JÖNKÖPINGS LÄNS MUSEUM

Arkeologisk rapport 2020:10
Ann-Marie Nordman

Blästplats i Hedenstorp

Arkeologisk för- och slutundersökning inom del av blästplats L1972:9119 (RAÄ-nr Sandseryd 190:1), Sandseryds socken i Jönköpings kommun och län

JÖNKÖPINGS LÄNS MUSEUM

Arkeologisk rapport 2020:10
Ann-Marie Nordman

Blästplats i Hedenstorp

Arkeologisk för- och slutundersökning inom del av blästplats L1972:9119 (RAÄ-nr Sandseryd 190:1), Sandseryds socken, Jönköpings kommun och län

Jönköpings läns museums dnr: FU 2016-267 och UN 2017-148
Länsstyrelsens dnr: FU 431-6542-2016 och UN 431-4547-2017

Rapport, foto och ritningar: Ann-Marie Nordman
Grafisk mall: Anna Stålhammar
Tryck: TMG Tabergs AB, Taberg
Omslagsfoto: Blästplatsen i Hedenstorp under utgrävning.

Jönköpings läns museum, Box 2133, 550 02 Jönköping
Tel: 036-30 18 00
E-post: info@jkpglm.se
www.jkpglm.se

Utdrag ur tryckta och ajourhållna ekonomiska kartor, Geografiska Grunddata samt Geodata (FUK) är återgivna enligt tillstånd:
© Lantmäteriet. Ärende nr MS2007/04833, nr MS2012/03742 samt dnr i2012/1091.

ISSN: 1103-4076

© JÖNKÖPINGS LÄNS MUSEUM 2020

Innehåll

Sammanfattning 5
Inledning 7
Omfattning 7
Målsättning 7
Metod 8
Topografi 8
Fornlämnings- och kulturmiljö 8
Tidigare undersökningar 9
Resultat 10
  Slaggvarparna 10
    A536 Slaggvarp 11
    A548 Slaggvarp 11
  Rödjordsytor 12
  Kolningslämningarna 13
Arkeometallurgisk analys 14
Dateringar 15
Tolkning och diskussion 16
Administrativa uppgifter 17
Referenser 18
  Arkiv 18
  Nätresurs 18
  Tryckta källor och litteratur 18

Bilagor

Bilaga 1. Schaktplan, skala 1:500 21
Bilaga 2. Anläggningsbeskrivningar 23
Bilaga 3. Metallurgisk analys 31
Bilaga 4. Dendrokronologisk analys 97
Bilaga 5. Vedartsanalys 99
Bilaga 6. ^{14}C-analys 103

Sammanfattning

Med anledning av utökning av industriområdet Hedenstorp har Jönköpings läns museum undersökt två slaggvarpar och fyra kolningsgropar inom blästplats L1972:9119 (RAÄ-nr Sandseryd 190:1).

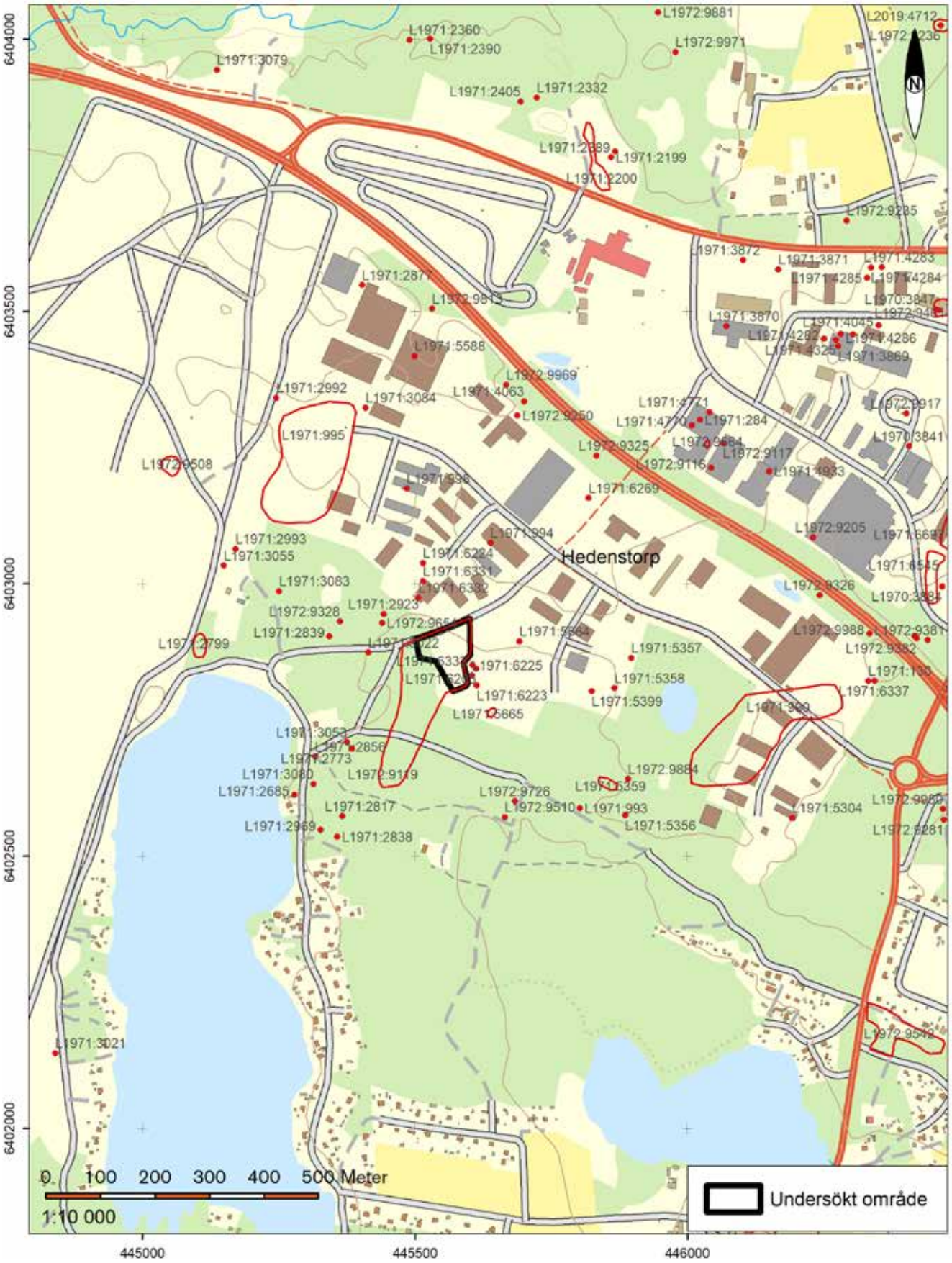
De båda slaggvarparna skilde sig från motsvarande tidigare undersökta anläggningar i området. Det ena slaggvarpet saknade den sedvanliga täkt- och avfallsgropen bakom ugnarna. Ugnarna hade också anlagts på kanten av en stor kolningsgrop, vilket vi inte sett tidigare.

I det andra slaggvarpet fanns fyra ugnar istället för två. Man har byggt nya ugnar istället för att restaurera de befintliga. Kanske var de första ugnarna för dåligt byggda från början. Det kunde vi tyvärr inte bekräfta, eftersom man i samband med byggnationen av de yngre ugnarna hade förstört merparten av de gamla.

I en av kolningsgroparna kunde vi se två separata användningsnivåer tydligare än någonsin tidigare. Nivåerna ^{14}C-daterades till 1000/1100-tal respektive cirka 1300 e Kr. I den yngre nivån dendrodaterades även en förkolnad stock till tiden efter 1266.

Man har producerat både mjukt, lättbearbetat järn och hårdare stål. Delar av det producerade järnet kan ha hamnat i Jönköping för vidare förädling och avsalu. Slaggfyndigheter i staden har vid kemiska analyser visat sig ha stora likheter med slaggerna från aktuell blästplats.

Lämningarna är undersökta och borttagna.



Figur 1. Utdrag ur ekonomiska kartans blad 64E 0eS. Undersökningsområde och i Fornsök registrerade fornlämningar markerade. Skala 1:10 000.

Inledning

Jönköpings kommun planerade att utöka industriområdet Hedenstorp Västra åt söder in i fornlämning L1972:9119 (RAÄ-nr Sandseryd 190:1), en blästplats. Vid tidigare utredningar och undersökningar har aktuell yta lämnats orörd, eftersom kommunen i samråd med länsstyrelsen planerade planlägga området som grönyta. Nu hade man dock ändrat sig och ville ta en del av fornlämningsområdet i anspråk.

Denna rapport omfattar både förundersökningen och den efterföljande arkeologiska undersökningen av den nordöstra delen av blästplatsen.

Förundersökningen genomfördes under april 2017 och den arkeologiska undersökningen under sommaren samma år. Fält- och rapportansvarig för båda undersökningarna var Ann-Marie Nordman, Jönköpings läns museum. Beställare var Mark och exploatering, Jönköpings kommun.

Lena Grandin från Geoarkeologiska laboratoriet vid Statens historiska museer deltog en dag i fält. Hon genomförde också den arkeometallurgiska analysen av slaggerna. Vedartsanalysen gjordes av Erik Danielsson vid Vedlab och ^{14}C-dateringarna av Tandemlaboratoriet vid Uppsala universitet.

Omfattning

Undersökningarna omfattade den nordöstra delen av fornlämning L1972:9119 med två slaggvarpar och fyra kolningsgropar (enligt FMIS 2016). Den totala undersökningsytan var 7 600 m^2 stor.

Målsättning

Frågeställningarna inför grävstart vid förundersökning berörde fornlämningens utbredning, omfattning, sammansättning och komplexitet. Då flertalet undersökningar av samma art redan genomförts i Hedenstorp och Axamoområdet ställdes initialt endast översiktliga mål/frågeställningar. Tanken var att denna plats knappast skulle ge så mycket mer information än alla de tidigare undersökningarna av blästplatser i området. Därför bestämdes i tidigt skede att undersökningarna i första hand skulle koncentreras till ugnarna. Slaggvarparna och kolningsgroparna lågprioriterades, förutom att ^{14}C-prover i kombination med dendrokronologiska prover skulle sökas i en eller två kolningsgropar. Vad vi hoppades på var att tydligare avgränsa ^{14}C-dateringarna (merparten av alla dateringar av blästplatser i området gjordes redan under 1980- och 1990-talen, då resultaten spände över längre tidsperioder).

Mer detaljerade frågeställningar ställdes upp inför den arkeologiska undersökningen. Bland annat ville vi se om primärsmide hade förekommit på platsen, hur slaggernas sammansättning såg ut, vilken kvalité det producerade järnet hade, malmens ursprung och vart det producerade järnet tagit vägen.

Metod

I förundersökningsskedet karterades planområdet noggrant. Slaggvarpar, kolningsgropar och en kolbotten mättes in med nätverks-RTK. Därefter öppnades ett större och fyra mindre schakt. Det stora schaktet omfattade slaggvarparna och rödjordsytorna. Övriga schakt öppnades mellan kolningsgroparna i syfte att se om ytterligare anläggningar fanns inom planområdet. Den södra ugnen i slaggvarpet A548 grävdes ut och prover för arkeometallurgiska analyser samlades in. Profilschakt grävdes med grävmaskin i två kolningsgropar.

Vid undersökningen utökades undersökningsytan något åt väst på grund av att det ena slaggvarpet låg alldeles på gränsen till planområdet. Den fortsatta undersökningen koncentrerades till slaggvarparna, och framför allt till ugnarna.

Topografi

Undersökningsområdet låg på det småländska höglandet ca 7 km väster om Jönköpings stad, 225 meter över havet. Geologiskt domineras området av ett dödislandskap med flera mindre sänkor, ofta sanka och med mossbildning, omgärdade av små, skarpt avgränsade höjder av sand och/eller grus. Jordmånen i området består av podsoljord, med en tunn förna av främst mossa överst, därunder en tunn horisont av förmultnade växtdelar och underst grå, urlakad sand. Det största sammanhängande sankområdet, Dumme mosse, finns 500 meter väster om planområdet, intill Jönköpings flygplats. I kanterna av mossen finns förekomster av rödjord. Växtligheten inom planområdet bestod av relativt gles tallskog av varierande ålder.

Fornlämnings- och kulturmiljö

Fornlämningsbilden i Sandseryds socken domineras av lämningar från järnåldern och tidig medeltid samtidigt som länets allra äldsta fornfynd har påträffats i den närliggande Dumme mosse. Vid arbete i mossen påträffades två ljusterspetsar av kronhjortsben vilka dateras till ca 8 000 f Kr. Fyndet gjordes för mer än hundra år sedan och den exakta fyndplatsen är inte känd.

