prov 8.

Järn, kisel och mangan – från malmen

Järn och kisel är de ämnen som vanligen dominerar i slagger från blästjärnstillverkning och generellt är ett mått på utbytet av järn – ju lägre järnhalt i slaggen desto bättre utvinning.

De flesta slaggerna har höga halter av järn. Järninnehållet redovisas, enligt standard som oxider oavsett i vilken form det förekommer. I dessa slagger vet vi från analyserna i mikroskop (bilaga 3) att järnet främst förekommer som järnoxid (mineralet wüstit) och järnsilikat (mineralet olivin). I en av slaggerna (främst prov 9c) förekommer också ansamlingar av metalliskt järn som också bidrar till totalhalten av järn. Proverna har dock valts för den kemiska analysen i delar av slaggen som har minimalt med metall, men man bör ha i åtanke att om mer eller mindre metall har ingått kan det påverka resultaten med några viktsprocent nedåt eller uppåt.

Järnhalten varierar i fyra av de fem slaggerna mellan 55 och 72 % (angivet som Fe_2O_3 i tabellen Fig. 5:1, 5:2). Kiselhalten i dessa varierar, i motsatt riktning, mellan 18 och 33% (SiO_2). Dessa fyra slagger, dvs. prov 5 och 6 från ugnen, samt prov 10 från slaggarvarp 1 och prov 13b från slaggarvarp 2, har också innehåll av mangan i flera viktsprocent (7–10 % MnO).

Aluminium, kalium och kalcium – tillskott från lera och ved/kol

Bland övriga ämnen (Tabell 5:1, Fig. 5:2) förekommer aluminium (varierande från 3,9 till 5,6 % Al_2O_3), kalcium (3,0–3,4 % CaO), kalium (0,70–1,2 % K_2O , samt lite fosfor (0,4–0,6 % P_2O_5).

Som redan nämnts avviker prov 9c, med synligt metalliskt järn, med betydligt högre järnhalt (72 % Fe_2O_3), och följaktligen lägre kiselhalt (9 % SiO_2). Denna slagg innehåller dock också mangan, dock i något lägre halt än övriga slagger (3 % MnO) (se dock diskussion om proportioner mellan ämnena nedan).

Även malmen (Tabell 5:1, Fig. 5:1) domineras av järn (73 % Fe_2O_3) och kisel 7% (SiO_2). Malmen innehåller också mangan (nästan 5 % MnO), dvs. i halter som är jämförbara med slaggerna (andelen mangan i en slagg förväntas vara högre än i använd malm, se metodtext i bilaga 2). Malmen innehåller också lite aluminium (1,7% Al_2O_3), men sparsamt med kalium (0,15 % K_2O , fosfor (0,16 % P_2O_5) och kalcium (0,14 % CaO) (Tabell 5:1, Fig. 5:2).

De högre halterna i slaggerna kan komma från olika källor. Först och främst aluminium och kalium skulle teoretiskt kunna komma från inblandning av leran i ugnsväggen. Bränslet i form av ved och träkol kan ha bidragit, speciellt till det betydligt högre innehållet av kalcium i slaggerna än i malmen (Fig. 5:6–5:8). Eventuellt bidrag av kalcium från ved/kol förekommer mer markant i slaggerna från Sveg än i de från Älvros. Även om vi inte känner till kalciumhalten i den använda veden, visar vedartsanalyser, som förväntat, att det är tall som har använts, liksom på många andra blästplatser (utom de sydligaste i Skandinavien), delvis beroende på naturlig förekomst. Olika träslag innehåller olika mycket av t.ex. kalcium, kalium och fosfor. Enligt uppgift om *aska* på Wikipedia (inhämtat 2026-03-26) har tall högre kalkhalt än flera andra träslag. Men eftersom tall utgör vanligt bränsle bör det ha varit något mer i processen som har medfört att kalkhalten är högre i just dessa slaggar, proportionellt även högre än i slaggerna från Älvros. Uppgifter om olika träslag som har använts för glastillverkning tar främst upp lövträd som bok och ek, också de med höga halter av bl.a. kalcium (Jackson m.fl. 2005). Möjligen har större mängd ved använts (Evenstad (1782/1968) beskriver noggrant hur inledningsvis ved används som förvärmning i ugnen och hur sedan kol och malm systematiskt sätts upp i ugnen. Järnframställningsexperiment i en enklare blästugn (opublic. data från GAL) har påvisat att slaggar kan anrikas mer på kalcium vid högre andel bränsle i förhållande till malm som sätts upp (utan att övriga parametrar har ändrats under processen).