Annars är det gravar och gravfält från romersk järnålder–folkvandringstid, samt blästplatser och kolningslämningar som dominerar i Sandseryds socken. Gravarna utgörs framför allt av stensättningar – kvadratiska eller runda, rektangulära och runda stenkretsar samt högar. Även flera resta stenar och klumpstenar, som kan vara markörer för gravar, finns registrerade. När det gäller blästplatser menar Leif Rubensson (2000:257) att:

> På ingen annan plats i Småland finns det så många blästbruksplatser på så begränsad yta [under yngre järnålder - förf anm].

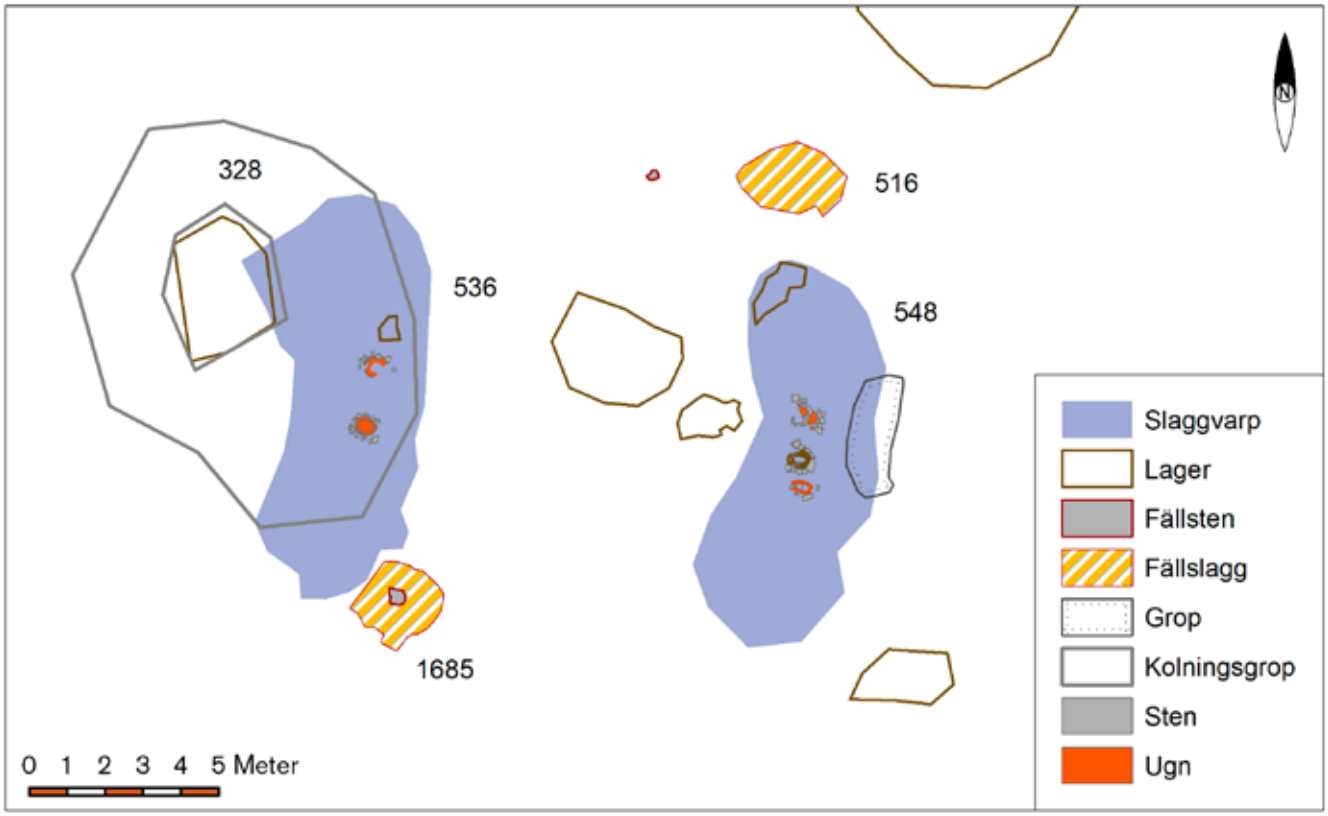
Karaktären på gravarna antyder att merparten av dem hör hemma i äldre och mellersta järnålder. Några av dessa har undersökts under 1980- och 1990-talen. 1986 undersökte Jönköpings läns museum ett gravfält med sjutton klumpformiga stenar inom flygfältet 1,6 kilometer söder om planområdet (L1971:9859/Raä-nr Sandseryd 20:1, Varenius & Ajneborn 2008). Vid undersökningen framträdde ett gravfält med åtta stenkretsar och sjutton resta stenar med sparsamt fyndmaterial. I de flesta framkom endast brända ben och keramik. I den enda påträffade urnan låg brända ben, en kniv samt en sölja. Gravfältet kan utifrån gravtyper samt daterade paralleller i regionen dateras till folkvandringstiden. Förutom gravar undersöktes två slaggvarpar och två kolningsgropar (L1971:55/ RAÄ-nr Sandseryd 205:1) vilka daterades till vikingatid–tidig medeltid.

Senare tiders aktiviteter har också lämnat spår i området. En stor mängd kolbottnar, resterna efter kolning i resmila, visar att skogens resurser utnyttjats på platsen även under medeltid och historisk tid. Även häradets namn, Tveta, vars äldsta belägg är från 1178 vittnar om skogens betydelse för lokala näringar. Ordet *tvet* betyder uthuggning, röjning (Agertz 2008:221). Kolningen var en av utmarkens viktigaste resurser från järnålder fram till 1900-talets början. Känt är också att Tabergs bergslags masugnar förbrukade stora mängder kol under 1600–1800-talen. Detta kol producerades i skogarna i kringliggande socknarna. I stadens tänkeböcker kan man hitta uppgifter om tvister mellan bergslaget och stadens borgare om nyttjanderätten till skogen i Sandseryd. Under första halvan av 1600-talet krävde nämligen Jönköpings stads återuppbyggnad stora mängder virke.

Tidigare undersökningar

Ungefär en kilometer nordöst om planområdet undersökte länsmuseet 1991 ett gravfält med stenkretsar, en stensättning och en skärvstenshög samt en rund stensättning inom Hedenstorps industriområde (L1972:9461/Raä-nr Sandseryd 8:1 respektive L1972:9917/ Raä-nr Sandseryd 6:1). Inom Hedenstorpsområdet har även ett stort härdområde med en drygt 200 meter lång rad av stora kok- och härdgropar från yngre järnåldern undersökts (L1971:6546, se Ameziane 2009, Haglund 2019). Intill härdområdet fanns mycket fragmentariska rester efter en blästplats, där två ugnsbottnar kunde identifieras (L1971:6697/ Raä-nr Sandseryd 395). 300 meter väster om härdområdet undersöktes 2001 en blästplats med två blästugnar med respektive slaggvarp samt tre kolningsgropar (L1972:9664/ Raä-nr Sandseryd 186:1, Lorentzon 2008).

Mellan åren 1986 och 2010 har sammanlagt ett femtontal exploateringsundersökningar av blästplatser och kolningslämningar genomförts i Hedenstorp och Axamo. Bland annat för- och slutundersöktes den norra delen av aktuell fornlämning 2007 tillsammans



Figur 2. Översikt över slaggvarparna A536 och A548.

med blästplatsen L1971:4063/ Raä-nr Sandseryd 338 (Lorentzon 2012). Då undersöktes ett antal kolningsgropar norr om skogsvägen som löper förbi aktuellt undersökningsområde.

Undersökningarna i Sandserydsområdet har med andra ord berört gravar från äldre järnåldern och blästplatser från yngre järnålder–medeltid. Var järnproducenterna bodde vet vi inte. Avsaknaden av boplatser och gravar från samma tid tyder på att järnframställningen har handlat om säsongsbunden utmarksnäring. De närmaste kända yngre järnåldersområden – med bland annat för perioden typiska gravformer i större antal – finner vi öster och syd/sydöst om Vättern samt på Visingsö.

Resultat

Slaggvarparna

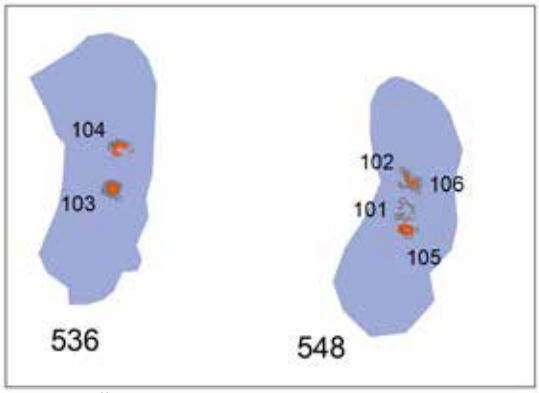
Två slaggvarpar fanns inom planområdet. Ugnarna i slaggvarparna grävdes ut i sin helhet. Två av slagghögarna (en i varje varp) grävdes ut till hälften med syftet att uppskatta deras volym.

Generallt kan man säga att slaggvarpet A548 var högre och innehöll mer slagg än A536. Ugnarna i A548 innehöll mer och större stenar och sandkassen runt ugnarna framträdde tydligare än i A536. En annan skillnad var att A536 saknade den sedvanliga gropen bakom (öster om) ugnspiporna. För närmare beskrivning av slaggvarparna och ugnarna se anläggningsbeskrivningarna i bilaga 2.

A536 Slaggvarp

Det västra slaggvarpet var böjt limpformat, 11 × 5 meter stort, nord-sydligt orienterat och 0,2–0,4 meter högt. Slagghögarna i var sin ända av limpan var 3,3–3,7 meter i diameter och som mest 0,4 meter höga. Den norra högen hade delvis rasat ner i kolningsgropen intill. I mitten fanns två ugnar. Mitt i den norra växte en tall.

Intill och sydöst om slaggvarpet fanns A1685, ett område med fällslagg, 2 meter i diameter. Mitt i området låg fällstenen, en flat och i tre delar sprucken sten 0,45 × 0,40 meter stor (Figur 4 och 5). Stenens yta var skrovlig och påverkad av slag. Slaggstyckena var mer varierande både till form och storlek (10–60 mm) än i det motsvarande fällslaggsområdet, A516, norr om A548. Proportionen av magnetiska stycken var likvärdig med A516.



Figur 3. Översikt över slaggvarparna med ugnarna markerade.

A548 Slaggvarp

Det östra slaggvarpet var svagt böjt limpformat, 10 × 4 meter stort, nord–sydligt orienterat och 0,2–0,3 meter högt. Slagghögarna i var sin ända av limpan var 3,7–4 meter i diameter och 0,3 meter höga. I limpans mitt fanns en svacka där ugnarna stod. En tallstubbe stod i den norra ugnen.

Figur 4. Slaggvarp A536 under utgrävning. Bakom varpet skymtar den delvis urschaktade kolningsgropen A328. I förgrunden ligger fällstenen och fällslagg A1685. Foto från söder.

Figur 5. Fällstenen A1630 mitt i fällslaggområdet A1685.

Drygt en meter norr om slaggvarpet fanns ett 2,4 × 1,8 meter stort område med fällslagg med 5–40 millimeter stora slaggstycken. Flertalet var magnetiska, och till och med starkt magnetiska, till skillnad mot de större slaggerna i slaggvarparna. Någon fällsten fanns inte, men bland slaggbitarna låg ett antal mindre värmepåverkade stenflisor som mycket väl kan härstamma från en fällsten.

Två meter väster om A516 låg en sten (knappt 0,3 meter i diameter) som i ytan hade spår av slag. Stenen är av annan bergart än flisorna bland fällslaggen. Den kan också ha använts som fällsten.

Rödjordsytor

Fem områden med rödjord fanns mellan och runt slaggvarparna. Dessa var runda till ovala i formen och 1–6 meter i diameter. Det roströda sandlagret var som mest 0,20 meter tjockt. Metallurgiska analyser av rödjorden visade att man hade förvarat rostad rödjord

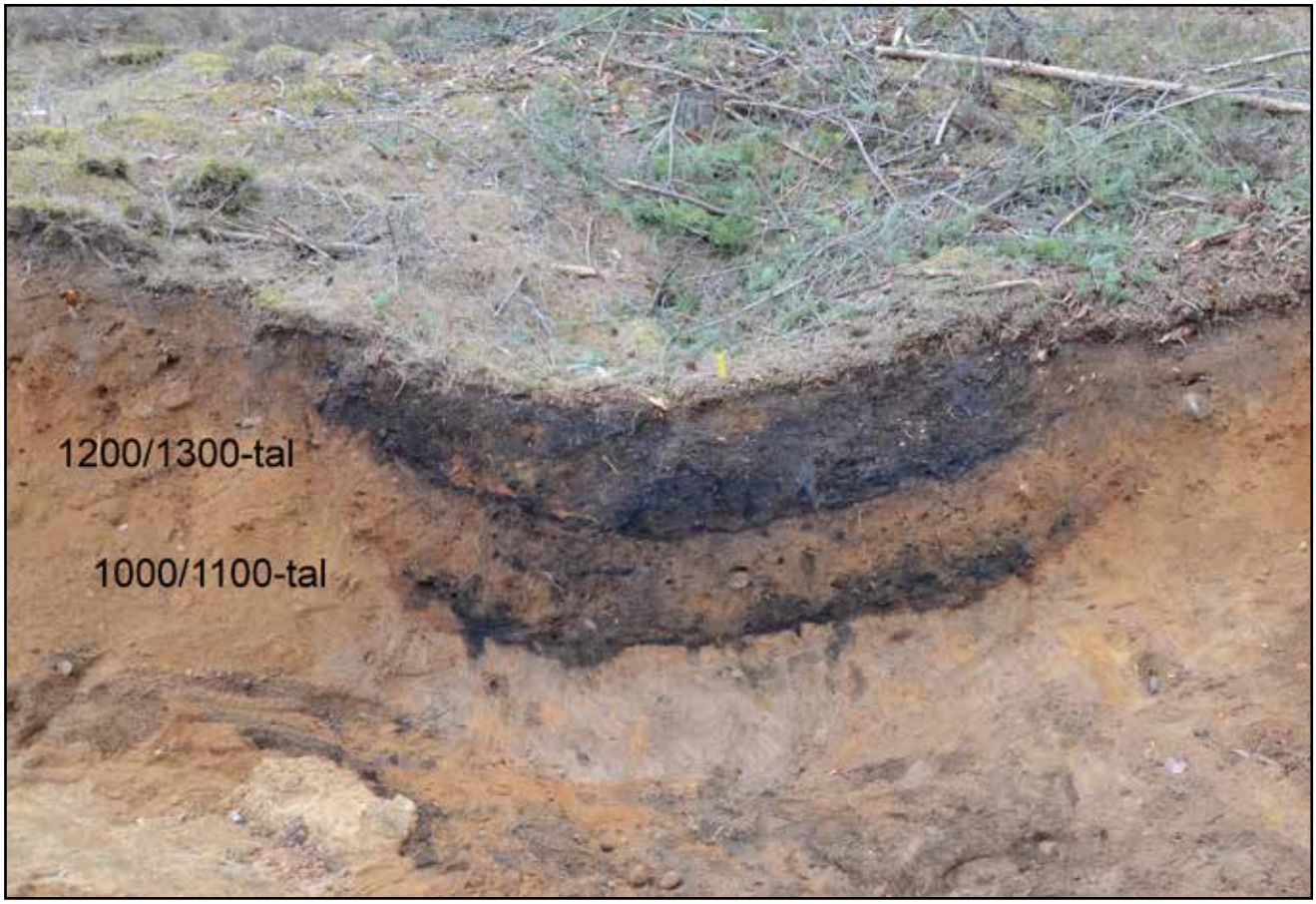
Figur 6. Slaggvarp A548 med delvis utgrävda ugnar. I förgrunden området med fällslagg A516. Vid bildens högra kant den eventuella fällstenen. Kranfoto från norr.

här. Järnhalten varierade i de olika proverna (Bilaga 3 s 22). Inga spår av rostning påträffades på platsen, vilket är det vanliga för området. Rostning tros ha skett vid täkten, vilket reducerat vikten och gjort det lättare att transportera råvaran till blästplatserna. Inga förhistoriska täkter i området är kända, men den närmaste mossen med myrmalm, Dumme mosse, ligger endast 800 meter västerut.

Kolningslämningarna

Sju kolningsgropar fanns inom planområdet. Dessutom fanns ytterligare två strax väster om planområdet. Kolningsgroparna är något större än Hedenstorp-Axamoområdets genomsnitt på 6–7 meter. Den yttre diametern varierade mellan 6 till 10 meter. Själva gropen var rund eller fyrkantig med rundade hörn, 2,5–4,0 meter stor och 0,5–1,0 meter djup.

Två kolningsgropar snittades med grävmaskin, dels den största, A297, i områdets norra del, dels en mellanstor, A250, i södra delen. A250 visade sig ha två tydligt åtskilda brukningsfaser, 1,0 respektive 1,25 meter under mark. Två kolprover togs i båda nivåerna. Dessutom togs större kolstycken i den övre nivån för dendrokronologiskt analys. I den nedre nivån var kolstyckena för små för analys. Den nedre nivån ^{14}C-daterades till 1020–1190 e Kr. Den



Figur 7. Kolningsgropen A250 med två tydliga användningsfaser. Foto från norr.

övre nivån daterades till 1280–1400 e Kr (bilaga 6). Dendrokronologiska analysen av den övre nivån gav en något osäker datering (på grund av få årsringar) till 1266–1270 (Bilaga 4).

Den större kolningsgropen A297 hade bara en synlig användningsnivå. Kolprover togs i den men dessa har inte analyserats. Inte heller gick det att hitta tillräckligt stora kolstycken för dendrokronologiskt analys.

Arkeometallurgisk analys

Lena Grandin vid Geoarkeologiska laboratoriet (GAL) har genomfört arkeometallurgiska analyser på slagg, malm och metall från undersökningarna (bilaga 3). Resultaten visar både framställning och första hopslagning av metallen. Analys av fällslagger visar att man producerat både mjukt järn och hårdare stål. Likaså har man kunnat se att även denna produktionslokal – i likhet med flera andra i närområdet – uppvisar tydliga likheter med smidesslagger som har påträffats vid undersökningar av tidigmedeltida smedjor vid Lundströms plats i Jönköping (se Grandin 2009, Kallerskog 2009, Bilaga 3). Sammantaget kan man säga att aktuell undersökning förstärker den samlade bilden av förhistorisk och tidigmedeltida järnframställning i området. Under perioden börjar man producera järnredskap för avsalu i större skala, och lokalerna väster om Jönköping är en av platserna där råjärnet framställs.

Prov nr	Lab nr	Mtrl	Art	^{14}C BP	Stdav	90-95% sannolikhet	Anläggning, kommentar
^{14}C							
493	Ua-58663	kol	tall	646	30	1280-1400 AD	A250 kolningsgrop +225.50
494	Ua-58664	kol	tall	602	30	1290-1410 AD	A250 kolningsgrop +225.68
495	Ua-58665	kol	tall	920	30	1020-1190 AD	A250 kolningsgrop +225.21
496	Ua-58666	kol	tall	920	30	1020-1190 AD	A250 kolningsgrop +225.32
1363	Ua-58667	kol	tall	1083	31	890-1020 AD	A103 blästugn, vid slaggavtappning
1364	Ua-58668	kol	tall	917	31	1020-1190 AD	A101/105 träramen
1532	Ua-58669	kol	tall	771	31	1210-1285 AD	A106 blästugn, botten av pipan
1619	Ua-58670	kol	tall	898	31	1030-1220 AD	A102/106 träramen
1870	Ua-58671	kol	tall	968	30	1010-1160 AD	A104 blästugn, botten av pipan
A516	Ua-60302	kol	-	1713	29	250-400 AD	stål/järn i fällslagg
A1685	Ua-60303	kol	-	1167	50	760-990 AD	stål/järn i fällslagg
Dendro							
1565	41195	kol	tall			1266-1270 AD	A250, övre nivå, osäker datering - få årsringar

Tabell 1. Sammanställning av dateringar.

Dateringar

Nio kolprover skickades för analys (Bilaga 5, 6). Dessutom har GAL låtit analysera kol från stål i två slaggstycken från fällplatserna A516 och A1685 (Bilaga 3). En dendrokronologisk analys gjordes på en större kolbit från kolningsgropen A250 (Bilaga 4). ^{14}C-proverna kom från kolningsgropen A250, blästugnarna A103, A104 och A106 samt från träramen i slaggvarpet A548.

Endast tall har använts vid kolning (Bilaga 5). Den enkla förklaringen är att tallen än idag är det dominerande trädslaget i området.

Kolningsgropen A250:s två brukningsnivåer kunde dateras till 10/1100-tal respektive 1200/1300-tal. Den senare dateringen kunde också styrkas med hjälp av dendrokronolgisk analys - även om resultatet måste tas med viss försiktighet på grund av endast 32 läsbara årsringar (Bilaga 4). Dendrokronologisk datering av kolningsgropar är problematiskt just på grund av att man gärna använt unga (klena) trädstockar vid kolning – säkert för att få så jämnt resultat som möjligt. Ett maxvärde för trädens ålder tycks ha varit ca 40 år av stockarnas tjocklek att bedöma. För pålitliga dendrokronologiska dateringar vill man helst ha 40–50 årsringar samt vantkant (sista årsringen under barken) kvar (Hans Linderson muntligt). Det var inte fallet i vårt prov varför man endast kan säga att trädet har fällts 1266 – 1270 eller något senare.

Vid tidigare arkeologisk förundersökning 2008, som omfattade hela Hedenstorps Södra industriområde daterades ett tiotal kolningsgropar. Av dessa kan tre nämnas som låg inom en 100 meters radie norr om undersökningsområdet. De daterades till perioden 1020–1285 e Kr, och kan därmed mycket väl kopplas ihop med våra slaggvarpar – inte minst eftersom inga andra slaggvarpar har påträffats i närområdet (Lorentzon 2012). Förutom det tredje kvarvarande slaggvarpet inom Raä-nr Sandseryd 190:1 (ca 30 meter väster om A536) finns den närmaste kända anläggningen nästan 500 meter längre norrut (L1971:4063/Raä-nr Sandseryd 338)).

GAL lät genomföra två ^{14}C-dateringar på stål ur fällslagg. Slaggstycken plockades ur fällslaggslagren A516 och A1685. Dateringarna skiljde sig åt väldigt mycket. Kolet i stålbiten i A516 var närmare 1 800 år gammalt (Ua-60302), att jämföra med 1100 år för A1685 (Ua-60303). Det sistnämnda resultatet stämmer bättre överens med järnframställningen på platsen. I Bilaga 3 redovisar Lena Grandin flera möjliga felkällor till resultatet. Till exempel kan man ha använt gamla järnföremål som råvara, eller kolhalten i föremålet har varit så lågt att resultat blivit osäkert, eller att veden haft hög egenålder.

Tolkning och diskussion

Vid järnframställningslokaler i Sverige kan kolmaterialet i ugnarna bestå av flera trädslag, både barrträd och lövträd (Åstrand m fl. 2009. s 40). På Hedenstorp har man uteslutande använt tall. Det samma gäller för alla undersökta blästplatser i socknen. Det har förts fram att man velat använda enhetligt virkesmaterial med högt värmevärde vid framställning av kol för järnframställning. Tallen hör inte till trädslagen med högst värmevärde – lövträd i allmänhet har högre värden och dessa trädslag är också de vanligaste vid kolframställning i södra Småland och Skåne. Och till och med i Dalarna med sina omfattande barrskogar har man blandat barr- och lövträd vid kolning (Åstrand et al, 2009. s 40). Av ovanstående framstår att man helt enkelt använt det befintliga trädbeståndet i järnframställningslokalens närhet. Kol har knappast transporterats långa vägar då det lätt faller sönder vid hantering, och för bästa reslutat (jämnast bränning) ska man helst använda jämnstora kolstycken.

All förhistorisk och tidigmedeltida kolframställning i norra Jönköpings läns tycks ha skett i grop. Denna framställningsmetod är känd från Laholm i Halland till Robertsfors i Västerbotten. De flesta lokalerna återfinns i Gävleborgs, Dalarnas och Värmlands län med mindre koncentrationer i bland annat Jönköpings och Tranemo kommuner (Fornsök).

De äldsta kända järnframställningslokalerna i länet är nästan uteslutande belägna på boplatser. Under äldre järnålder har man framställt små mängder järn i små grop- eller schaktugnar för eget behov (Kristensson 2007:256f). Under yngre järnåldern sker en flyttning längre bort från boplatserna, samtidigt som produktionen ökar.

Blästplatserna i Sandseryds socken har i huvudsak legat i utmarken, långt från närmaste kända samtida boplats eller grav/gravfält. Produktionen dateras i huvudsak till perioden vikingatid–tidig medeltid. Bosättningarna under denna period finns framförallt på Visingsö och på sydöstra och östra sidan av Vättern. Väster om Vättern, där Hedenstorp ligger, finns framförallt äldre och mellersta järnålderns gravar och gravfält. Avsaknaden av boplatser och gravar från samma tid tyder på att järnframställningen har handlat om säsongsbunden utmarksnäring.

Att fällslaggen är grövre vid den äldre anläggningen kan tyda på att man inte varit lika väl förtrogen med den tekniska processen. När ugnarna i A548 togs i bruk kunde man mer om processen och reslutatet blev av jämnare kvalité.

Dateringarna från våra två slaggvarpar överlag (även om de är få) tyder på att A536 är något äldre – kanske så mycket som 130 år – än det större slaggvarpet A548 (Bilaga 6).