Som jämförande exempel finns det stora järnframställningsområdet i Gråfjell, Hedmark, Norge med ett stort antal analyserade malmer och slaggar (intern databas, data presenterade i ett stort antal analysrapporter från GAL på uppdrag av KHM i Oslo). Därifrån finns malmer med lågt kalciuminnehåll, men varierande fosforinnehåll och där slaggerna också genomgående har en högre kalciumhalt (både de med lägre och högre fosfor), men inte samma markanta förhöjning som i slaggerna från Sveg (Fig. 5:7, 5:8).

Mangan och barium i olika proportioner – flera malmer använda

Mangan är ett ämne som är vanligt de i sjö- och myrmalmer som vanligen användes i järnframställning i blästugnar. Manganhalter på flera, eller till och med tiotals viktprocent kan förekomma (t.ex. Hjärthner-Holder m.fl. 2018 och referenser däri). Motsvarande stora spännvidd har också observerats i manganhalt bland slaggar från järnframställning (se bilaga 2). Slaggerna från Sveg L1945:8276 visar också en variation, om än begränsad, och mer begränsad än slaggerna från de båda blästplatserna L1945:9225 och L2022:10033 i Älvros, bl.a. saknas de lägre manganhalter i slaggerna från Sveg som noterats i slaggar från Älvros.

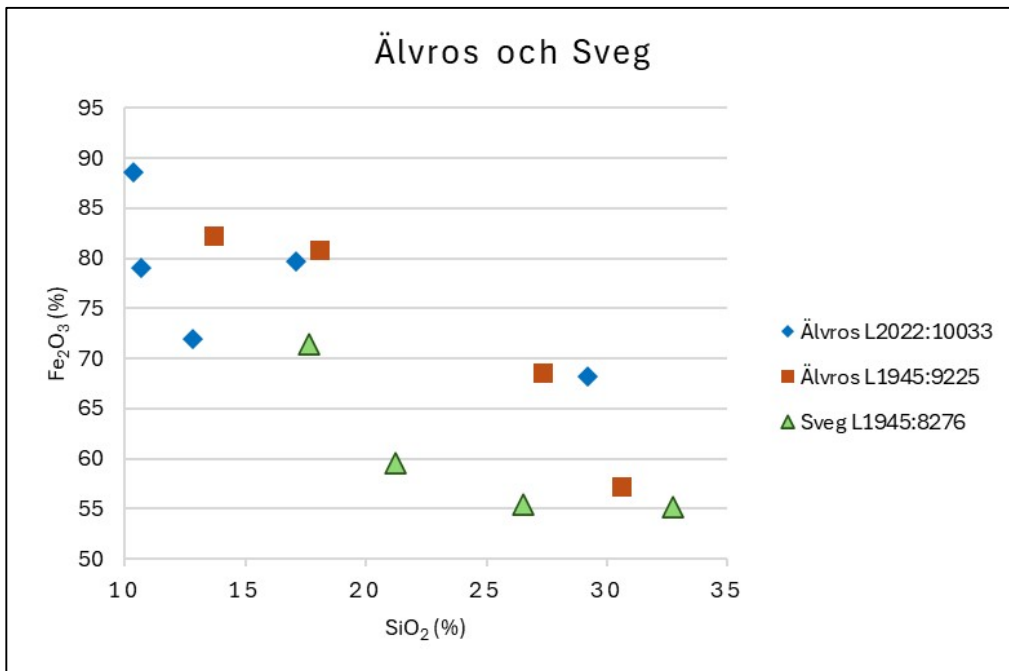
Variationerna i mangan skulle teoretiskt kunna finnas inom en och samma malmbildning. För att testa detta ytterligare jämförs också med bariuminnehållet. Barium är ett ämne som är korrelerat med mangan, och ju högre manganhalter desto högre barium ses också i allmänhet, främst i sjö- och myrmalmer och slaggar från järnframställning med dessa råvaror. För de tre slaggerna prov 5 och 6 (från ugnen) samt prov 10 från slaggarvarp 1 finns en likartad samvariation mellan MnO och Ba (båda ökar). Som nämnts tidigare är prov 9c avvikande med sin högre halt av metalliskt järn och det är därmed inte helt säkert att den är relevant för denna jämförelse. Däremot särskiljer sig prov 13 b från slaggarvarp 2 tydligt (Fig. 5:2, 5:3, 5:5). Slaggen har ett manganinnehåll liknande det i prov 10, men dess bariuminnehåll är markant högre (nästan 4 gånger så högt för samma MnO). Denna avvikelse antyder att slaggen är bildad vid en process där malm från en annan malmfyndighet har använts. Slaggen har också en markant högre halt av spårämnet vanadin (V) vilket också antyder en annan källa.