Administrativa uppgifter

FU Länsstyrelsens dnr:	431-6542-2016
FU Länsstyrelsens beslutsdatum:	2016-10-20
FU Jönköpings läns museums dnr:	2016-267
UN Länsstyrelsens dnr:	431-4547-2017
UN Länsstyrelsens beslutsdatum:	2017-06-12
UN Jönköpings läns museums dnr:	2017-148
Beställare:	Mark och exploatering, Jönköpings kommun
Rapportansvarig:	Ann-Marie Nordman
Rapportgranskning:	Kristina Jansson
Fältansvarig:	Ann-Marie Nordman
Fältpersonal:	Kristina Jansson, Susanne Nordström, Sead Pilav, Jan Zander, Anna Ödeén, Anna-Carin Andersson
FU Fältarbetstid:	2017-04-04–2017-04-21
UN Fältarbetstid:	2017-06-20–2017-07-11
Län:	Jönköpings län
Kommun:	Jönköpings kommun
Socken:	Sandseryds socken
Fastighetsbeteckning:	Hedenstorp 1:3
Belägenhet:	Ekonomiska kartans blad 64E0 eS
Koordinater:	N64022878, E445538
Koordinatsystem:	SWEREF 99 TM
Höjdsystem:	RH 2000
Undersökningsyta:	7 600 m^2
Fornlämningsnummer:	L1972:9119
	Raä-nr Sandseryd 190:1
Fornlämningstyp:	Blästplats
Tidsperiod:	Järnålder-medeltid

Dokumentationsmaterialet förvaras i Jönköpings läns museums arkiv.

Referenser

Arkiv

F-Topo. Databas över ortnamn i Jönköpings län

Riksantikvarieämbetet, Stockholm (RAÄ)

Nätresurs

Fornminnesregistret Fornsök: https://app.raa.se/open/fornsok/

Tryckta källor och litteratur

Agertz, J., 2008. *Om ortnamn i Jönköpings län*. Småländska kulturbilder 2008. Jönköping

Ameziane, J., 2009. *Industri i Hedenstorp – eldstäder på rad och en järnframställningsplats, Sandseryds socken, Jönköpings kommun.* Arkeologisk rapport 2099:05 Jönköpings läns museum. Jönköping

Englund, L-E. & Grandin, L., 2002. J*ärnframställning i parblästa – Hedenstorp, Axamo, RAÄ 186, Sandseryds socken, Småland, Jönköpings län.* UV GAL Analysrapport 1.2002.

Grandin, L., med bidrag av Stilborg, o. och Jonsson, E. 2009 *Järn för avsalu. En järnframställningsplats bland många andra i en omfattande organiserad produktion i Axamo – arkeometallurgiska analyser. Småland, Jönköpings län, Sandseryds socken, Hedenstorp 1:3, RAÄ 338*. UV GAL Uppsala Rapport 2009:16 Geoarkeologisk undersökning

Kallerskog, L., 2009. *Jönköping och järnet.* Lunds universitet. C-uppsats i historisk arkeologi

Kristensson, A., 2007. Tidig järnhantering i södra Vätterbygden. I *Öggestorp & Rogberga: Vägar till småländsk historia*. Häggström, L., (red). Jönköping

Haglund, L., 2019. *Härdar i Hedenstorp. Arkeologisk undersökning av RAÄ-nr Sandseryd 396, aktivitetsområde med härdar från mellersta järnålder inom fastigheten Hedenstorp 1:3, Sandseryds socken, Jönköpings kommun och län*. Arkeologisk rapport 2019:16 Jönköpings läns museum. Jönköping

Lorentzon, M., 2007. *Arkeologisk utredning, etapp 2, Hedenstorp, söder om RV40. Inför planerad exploatering inom del av Hedenstorp 1:3, Sandseryds socken, Jönköpings kommun och län*. Arkeologisk rapport 2007:51 Jönköpings läns museum. Jönköping

– 2008. *Järn, slagg och snö vid fornlämning 186, järnframställningsplats, inför byggnation inom Hedenstorp 1:3 m.fl. Sandseryds socken, Jönköpings kommun och län*. Arkeologisk rapport 2008:23 Jönköpings läns museum..Jönköping

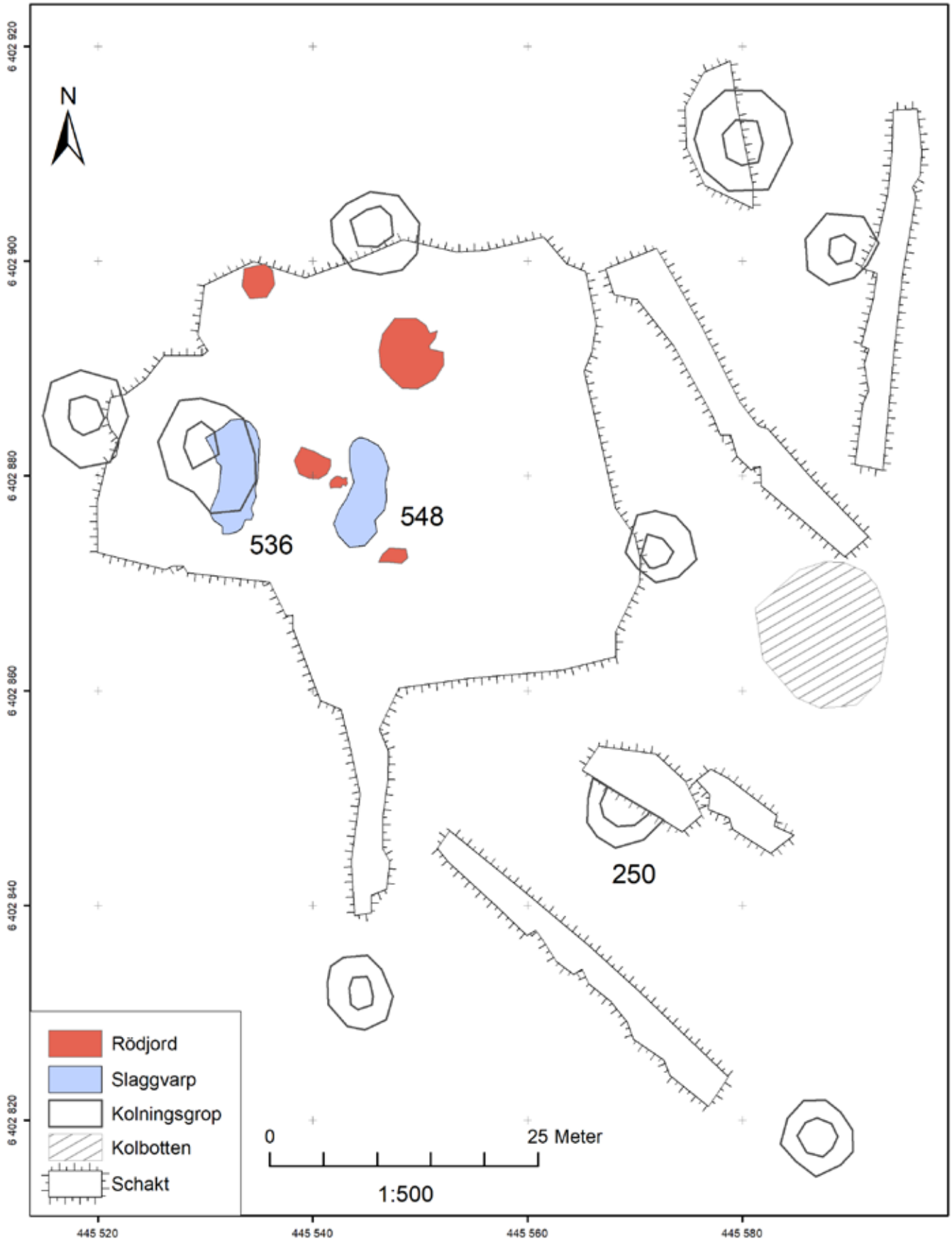
– 2011. *Axamo flygplats år 1988. Axamo 2. Arkeologisk undersökning av RAÄ 398-402, inför byggnation och utvidgning av Axamo flygplats, Sandseryds socken i Jönköpings kommun, Jönköpings län. A*rkeologisk rapport 2011:19 Jönköpings läns museum. Jönköping

– 2012. *Järnframställning och kolning vid Axamo flygplats. Arkeologisk förundersökning och särskild undersökning av RAÄ 338, 190:1, 333 m.fl. inom del av Hedenstorp 1:3, Sandseryds socken, Jönköpings kommun*. Arkeologisk rapport 2012:35 Jönköpings läns museum. Jönköping

Nordman, A-M. 2014. *Blästbruk på Axamo. Arkeologisk undersökning av Sandseryd 171 med flera inom Axamo industriområde, Sandseryds socken i Jönköpings kommun och län*. Arkeologisk rapport 2014:15 Jönköpings läns museum. Jönköping

Åstrand, J., Papmehl-Dufay, L & Sandberg, F. 2009. *Blästbrukslämningar i Brånahult. Arkeologisk förundersökning av RAÄ 332 med flera lämningar 2008, Brånahult 1:8, Madesjö socken, Nybro kommun, Småland.* Arkeologisk rapport 2009:36 Kalmar läns museum. Kalmar

Bilaga 1. Schaktplan



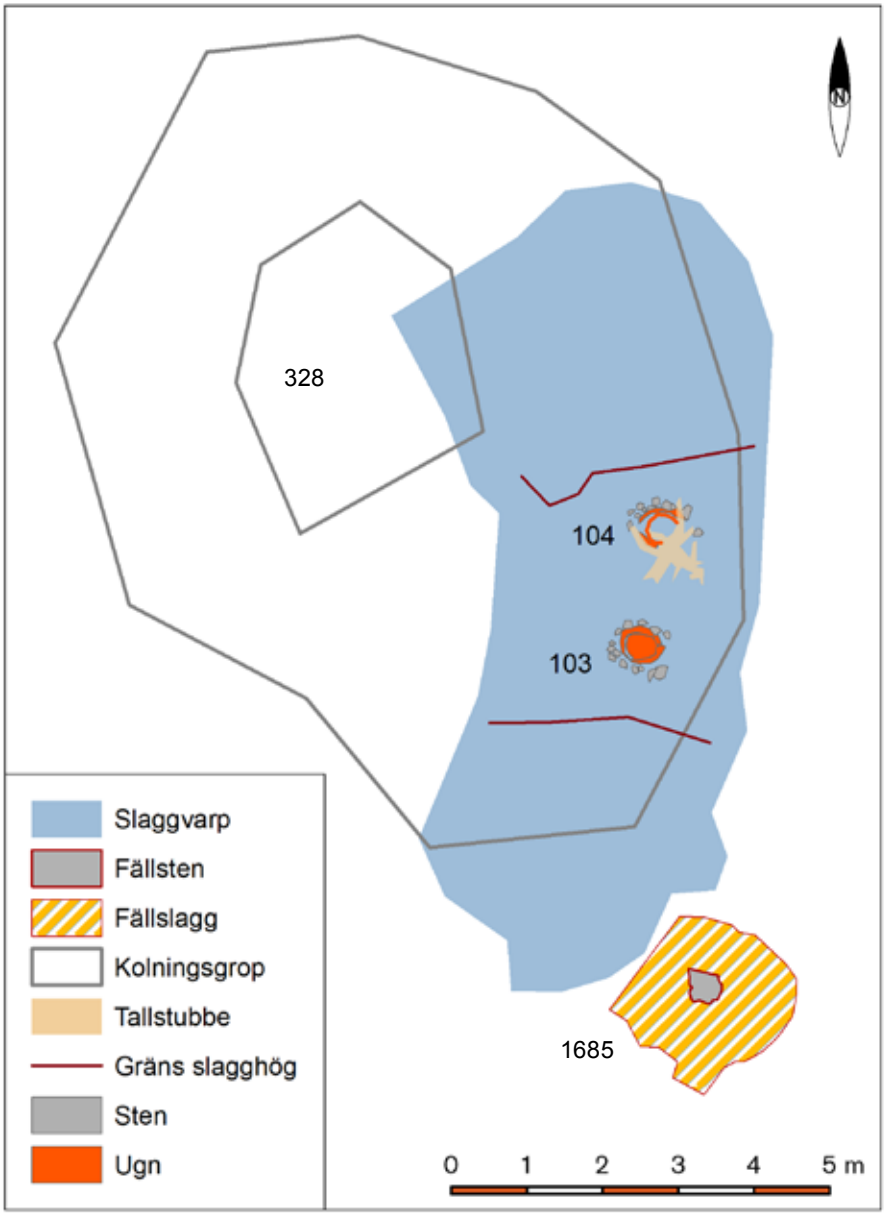
Bilaga 2. Anläggningsbeskrivningar

A536 Slaggvarp

Form: avlång, svagt böjd limpform (nordsyd) 11 × 5 meter stor 0,2–0,4 meter hög

Anläggningen påträffades i samband med den arkeologiska utredningen, etapp 2 som genomfördes 2007 (Lorentzon 2007). Den var belägen på kanten av en kolningsgrop och i praktiken utgjorde en del av vallen runt gropen.

Anläggningen avtorvades med grävmaskin. Efter avtorvning mätte slaggvarpet 10,5 × 3,5–4 meter. Dess västra långsida sammanföll med östra kanten av kolningsgropen A328. Slaggvarpet hade med andra ord anlagts på kanten av kolningsgropen, så att den norra halvan delvis låg i gropen. I mitten fanns en svacka där två ugnar (A103 och A104) stod i fin gul sand. Sandlagret var 0,2 meter tjockt. Sanden är inte naturlig för området. Området runt ugnarna var tämligen fritt från slagg. Slagghögarna framträdde ganska tydligt som svaga förhöjningar i varpets respektive ände. De var 3,0–3,6 meter stora och som mest 0,2 meter höga, delvis anlagda på kolningsgropens vall.

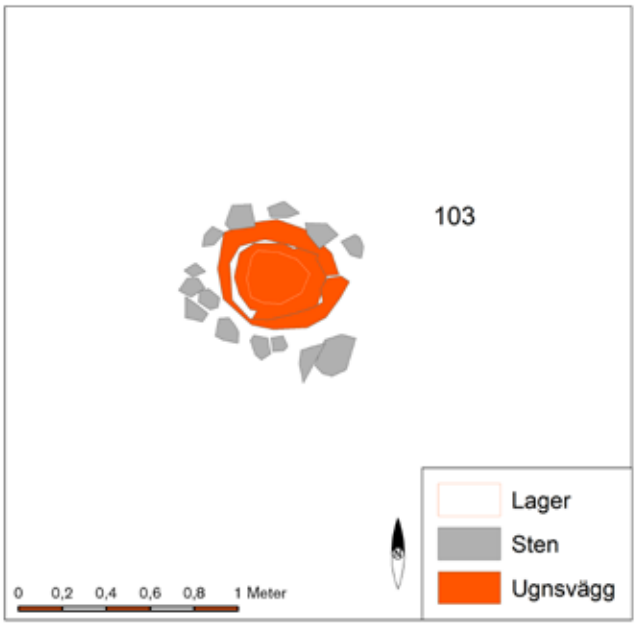


Den sedvanliga täkt/avfallsgropen på baksidan av ugnarna saknades. Istället för avfallsgrop på baksidan av ugnarna har man använt kolningsgropen på framsidan. I den låg slaggstycken och ugnsfragment nedslängda. Den norra slagghögen hade dragits ner i gropen. Varifrån man tagit sanden till ugnskassen och uppbyggnaden av piporna är oklart.

Söder om slaggvarpet fanns ett område med fällslagg (A1685). Slaggbitarna var 1–6 centimeter stora. Mitt i området låg fällstenen, en flat och i tre delar sprucken sten 0,45 × 0,40 meter stor. Stenens yta var skrovlig och påverkad av slag och värme.

Ugn 103, från öst. Observera läget för blästerhål/slaggavtappning där väggen ovan är hårdare förslaggad.

Ugn 103, från väst. Observera den hårt förslaggade bakväggen. Väggen har delvis rivits när luppen har lyfts upp - troligtvis har tjockleken på väggen gjort det svårt att annars få loss luppen.



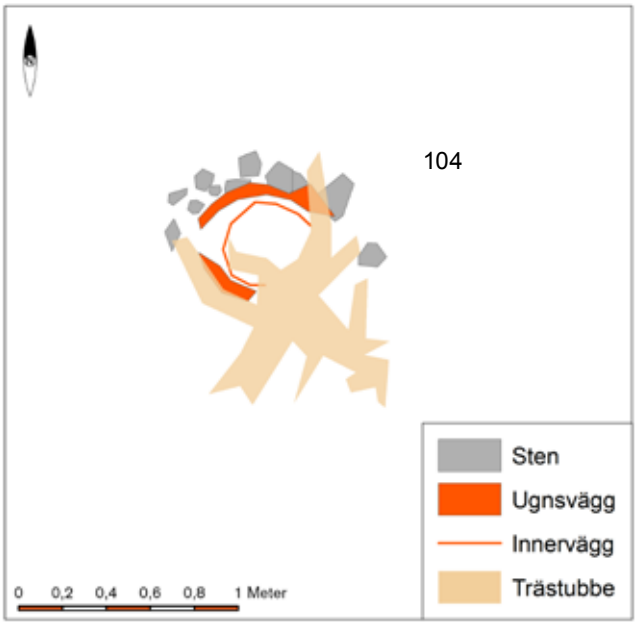
A103 Ugnspipa i A536

Form: svagt oval cylinderform Mått: 0,8 × 0,7 meter (öst–väst) och 0,4 meter hög

Invändigt var ugnspipan 0,40 × 0,35 meter stor. Innanför den yttersta kransen av stenar (0,05–0,15 meter stora) fanns 0,10 meter tjockt lager lera som längst in, mot öst, var hårt sintrat. Det sintrade skiktet var tunnare än i ugnarna i slaggvarp A548. Inget tydligt bläster/slaggavtappningshål hittades i denna ugn. Det kan bero på att den allra nedersta delen av ugnsväggarna saknades. Trots det kunde man ana en avrundad form i nedre delen av västväggen (se foto på föregående sida). Väggen ovanför var hårdare förslaggad här. Troligtvis har hela blästerhålet avlägsnats tillsammans med luppen och bottenskållan. På samma sätt var den motsatta väggen mycket hårt förslaggad, vilket förklaras med att lufttillförseln genom blästerhålet har träffat denna vägg.

Datering

Kol från pipan i höjd med bläster/slaggavtappning (Ua-58667): 890–1020 e.Kr (2σ)



A104 Ugnspipa i A536

Form: rund cylinderform Mått: 0,75 meter i diameter (öst–väst) och 0,4 meter hög

Denna norra ugnspipan var invändigt uppskattningsvis 0,4 meter i diameter (en tallstubbe mitt i ugnen gjorde det omöjligt att få exakta mått). Kvarvarande höjd var 0,25 meter. Även i denna pipa var det sintrade lerskiktet tunt, inte mer än 0,05 meter tjockt. Inte heller här påträffades något blästerhål. Nedersta delen av ugnen saknade

det brända lerskiket på samma sätt som A103. Däremot påträffades ett blästmunstycke i bränd lera i slaggvarpen 0,5 meter norr om ugnspipan.

Datering
Kol från botten av pipan (Ua-58671): 1010–1160 e.Kr (2σ)

A1685 Fällplats vid A536

Intill och sydöst om slaggvarpet A536 fanns ett område med fällslagg, 2 meter i diameter. Mitt i området låg fällstenen, en flat och i tre delar sprucken sten 0,45 × 0,40 meter stor. Stenens yta var skrovlig och påverkad av slag. Slaggstyckena var mer varierande till formen och större (2–7 centimeter) än i A516. Mängden magnetiska stycken var likvärdig med A516.

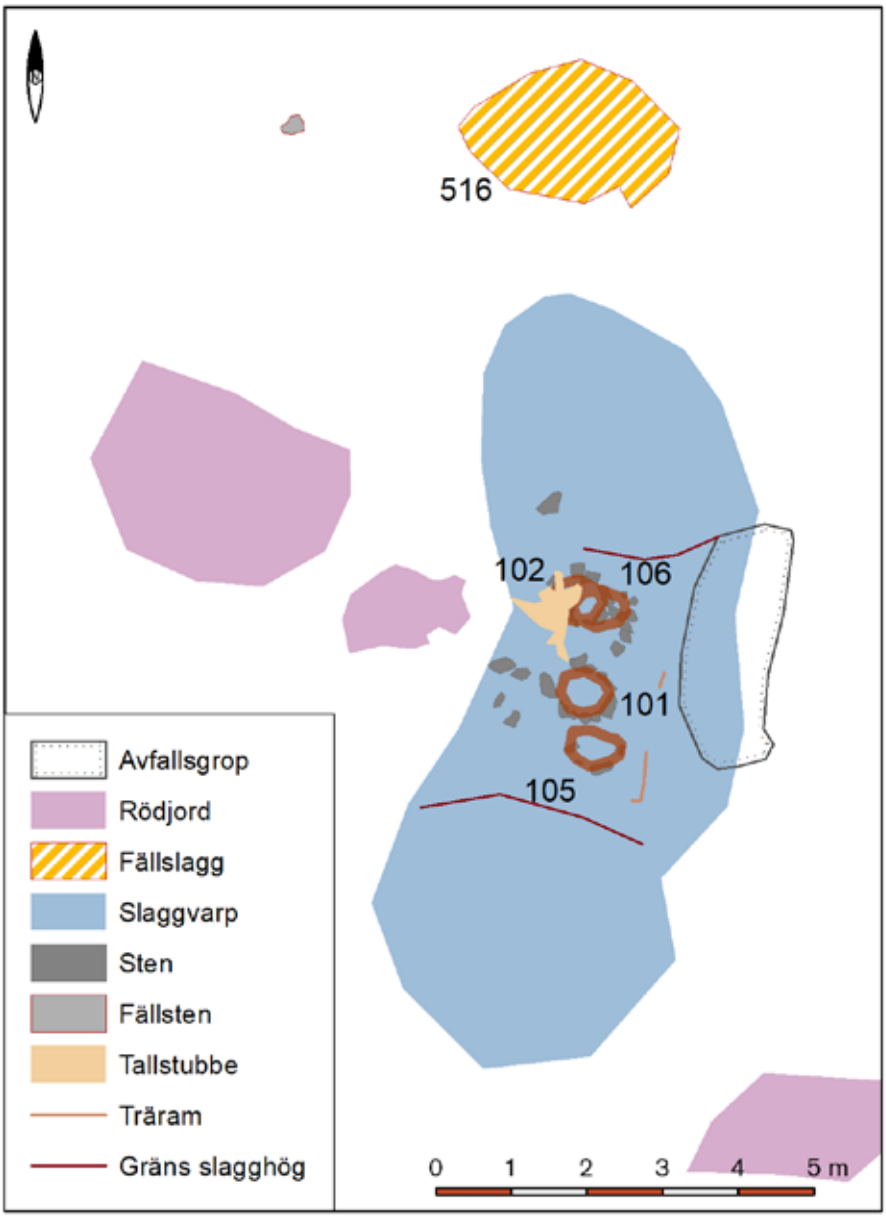
Datering
Kol från ståljärn i fällslagg (Ua-60303): 760–990 e.Kr (2σ)

A548 Slaggvarp

Form: avlång, svagt böjd limpform (nord–syd) 11 × 4 meter 0,3–0,4 meter hög

Anläggningen hade påträffats i samband med fornminnesinventeringen 1985. Den låg 8 meter öster om slaggvarpet A536.

Slaggvarpet avtorvades med grävmaskin. Efter avtorvning mätte slaggvarpet 10 × 3,7 meter. I mitten fanns en svacka där fyra ugnar (A101, 102, 105 och 106) stod. Slagghögarna framträdde ganska tydligt som förhöjningar i varpets respektive ände. I slaggvarpets mitt fanns ett 1–2 centimeter brett spår av nordsydligt liggande trä, ca 0,3 meter öster om ugn A105:s bakvägg. Liknande stråk av trä har konstaterats vid tidigare undersökningar av blästplatser där träramen har hållit den fina sanden runt ugnarna på plats (Lorentzon 2008:10, Nordman 2014:12f). Sanden kan också tänkas haft en värmereglerande effekt.



Öster om träramen och delvis under slaggvarpet, omedelbart bakom ugnarna, fanns en grop 3,3 × 1,3 meter stor (nord–syd) och som mest 0,6 meter djup. Gropen var fylld med ugnsväggar, slagg och sand.

De fyra ugnarna tolkas utgöra två generationer ugnar. A105 och A106 var de äldsta. Båda hade skadats vid byggandet av A101 och A102.

En meter norr om slaggvarpet fanns ett område (lager) med fällslagg A516. 1–2 meter väster om varpet fanns ett område med rödjord, där den rostade malmen bör ha legat i väntan på blåsning.

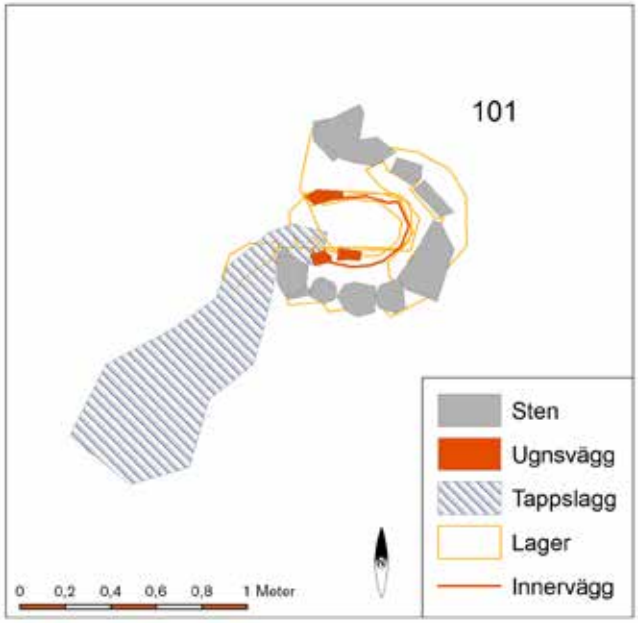
Ugn 101 efter första ytrensning.