Frågan är om malmen kan knytas direkt till de båda slaggerna från ugnen. Malmen har en manganhalt på nästan 5% (MnO), de båda slaggerna från ugnen ca 10–11%, dvs. dubbelt så hög. De båda har också högre Ba (2000–2200 ppm) jämfört med malmen (1800 ppm), dvs. slaggerna har en mindre ökning i Ba i förhållande till MnO i relation till malmen, något som talar för att slaggerna inte är direkt samhöriga med malmen (Fig. 5:5). Detta skulle tala för att malmen inte är den som användes när bottenslaggerna som påträffats i ugnen bildades, och inte heller exakt den som har använts när de analyserade slaggerna från slaggarvarpen bildades.

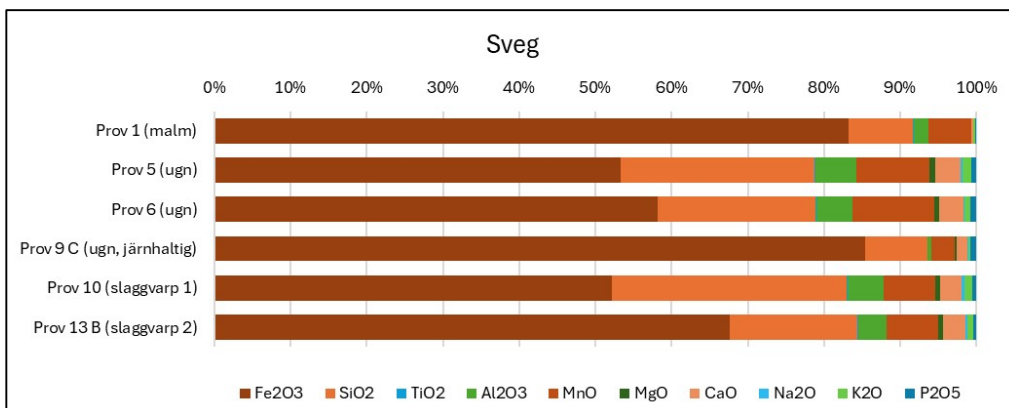
Spårämnena – flera malmer och/eller separering under processen i ugnen

Även bland några av de analyserade slaggerna från Älvros noterades relativt höga halter av vanadin, men är i dess är på en avsevärt lägre nivå (ca 150 ppm) jämfört med slaggen från Sveg (drygt 400 ppm)

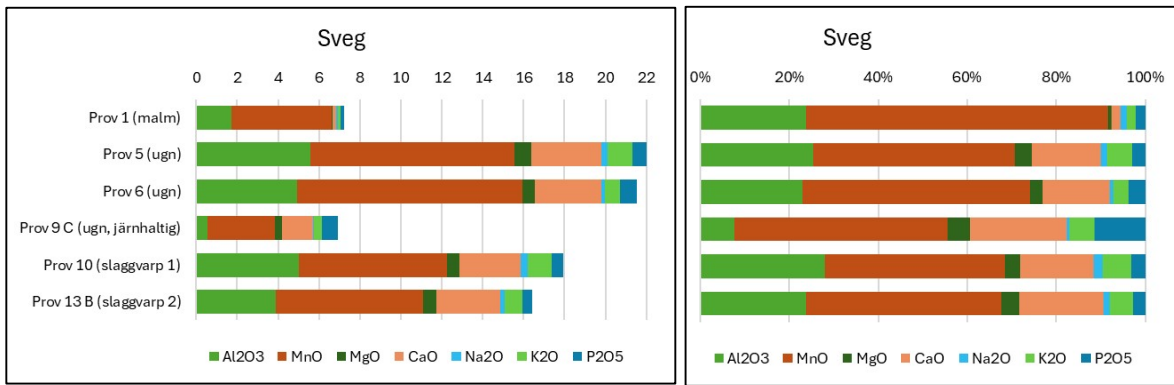
Slaggerna från alla tre platser kännetecknas av enbart låga halter av krom; medan kobolt och nickel (andra besläktade spårämnen) förekommer i ännu lägre halter, nära detektionsgränsen (Tabell 5:1, Fig. 5:4). En intressant likhet är dock att malmerna på alla de tre platserna innehåller kobolt, men ämnet förekommer i avsevärt lägre halter i de flesta slaggerna. En rimlig förklaring till skillnaden mellan förekomsten i malmen och avsaknaden i slaggerna beror på att kobolt under processen främst har gått in i metallen (har affinitet för metallen snarare än slaggen (och vi ska i så fall förvänta oss spårhalter av kobolt i det tillverkade järnet). Alternativt, men kanske mindre troligt i detta fall, så är malmen i prov 1 inte den malm som har använts när slaggerna bildades –dvs. det finns i så fall råvara från ytterligare en malmkälla, något som också antyds i de sällsynta jordartsmetallerna (REE) där malmen har en annan signatur än slaggerna från ugnen (Tabell 5:1).