Dateringar
Kol från träramen bakom ugnarna (Ua-58668): 1020–1190 e.Kr (2σ)
Kol från träramen bakom ugnarna (Ua-58670): 1030–1220 e.Kr (2σ)

A101 Ugnspipa i A548

Form: rund cylinderform Mått: 0,75 meter i diameter (öst–väst) och 0,3 meter hög

Den södra ugnspipan var uppbyggd av lera, sand och småsten (7–10 centimeter stora). Runt pipan fanns en mycket välbyggd 0,30 meter hög mur/kappa av natursten (av 0,10–0,20 meter stora stenar). Pipväggarna var som mest 0,20 meter tjocka och bestod av bränd lera som var hårt sintrat. Utanför den sintrade leran fanns roströd (bränd) sand och småsten. 0,2 meter framför ugnen låg ett fragment av blästermunstycke. När ugnen hade rensats fram och marknivån runtom sänkts med ca 0,1 meter framträdde ytterligare en ugn, A105 delvis under och söder om A101.

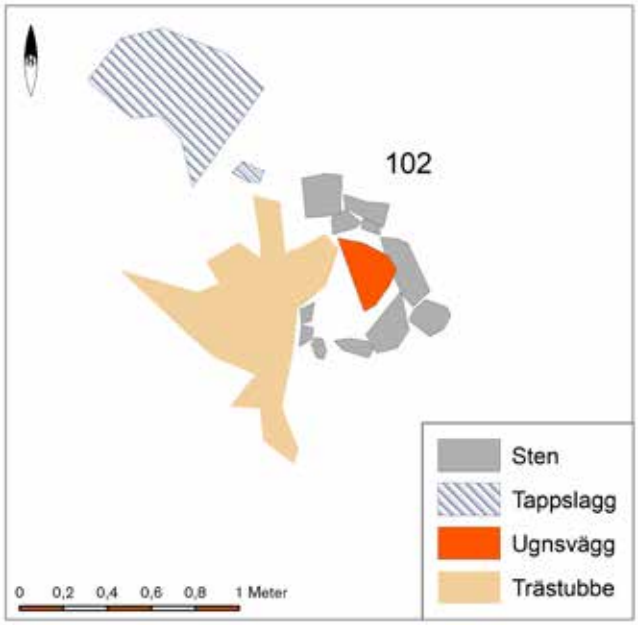


A102 Ugnspipa i A548

Form: nästan rund Mått: 0,65 meter i diameter

Den norra ugnspipan var mycket svår att gräva ut på grund av en tallstubbe som hade vuxit in i ugnen. Stubben var inte möjlig att avlägsna, utan att skada ugnspipan, varför den fick stå kvar.

Pipans väggar var som mest 0,15 meter tjocka. På grund av stubben gick det inte att se om pipan hade haft likadan kappa av natursten som A101. Det fanns dock stenar i samma dimensioner ytterst runt pipan. Väggarna var av lera, sand och småstenar. Invändigt var pipan 0,40 × 0,35



meter stor (öst–väst). Ett avtappningshål kunde skönjas på den västra sidan av pipan. Den låg ca 7 centimeter ovanför ugnsbottten och var 8 cm i diameter. Framför ugnen låg en klump stelnad, runnen slagg in situ.

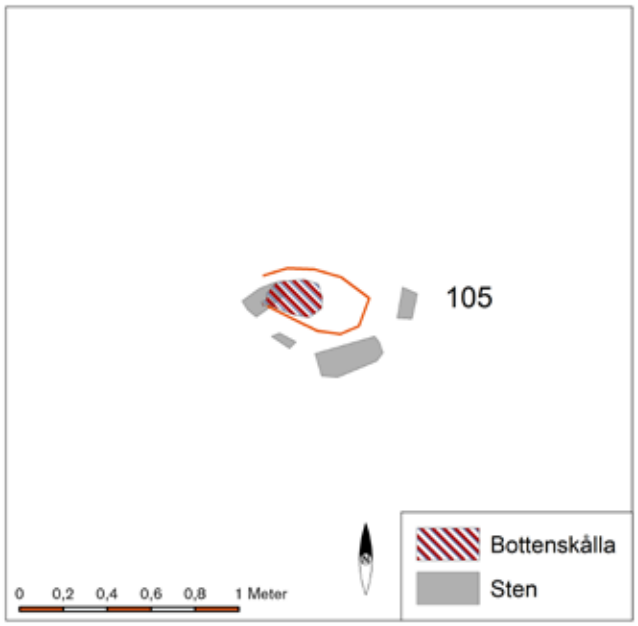
Framför pipan på marknivå fanns ett lager fint, ljusgult sand - vilket skiljde sig från den naturliga, grövre och rödaktiga, sanden.

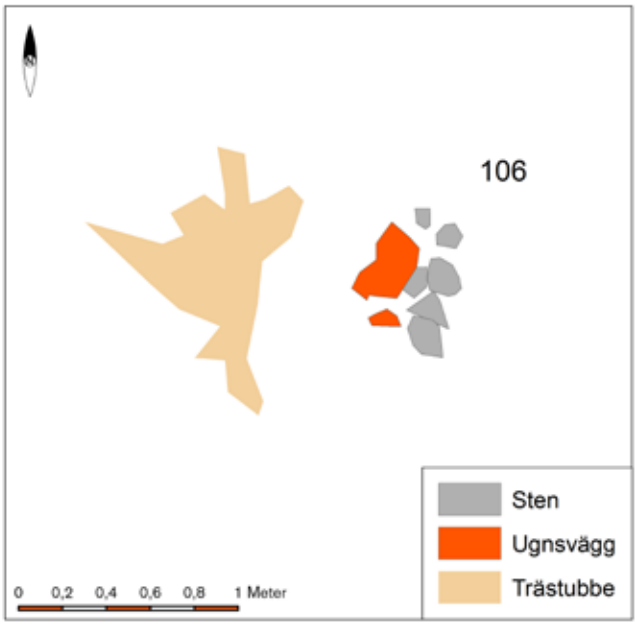
Ugn 105 efter tömning. Bottenskållan ligger kvar innanför slaggavtappningshålet. Foto från öst.

A105 Ugnspipa i A548

Form: oval Mått: 0,45 × 0,25 meter (öst–väst), rekonstruerad. 0,35 meter hög

Ugnens yttre, norra del var kraftigt skadat av den yngre ugnen A101 samt sentida rötter. Själva pipan var så pass oskadd att dess utseende kunde rekonstrueras Delar av framväggen var intakt och här fanns ett bläster/slaggavtappninghål som mätte 6 × 4 centimeter. Utanför hålet fanns en mycket sotig yta som visade hur den rinnande stearinslaggen har letts åt höger (sett framifrån). Innanför bläster/slaggavtappningshålet låg bottenskållan kvar.





Ugn 101 helt borttagen, endast stenramen kvarstår. Stearinslagg har runnit ut ur A101 och letts till höger (innanför blå linje). Flera slaggstycken kvarligger in situ. Ugn 105 har tömts. Bläster/slaggavtappningshålet framträder tydligt. Foto från väst.

A106 Ugnspipa i A548

Form och mått kunde inte mätas på grund av skador.

Endast en 1/4 av ugnen kvarstod. Den yngre ugnen A102 hade delvis byggts i A106, så att endast bakväggen var någorlunda intakt. Inga mått kunde tas, men det lilla som fanns kvar visade att ungen har varit uppbyggd på samma sätt som övriga ugnar i slaggvarpet.

A516 Område med fällslagg

En meter norr om slaggvarpet A548 fanns en 2 × 1,5 meter (öst-väst) stor yta med ett 5 centimeter tjockt lager små slaggstycken. De var små (1–4 centimeter stora), trögflutna och rostbruna. Flertalet var tydligt magnetiska. Slaggbitarna var överlag mindre än vid den andra fällplatsen, A1685.

Bland slaggen fanns även platta, mörkröda stenflisor (5–15 centimeter stora). De tolkades härstamma från en försvunnen fällsten. En lagom stor sten (0,3–0,4 meter i diameter) låg två meter väster om A516. Denna var gråsvart och bar spår av slag på minst en sida. Minst två olika fällstenar tycks ha använts vid anläggningen.

Rödjordsytor A585, 592, 609, 673 och 909

De fem rödjordsytorna låg inom 15 meters radie från slaggvarparna. De var 1–6 meter i diameter och små provgropar i två och provsticka i övriga visade att tjockleken varierade mellan 10 och 20 centimeter. Magnetismen var sporadisk

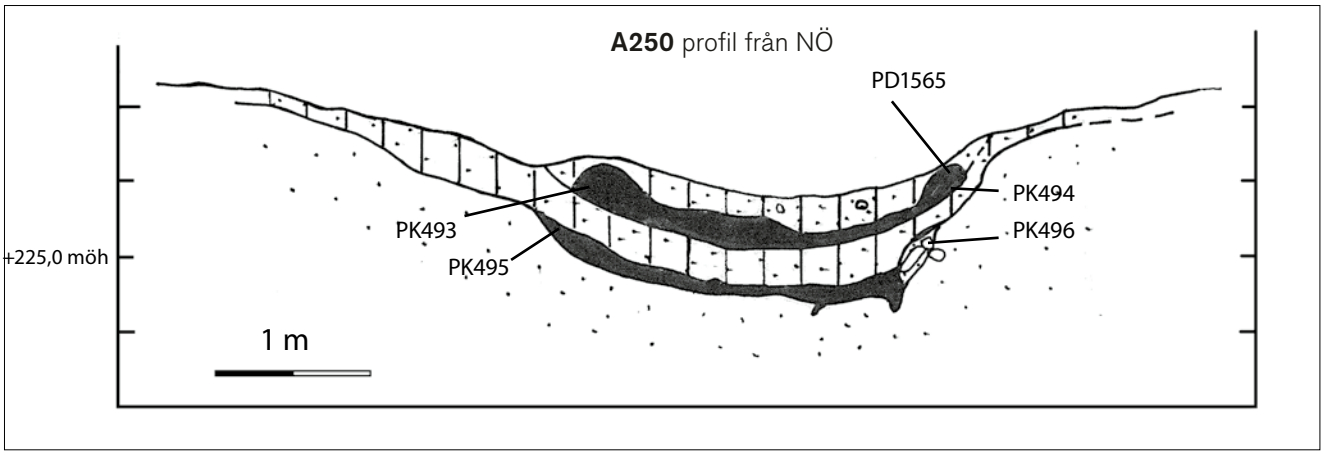
och mycket svag. Inga spår av eldandet förekom. Ytorna har endast använts som uppställningsplatser för malmen.

Vår hypotes är att malmen har rostats nära täkten, vilket gjort den lättare att transportera till blästplatserna. Detsamma gäller för alla undersökta blästplatser på Axamo-Hedenstorpsområdet – inga rostplatser har hittats vid blästplatserna.

Kolningsgropar

Sju kolningsgropar påträffades inom planområdet och två strax utanför. De var runda, 6–10 meter i diameter med tydliga vallar runt kanten. Vallarna var 0,1–0,2 meter höga och som mest 0,8 meter breda. Själva gropen var rund eller svagt fyrkantig, 2,5–4,0 meter stor och 0,5–1,0 meter djup.

Två kolningsgropar valdes ut för dokumentation och provtagning.



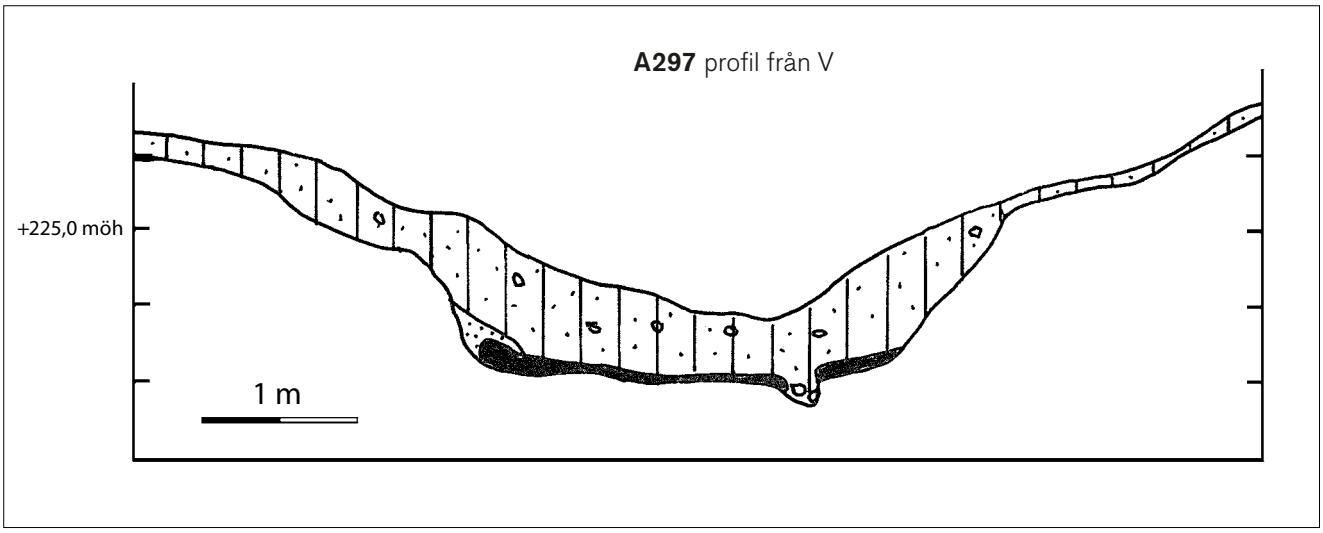
A250 Kolningsgrop

Form: Rund vall, fyrkantig grop Mått: 7,5 meter i diameter, gropen 2,5 × 2,0 meter (SÖ–NV), 0,6 meter djup

Kolningsgropen låg ca 30 meter sydöst om slaggvarpet A548. Ett profilschakt grävdes med maskin.

Två tydligt åtskilda brukningsfaser framträdde i profilen, 1,0 respektive 1,25 meter under mark. De var 5–15 centimeter tjocka. Två kolprover togs i båda nivåerna. Dessutom togs större kolstycken i den övre nivån för dendrokronologiskt analys. I den nedre nivån var kolstyckena för små för analys. Den nedre nivån ^{14}C-daterades till 1020–1190 e.Kr. Den övre nivån daterades till 1280–1400 e.Kr (Bilaga 6). Dendrokronologiska analysen av den övre nivån gav en något osäker datering (på grund av få årsringar) till 1266–1270 (Bilaga 4).

Dateringar:
Kol från det övre kollagret, PK493 (Ua-58663): 1280–1400 e.Kr (2σ)
Kol från det övre kollagret, PK494 (Ua-58664): 1290–1410 e.Kr (2σ)
Kol från det undre kollagret, PK495 (Ua-58665): 1020–1190 e.Kr (2σ)
Kol från det undre kollagret, PK 496 (Ua-58666): 1020–1190 e.Kr (2σ)
Dendrokronologisk datering av stock från det övre kollagret, PD1565 (Dendro 41195, LU) 1266–1270 e.Kr



A297 Kolningsgrop

Form: Rund Mått: 8 meter i diameter, gropen 3 × 2 meter (SÖ–NV), 1,0 meter djup.

Den största kolningsgropen inom planområdet låg 40 meter nordöst om det östra slaggvarpet, A548. En profilschakt grävdes med maskin.

En brukningsfas kunde konstaters i profilen. I botten låg ett 5–10 centimeter tjockt lager av träkol och sot. Kolprover togs i detta lager. Tillräckligt stora kolstycken för dendro fanns inte, varför inga sådana analyser genomfördes.

Bilaga 3. Metallurgisk analys

GAL RAPPORT 2018:07

GEOARKEOLOGISK UNDERSÖKNING

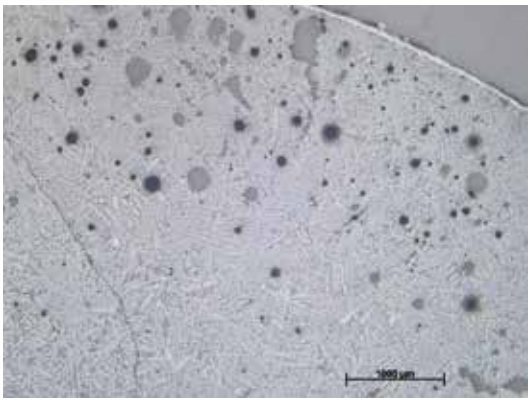
Järnframställning i Sandseryd (RAÄ 190)

Analys av arkeometallurgiskt material

Jönköpings län, Småland, Jönköpings kommun, Sandseryds socken RAÄ 190:1, Hedenstorp 1:3

Dnr 515-2017-00320

Lena Grandin



Arkeologerna
Statens historiska museer

STATENS HISTORISKA MUSEER
Arkeologerna

Kontoret i Hägersten:
Instrumentvägen 19
126 53 HÄGERSTEN

Kontoret i Uppsala:
Hållnäsgatan 11
752 28 UPPSALA

Tel.: 010-480 80 00

www.arkeologerna.com
e-post: fornamn.efternamn@arkeologerna.com
www.shmm.se

Omslagsfoto Tappslagg prov 41 från ugn A101. Övre: delat snitt som har analyserats. Nedre: Foto från mikroskopet; översikt på karaktäristiskt utseende med ljus wüstit, ljust grå olivin och en glasfas som är mörkare grå. Överst till höger ses en tunn ljus kant med bland annat magnetit, typiskt för tappslagger som har stelnat i syrerik omgivning utanför ugnen. Foto: Lena Grandin

© 2018 STATENS HISTORISKA MUSEER
Arkeologerna
GAL Rapport 2018:07

Bildredigering och *layout* Lena Grandin
Tryck/utskrift Uppsala 2018

Innehåll

Sammanfattning 5
Inledning 7
Bakgrund 7
Platsen 8
Uppdraget – frågeställningar 9
Material och provurval 9
Metoder 10
Okulär granskning av slagg, teknisk keramik och malm 10
Provtagning för datering 10
Provtagning slagger 11
Petrografisk/metallografisk analys av slagg/järn i mikroskop 11
Totalkemisk analys av slagg och malm 13
Resultat 14
Resultatsammanfattning 14
Slagg 14
Material för datering 19
Teknisk keramik 20
Malm 22
Kemiska analyser – resultat och en utblick 23
Några huvudämnen 23
Mangan och barium som fingeravtryck från malmen 27
Några spårämnen 29
Diskussion och reflektion 30
Referenser 32
Administrativa uppgifter 34
Bilagor 35
Bilaga 1. Översiktsplaner. 35
Bilaga 2. Fyndtabell. 36
Bilaga 3. Rådata kemisk analys av slagg och malm 38
Bilaga 4. Analys av slagg och metall i mikroskop. 39
Prov 41 (ugn A101) 39
Prov 50 (ugn A102) 41
Prov 54B (ugn A103) 44
Prov 61 (ugn A105) 47
Prov 14 (fällstensområde A516, till varp A548) 50
Prov 27 (fällstensområde A1685, till varp A536) 54
Prov 28 (fällstensområde A516, till varp A548) 60
Bilaga 5. Datering av järn (stål) – bakgrund och resultat 63
Förutsättningar 63
Resultat 65

4 GAL Rapport 2018:07

Sammanfattning

Arkeometallurgiska analyser har gjorts på slagg, malm och metall från en arkeologisk undersökning av en järnframställningsplats inom Sandseryd RAÄ 190:1 i Jönköpings kommun, Jönköpings län.

Järnframställningsplatsen har generellt den grundläggande struktur som är känd sedan tidigare i området från yngre järnålder till medeltid. Det innebär en nordsydlig placering av två blästugnar, med slaggtappning, och med slagg på varsin sida som skapat ett långsträckt slaggvarp, utbrett i nordsydlig riktning där ugnarna fått en central placering. På den nu aktuella lokalen finns konceptet i dubbel uppsättning, dessutom med tre ugnar i ett av varpen.

En specialregistrering av det arkeometallurgiska materialet och analyser av ett urval från anläggningar från båda slaggvarpen har gjorts. Resultaten visar att järnframställningsprocessen på denna plats är av samma karaktär som på tidigare undersökta platser i området, med både framställning och första hopslagning av metallen. Analyserna har inte kunnat urskilja några skillnader i slagger eller processer som är relaterade till rumsligt eller tidsmässigt åtskilda ugnar. Den begränsade variation som kan ses är dock av samma storleksordning som på den tidigare undersökta framställningsplatsen RAÄ 338. Detta innebär följaktligen att de tidigare indikationer som finns om att det bland smidesslagger från Lundströms plats i det tidiga Jönköping finns några som har kemisk sammansättning som uppvisar likheter med det aktuella järnframställningsområdet, får ytterligare stöd i denna undersökning.

Metalliskt järn som är avfall från en första bearbetning av produkten vid fällstenarna, visar att både mjukt järn och hårdare stål har framställts i processen, också det i likhet med vad som noterats vid andra framställningsplatser.

De nu genomförda analyserna förstärker därmed den samlade bilden av denna typ av järnframställning i området.

6 GAL Rapport 2018:07

Inledning

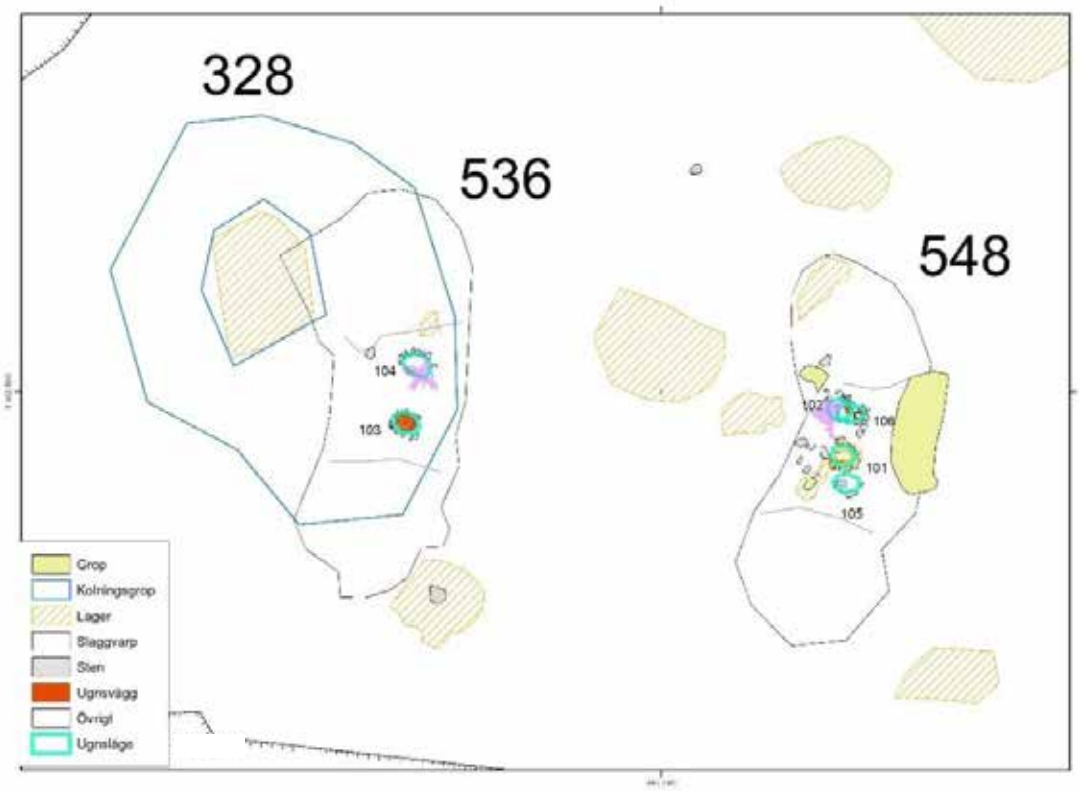
På uppdrag av Ann-Marie Nordman, Jönköpings läns museum, har arkeometallurgiska analyser gjorts på slagg, malm och metall från en arkeologisk undersökning av en järnframställningsplats inom Sandseryd RAÄ 190:1 i Jönköpings kommun. Jönköpings läns museum genomförde undersökningen under sommaren 2017. Från Arkeologernas geoarkeologiska laboratorium deltog Lena Grandin i fält under en dag, främst för att diskutera provurval för planerade analyser. Besöket var också av stor betydelse för att få en god överblick över platsens struktur med relation mellan de anläggningar som senare prioriterades för mer riktade analyser.