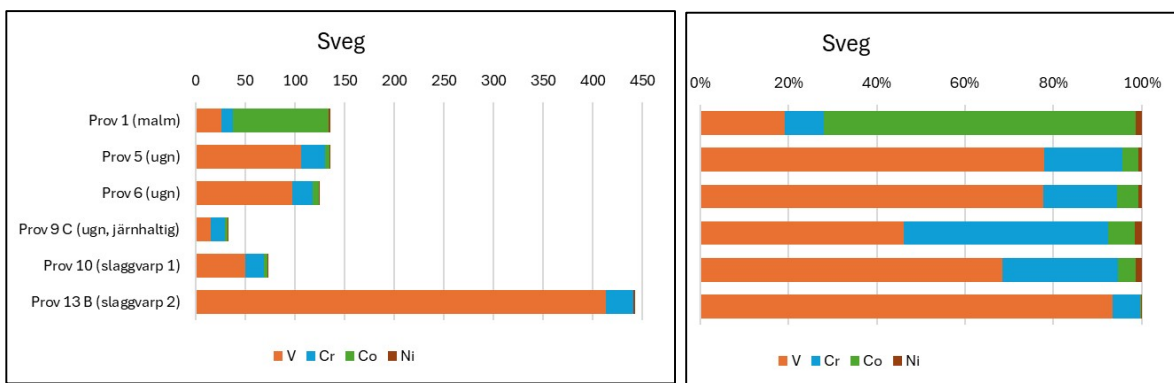
Figur 5:1. Innehållet av järn (som Fe₂O₃) och kisel (som SiO₂) i slaggar från Sveg L1945:8276 jämfört med slaggar från de båda blästplatserna L1945:9225 och L2022:10033 i Älvros som i flera fall har högre järnhalt.



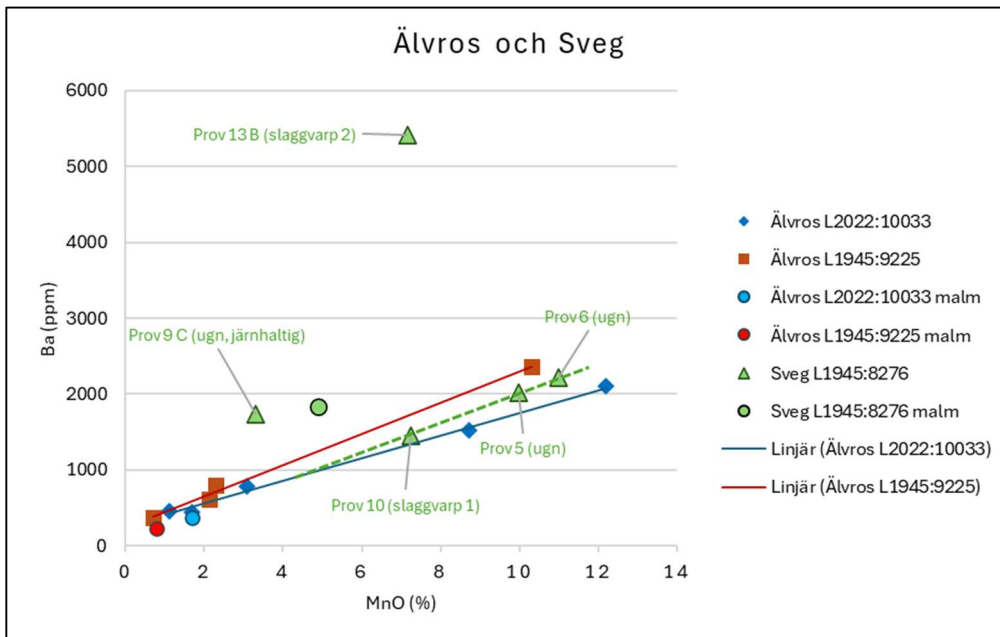
Figur 5:2. Diagram som belyser den variation som finns i de analyserade slaggerna, och malmen, i samtliga huvudämnen (normaliserat till 100%).



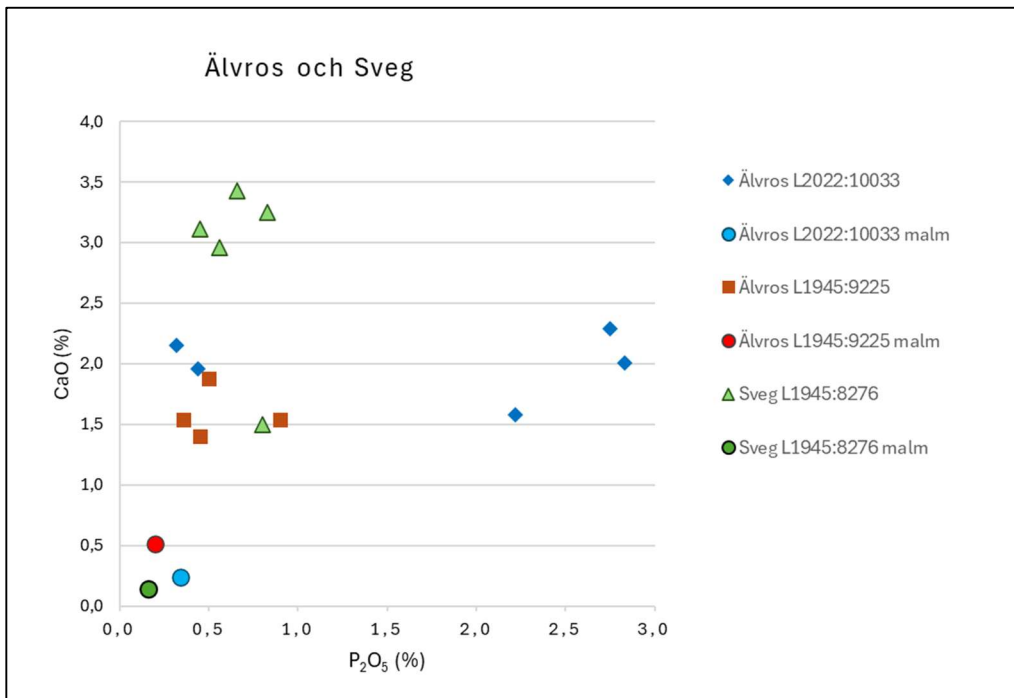
Figur 5:3. Diagram som visar sammansättning i slaggerna, och malmen, i samtliga huvudämnen utom järn och kisel. Till vänster absoluta halter (skala i vikt%), till höger normaliserat till 100%. I båda framgår den stora likheten mellan prov 5 och 6. Alla slaggar har betydligt större andel kalcium än malmen.



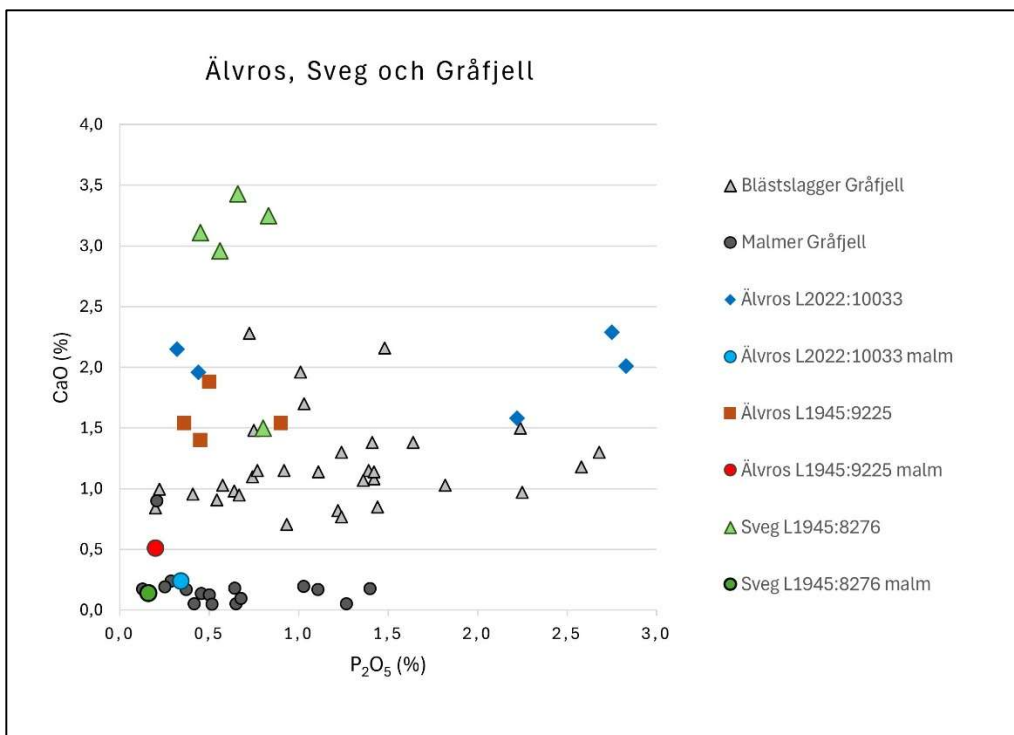
Figur 5:4. Diagram som visar sammansättning i slaggerna, och malmen, för spårämnena vanadin (V), krom (Cr), kobolt (Co) och nickel (Ni). Till vänster absoluta halter (skala i ppm), till höger normaliserat till 100%. Prov 13B avviker markant med extremt hög V. Malmen innehåller Co, som saknas i slaggerna.



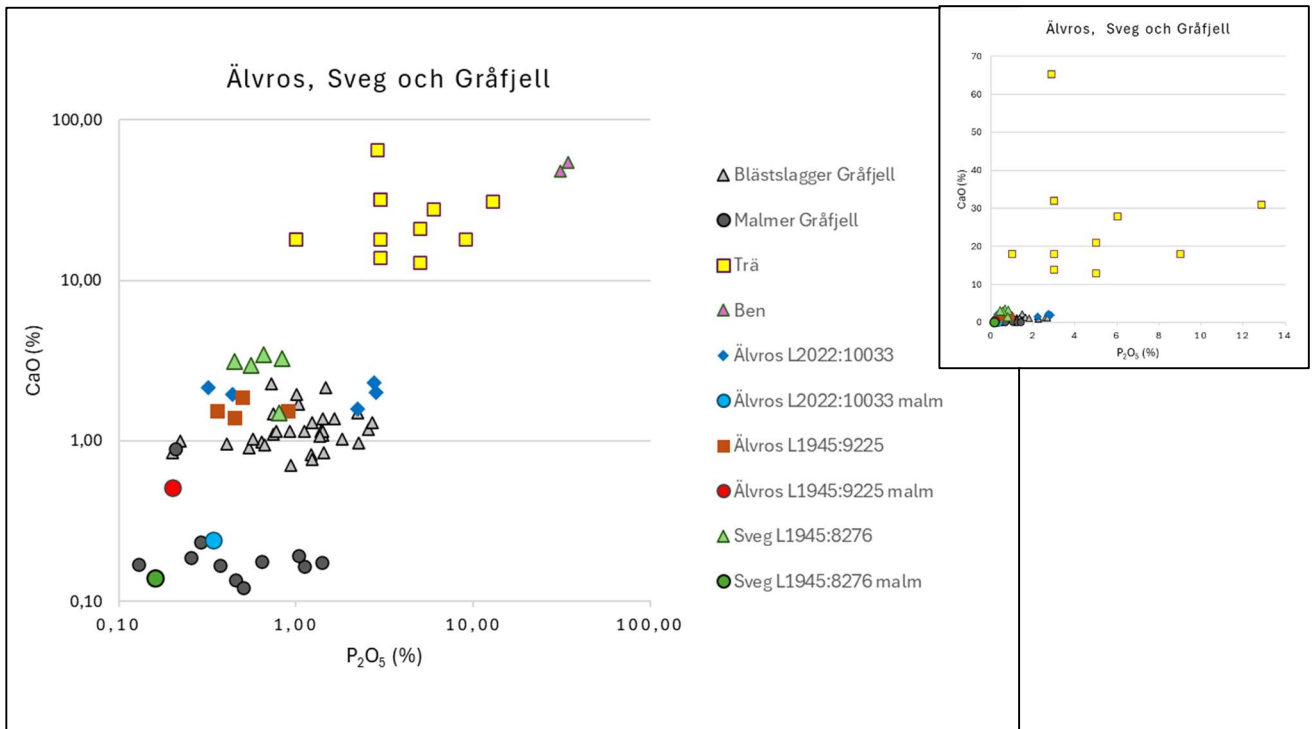
Figur 5:5. Innehållet av mangan (som MnO) och barium (Ba i ppm) i slaggar och malmer från Sveg och Älvros. Det visar spridningen i de analyserade proverna från lägre till högre halter. För de respektive platserna i Älvros indikerar de respektive linjerna olika proportioner inom respektive lokal. För slaggerna från Sveg antyder en streckad linje för tre av slaggerna en eventuell samhörighet, men övriga slaggar, och malmen, avviker från den.



Figur 5:6. Innehållet av kalcium (som CaO) och fosfor (P_2O_5) i slagger och malmer från Sveg och Älvros. Kalciumhalten är markant högre i slaggerna, speciellt från Sveg, jämfört med malmer. (Några slagger från Älvros L2022:10033 har också högre halt av fosfor). Jämför följande figurer.



Figur 5:7. Innehållet av kalcium (som CaO) och fosfor (P_2O_5) i slagger och malmer från Sveg och Älvros. Samma diagram som föregående, men här med tillägg av malmer och slagger från det stora järnframställningsområdet i Gråfjell, Hedmark, Norge (intern databas, data presenterade i ett stort antal analysrapporter). Därifrån finns malmer med lågt kalciuminnehåll, men varierande fosforinnehåll och där slaggerna också genomgående har en högre kalciumhalt (både de med lägre och högre fosfor), men inte samma markanta förhöjning som i slaggerna från Sveg.



Figur 5:8. Innehållet av kalcium (som CaO) och fosfor (P_2O_5) i slagger och malmer från Sveg, Älvros och Gråfjell som i föregående diagram. Här med tillägg av data för trä (olika träslag, se text för referenser). Skalan är logaritmisk för att visa de olika nivåerna. Ett litet tillskott av trä (ved/kol) kan därmed förklara ökningen av kalcium i slaggerna jämfört med i malmen. I diagrammet visas också att ben skulle kunna ge motsvarande ökning av kalcium, men samtidigt också betydligt högre fosforinnehåll (och det skulle krävas ganska stora mängder ben varför det inte är rimligt i detta fall). Infälld bild visar samma data i diagram med linjär skala.

Plats	Sveg L1945:8276	1945:8276	1945:8276	1945:8276	1945:8276	1945:8276	
Prov	Prov 1 (malm)	Prov 5	Prov 6	Prov 9C	Prov 10	Prov 13B	
SiO ₂	vikt-%	7,46	26,5	21,2	8,76	32,7	17,65
TiO ₂	vikt-%	0,05	0,10	0,07	0,02	0,09	0,11
Al ₂ O ₃	vikt-%	1,72	5,58	4,94	0,54	5,03	3,91
Fe ₂ O ₃	vikt-%	73,1	55,4	59,6	91,8	55,2	71,4
MnO	vikt-%	4,90	9,97	11,0	3,32	7,23	7,17
MgO	vikt-%	0,06	0,82	0,62	0,35	0,62	0,66
CaO	vikt-%	0,14	3,43	3,25	1,50	2,96	3,11
Na ₂ O	vikt-%	0,10	0,32	0,18	0,05	0,37	0,24
K ₂ O	vikt-%	0,15	1,22	0,72	0,38	1,16	0,86
Cr ₂ O ₃	vikt-%	<0,002	0,004	0,003	<0,002	0,003	0,004
P ₂ O ₅	vikt-%	0,16	0,66	0,83	0,80	0,56	0,45
SrO	vikt-%	<0,01	0,01	0,01	<0,01	0,01	0,01
BaO	vikt-%	0,20	0,22	0,25	0,19	0,16	0,60
C	vikt-%	3,76	0,01	0,27	0,03	0,03	0,05
S	vikt-%	0,02	0,07	0,10	0,03	0,06	0,07
Loss	vikt-%	12,05	-5,91	-4,20	-8,85	-5,57	-7,81
Sum	vikt-%	100,1	98,3	98,5	98,9	100,5	98,4
Li	ppm	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Sc	ppm	2	5	4	1	5	6
V	ppm	26	106	97	15	50	413
Cr	ppm	12	24	21	15	19	28
Co	ppm	96	5	6	2	3	<1
Ni	ppm	2	1	1	<1	1	1
Cu	ppm	5	2	2	5	2	3
Zn	ppm	155	9	8	2	6	<2
Ga	ppm	3,2	7,6	5,9	2	5,9	13,6
Ge	ppm	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,2
As	ppm	3,3	1,4	0,4	1	0,3	0,3
Se	ppm	0,7	0,9	1,5	0,3	0,7	0,6
Rb	ppm	7,8	39,7	22,5	7,1	32,9	26
Sr	ppm	15,9	187	171	46,9	159	161,5
Y	ppm	21	59,3	55	5	47	43,6
Zr	ppm	30	71	52	24	68	75
Nb	ppm	1,56	3,49	2,68	0,58	2,92	3,24
Mo	ppm	5	4	5	8	2	8
Ag	ppm	<0,2	0,6	0,7	<0,2	0,4	0,8
Cd	ppm	0,7	1,1	1,1	1	0,5	1,4
In	ppm	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,054
Sn	ppm	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,9
Sb	ppm	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Te	ppm	0,04	0,01	<0,01	0,03	0,01	0,01
Cs	ppm	0,19	0,58	0,3	0,06	0,49	0,42
Ba	ppm	1840	2020	2220	1740	1460	5420
La	ppm	24,1	68,2	69,5	2,5	60,8	93,2
Ce	ppm	58,3	210	210	6,6	185	357
Pr	ppm	6,89	17,2	17,95	0,78	15,8	25,4
Nd	ppm	26,3	66	67,1	3,2	58,5	93,9
Sm	ppm	5,03	11,55	10,5	0,72	10,6	15,8
Eu	ppm	0,65	1,42	1,45	0,1	1,32	1,99
Gd	ppm	4,16	9,73	9,09	0,61	7,98	11,2
Tb	ppm	0,64	1,42	1,43	0,11	1,15	1,6
Dy	ppm	3,7	8,59	8,57	0,77	6,76	8,87
Ho	ppm	0,82	1,91	1,97	0,23	1,48	1,79
Er	ppm	2,24	6,38	6,03	0,75	4,83	5,66
Tm	ppm	0,38	0,99	1,05	0,13	0,75	0,87
Yb	ppm	2,41	6,96	7,04	0,91	5,31	5,8
Lu	ppm	0,38	1,06	1,12	0,2	0,76	0,92
Hf	ppm	0,93	2,15	1,74	0,62	1,73	2,3
Ta	ppm	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
W	ppm	0,8	2,5	1,5	1,3	0,7	1,2
Re	ppm	<0,001	0,001	0,002	<0,001	0,001	0,002
Hg	ppm	0,105	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Tl	ppm	0,34	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Pb	ppm	11	13	14	8	9	10
Bi	ppm	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Th	ppm	3,49	10,1	9,92	0,92	8,5	13,45
U	ppm	2,29	6,56	6,36	0,31	4,58	3,75

Tabell 5:1. Rådata, kemisk analys av slagger. I övre delen huvudämnen, i nedre delen spårämnen, inklusive de sällsynta jordartsmetallerna (REE) i kursiv. Några ämnen som behandlas mer utförligt i texten är fetmarkerade. Data från ALS Scandinavia, PI25406931.

RAPPORTSERIE – JAMTLI, 2026

ISSN 1654-2045

- 2026:1 En täppa mellan skog och fjäll. En studie av torpträdgårdar i Norrlands inland – etapp 2
Victoria Bly
- 2026:2 Mattmar kyrka. Kulturhistorisk utredning av begravningsplats
Victoria Bly
- 2026:3 Häggenås kyrka. Restaurering av trappa, 2025
Henrik Ylikoski
- 2026:4 Kulturhistorisk inventering av Risbäcks kyrkogård, 2025
Henrik Ylikoski
- 2026:5 Kulturmiljöanalys. Nybodberget
Anna Engman
- 2026:6 Arkeologisk förstudie. Ombyggnad av kraftledning i Åredalen
Anna Engman
- 2026:7 Klocktornet i Brunflo. Byggnadsarkeologisk undersökning 2021–2025
Olof Holm och Björn Olofsson
- 2026:8 Kulturhistorisk inventering av Edefors kyrkogård, 2025
Henrik Ylikoski
- 2026:9 Kulturhistorisk inventering av Gunnarsbyns kyrkogård, 2025
Henrik Ylikoski
- 2026:10 Mörsils kyrka. Kulturhistorisk utredning av begravningsplats
Victoria Bly
- 2026:11 En blästplats och 11 liggmilor i Sveg. Lämningar från vikingatid till medeltid
Kristina Jonsson och Terese Olofsson