Bakgrund

I Sandseryds socken har, från 1980-talet och framåt, ett stort antal arkeologiska undersökningar genomförts av lämningar från järnframställning. Även tidigare genomförda fornlämningsinventeringar uppmärksammade den rikliga förekomsten av järnframställningsplatser och kolningsgropar i området. Flera platser har sedan dess vid olika tidpunkter blivit undersökta och uppvisar en mycket karaktäristisk struktur. På respektive järnframställningsplats finns som regel en nordsydlig placering av två blästugnar, i par, med slagg på varsin sida som skapat ett långsträckt slaggvarp, utbrett i nordsydlig riktning där ugnarna fått en central placering. Detta är ett genomgående drag i området. Ugnarna är av typen schaktugn med slaggtappning, vilket är vanligt i just detta område, men mer ovanligt i övriga delar av Sverige där blästugn med underliggande slagguppsamlingsgrop dominerar. På många av platserna förekommer dessutom ytterligare anläggningar som hör till processen, t.ex. fällstenar för hopslagning och rensning av den framställda järnluppen. Dessa är inte lika systematiskt placerade men ofta påträffade i spetsen av slaggvarpet. Även upplag av malm, i form av rostad rödjord är vanligt inom ytan för framställning, medan rostning av malmen antas ha skett närmare malmförekomsten – den närmast kända förekomsten är Dumme mosse strax väster om området. Även tillhörande kolningsgropar förekommer i anslutning till framställningsplatserna och är också mer utspridda i närområdet. Denna återkommande struktur är behandlad i flera undersökningar och har visat sig ha en utbredning i tid från yngre järnålder till medeltid (t.ex. Nordman 1989, 1994, 2014, Varenius 1987, 1990, Björck 1991, 1996, Lorentzon 2008, 2012). I samband med flera av dessa har analyser också gjorts av slagger, malmer, metaller samt teknisk keramik i form av ugnsinfodring och blästermunstycken (Englund & Grandin 2002, Grandin m.fl. 2009). Det finns därmed samlad kunskap att ha som utgångspunkt för jämförelse i föreliggande undersökning och analyser.

Järnframställningen har, totalt sett, sannolikt varit omfattande i området. De framställda järnlupparna (också omnämnda som smältor) har rensats och slagits ihop på järnframställningsplatserna men det finns inga dokumenterade smideshärdar inom området varför vidare

förädling av järnet bör ha skett på annan plats. Järnframställningen är utbredd i tid, från yngre järnålder till medeltid, och från slutet av denna period finns smide dokumenterat i det tidiga Jönköping. Det är därför angeläget att se om det tidiga smidet i Jönköping baserades på råvara från denna omfattande järnframställning. Ett fåtal analyser av avfallsmaterialet från stadens äldsta smidesgårdar tyder på att så kan vara fallet (Grandin 2008). Den nu aktuella studien medför möjligheter att utreda detta ytterligare.



Figur 1. Plan över den undersökta järnframställningsplatsen med de båda slaggvarpen 536 och 548 med tillhörande ugnar; A103 och A104, respektive A101, A102, A105 och A106. Tillhandahållen av uppdragsgivaren, Jönköpings läns museum.

Platsen

Den nu aktuella platsen har generellt den grundläggande struktur som är känd sedan tidigare och som beskrivs ovan. På den undersökta ytan finns två sådana järnframställningskomplex med långsträckta slaggvarp (Fig. 1, se även Bilaga 1); A536 i väster och A548 i öster och centralt placerade ugnar. Inom A536 har, i likhet med på många andra lokaler, två ugnar (A103 och A104) påträffats. Inom A548 fanns dock rester efter fyra ugnar. Dessa var placerade på så sätt att alla fyra inte kan ha varit i drift samtidigt. Enligt preliminära uppgifter från uppdragsgivaren bör de ha fungerat parvis, där A105 och A106 är från ett äldre skede och A101 och A102 från ett senare.

Söder om slaggvarpet A536 påträffades en fällsten omgiven av rostbruna, mestadels magnetiska slagger. Samma typ av slagg, men utan fällsten, återfanns i en motsvarande koncentration norr om varp A548. Flera upplag av, förmodligen rostad, malm påträffades också. Ett av dem, A909, mellan A536 och A548 strax norr om en linje mellan ugnarna, ett annat norr om A548 och ett tredje ännu längre norr om A536. Dessutom fanns flera kolningsgropar inom den undersökta ytan.

Uppdraget – frågeställningar

Med utgångspunkt i lämningarna har uppdragsgivaren efterfrågat följande för det arkeometallurgiska analysarbetet:

- Specialregistrering av slaggerna som kan ge en allmän karakterisering av dessa.
- Analyser för att bedöma om olika kvalitéer järn har producerats.
- Jämförande analys med material från Jönköpings stad.
- Undersöka om det finns det skillnader i materialet från A536 jämfört med det från A548 eftersom det i fält har noterats att ugnarna inom A536 har en ”klenare” uppbyggnad, med bara småsten i ugnsväggarna och ingen stödmur runtom, som ugnarna i A548.
- Om möjligt, ^{14}C-dateringar av kol från slagger, framförallt för att klargöra den inbördes kronologin mellan A536 och A548 eftersom de få ^{14}C-dateringar som gjorts, tyder på att A536 skulle vara äldre än A548.

Material och provurval

Det arkeometallurgiska material som sänts in för analys kommer från båda slaggvarpen, såväl allmänt från varpen som från ugnskontexter. Bland annat ingår en bottenslagg *in situ* från ugn A105 och tappslagger från en tappningsränna i direkt anslutning till ugn A102; båda i slaggvarp A548. Förutom slagger finns teknisk keramik i form av infodring och delar av blästermunstycken. Från de båda fällstensområdena provtogs också slagger varav många är magnetiska och sannolikt innehåller metalliskt järn. Från de tre malmupplagen finns prover av malm; också den magnetisk och därför sannolikt rostad.

Förutsättningarna för undersökningen var att ett begränsat antal prover skulle tas tillvara. Det insamlade materialet är därför inte representativt vad gäller förekomst eller fördelning av olika typer av material. Det är dock representativt på det sätt att det visar den spännvidd av slagger och teknisk keramik som fanns på platsen. Den förenklade specialregistrering som görs i samband med denna analys är därför en genomgång för att kunna beskriva det samlade materialet, dess karaktäristiska drag och vad det representerar. Resultaten kan därför inte generellt användas för att dra slutsatser kring eventuell skillnad mellan de båda varpen vad gäller förekomst eller avsaknad av vissa typer av material, eller mängdförhållanden mellan dem.

Redan i fält prioriterades A548 och tillhörande kontexter, varför materialet därifrån också är mer omfattande. I samband med provurvalet för analyser gjordes prioriteringar för att kunna täcka in material från både A536 och A548. Inom A548 valdes prover därefter för analys från de förmodade olika faserna av två parvisa ugnar. Dessutom valdes prover för analys från båda fällstensområdena.

Samtliga prov har granskats okulärt (se metod) och beskrivs i bilaga 2. Ett urval har delats med såg för att man ska kunna studera ett tvärsnitt. Med utgångspunkt i den okulära granskningen och de uppställda frågeställningarna valdes sedan slagg- och malmprov för kemiska analyser och undersökning i mikroskop av polerade tunnslip av slagger respektive polerprov av metaller.

Metoder

Okulär granskning av slagg, teknisk keramik och malm

Slagger granskas inledningsvis okulärt och karaktäriseras med avseende på bland annat form och typ. Slagger karaktäriseras även med avseende på grad av magnetism. Ett urval delas och tvärsnittet undersöks för att få ytterligare information om sammansättning och om de är homogent eller heterogent uppbyggda. Den tekniska keramiken, dvs. i det här fallet infodring- och ugnsväggsfragment, granskas på motsvarande sätt för att se uppbyggnad och eventuell kontakt med slagg.

Malmer (i det här fallet limonit-) studeras med stereolupp för att få en uppfattning om inblandning av annat material, t.ex. sand. En del av malmprovet rostas också med brännare på plåt för att se hur malmen förändras med ökad temperatur. Malmens färg och magnetism kontrolleras före och efter rostning vilket också ger en fingervisning om innehåll av järnoxid. En naturlig, färsk malm innehållande järnhydroxider är omagnetisk men övergår vid rostning till mörk magnetisk järnoxid (magnetit). Denna magnetism kvarstår under lång tid och förhistoriskt rostade malmer är ännu idag magnetiska.

Limonit (järnockra) återfinns i naturen som bl.a. sjömalm, myrmalm och rödjord och kan anta olika former bl.a. kornig rödsand, ärtor, penningar eller kakmalm som kan täcka botten på sjöar och myrar. Det är en blandning av olika järnoxider och kan innehålla upp till 62 viktprocent järn. Limonit kan anses vara järn(III)oxidhydroxid FeO(OH) med varierande vattenhalt och man har påvisat mineralen goethit, lepidokrokit och ferrihydrit.

Provtagning för datering

I slagg där träkol bedöms finnas, görs ytterligare delning för att kunna plocka ut inneslutna kolstycken som kan vara lämpliga för ^{14}C-dateringar. Kolavtryck är vanligt i vissa typer av slagger men rester av kol är mer sällsynt. I vissa fall kan en del kolbitar ligga nära slaggens yta, men sådana plockas ut för datering enbart då de är tydligt omslutna av slagg som visar att kolstyckena är en del av processen och inte sekundärt fastkittade.

Även om en del dateringar kan göras av kol från anläggningar är dessa i vissa fall från kontinuerligt uppbyggda slaggvarp och utan tydlig koppling till någon ugn/processhändelse. I detta fall är de flesta slaggerna tappslagger vilka ytterst sällan innehåller kolstycken. Ett fåtal bottenslagger, bildade inne i ugnen, finns också varför dessa bedöms ha större möjlighet att innehålla kolstycken.

Ett alternativ för urval för datering kan metalliskt järn med kolinnehåll (stål) vara. En del starkt magnetiska slagger, sannolikt med en stor andel metall, har tillvaratagits från de båda fällstensområdena varför detta material kan vara betydelsefullt, inte bara för att avgöra vilken eller vilka järnkvalitéer som har tillverkats, utan också för att kunna datera aktiviteten.

Dateringsmetoden beskrivs i Bilaga 5 tillsammans med resultaten.

Provtagning slagger

Slagg från järnframställning 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 (se separat beskrivning).

Tunnslip tillverkas (externt av Axinit 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. Malmen har i sin tur fått sin sammansättning från den kemiska signatur som finns i den geologiska miljön där den är bildad. När det gäller reduktionsslagger är det därför viktigt att man endast analyserar material som är resultat av framställningsprocessen. Det innebär att andra komponenter såsom bränd lera från eventuella ugnsväggar 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. Motsvarande förbehandling görs även för smidesslagger.

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.

Petrografisk/metallografisk analys av slagg/järn i mikroskop

Slaggen (tunnslipet) undersöks i mikroskop för att man ska se hur den är uppbyggd bl.a. med avseende på dess mineralogiska sammansättning. Undersökning i mikroskop är också ett viktigt redskap för att särskilja järnframställningsslagg från smidesslagg då detta inte alltid är möjligt genom enbart okulär granskning. Slaggens utseende i mikroskala visar

detaljer om slaggbildningen som kan avslöja under vilka temperatur- och syreförhållanden som den har stelnat. Detta i sin tur säger något om slaggen har bildats i eller utanför en ugn, eller i en härd, och om processen varit homogen eller heterogen.

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, mest masugn) 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 tvärt om). Glas utgör slaggernas ”restsmälta” och kan därför variera kraftigt i sammansättning beroende på vilka mineral som tidigare kristalliserat, slaggernas totalsammansättning och avkylningsförlopp. 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) eller avgöra om det är smidesslagger. Även i masugnsslagg är magnetit vanligt (där även pyroxen och wollastonit kan förekomma). 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. Det senare visar vanligen på avsvalning inne i blästugnen.

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 avsvalning 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 överpräglande 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 kvalité.

Det är också möjligt att se om och 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 slagg.

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

De petrografiska och metallografiska undersökningarna 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.

Totalkemisk analys av slagg och malm

Totalkemiska analyser av slagger och malmer 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 3) där huvudämnen anges som oxider och övriga som rena ämnen, även om dessa egentligen förekommer i mer komplexa former.

Syftet med kemiska analyser av slagger och malmer 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 slagg från järnframställning (reduktionsslagg) och smide dominerar järn och kisel och halterna är ett generellt mått på hur processen fungerat; lägre järnhalt innebär bättre utvinning ur malmen. När det gäller smidesslagg (sekundärsmide) kan hög järnhalt vara ett tecken på att metalliskt järn tillkommit till slaggen under smidet, medan 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.

När det gäller limonitmalm är syftet med den totalkemiska analysen bl.a. att fastställa järninnehållet, vilket avgör materialets kvalité 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). 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 smidesslagg (som delvis har sitt ursprung i järnet och vällsanden) vanligen har lägre halt mangan. Dock kan slagg 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).

Slagg från primärsmide har huvudsakligen en sammansättning som motsvarar den hos reduktionsslagg.

Resultat

Resultatsammanfattning

Hela det insända materialet har granskats okulärt och iakttagelserna presenteras för varje provnummer i tabell (Bilaga 2). Vid specialregistreringen kom vissa prov att delas upp i de fall flera materialtyper/sakord kunde konstateras. Dessa prov har i tabellen redovisats separat och fått underbeteckning A, B etc. Dels har slagger separerats från teknisk keramik, dels har slagger delats upp i huvudsakligen två undertyper: bottenslagger som generellt är trögflutna och har stelnat inne i ugnsutrymmets botten, samt tappslagger som är mer lättflutna och har tappats ut ur ugnen och stelnat mot ett sandigt underlag där deras bottenformer antyder att de runnit och stelnat i en tappränna.

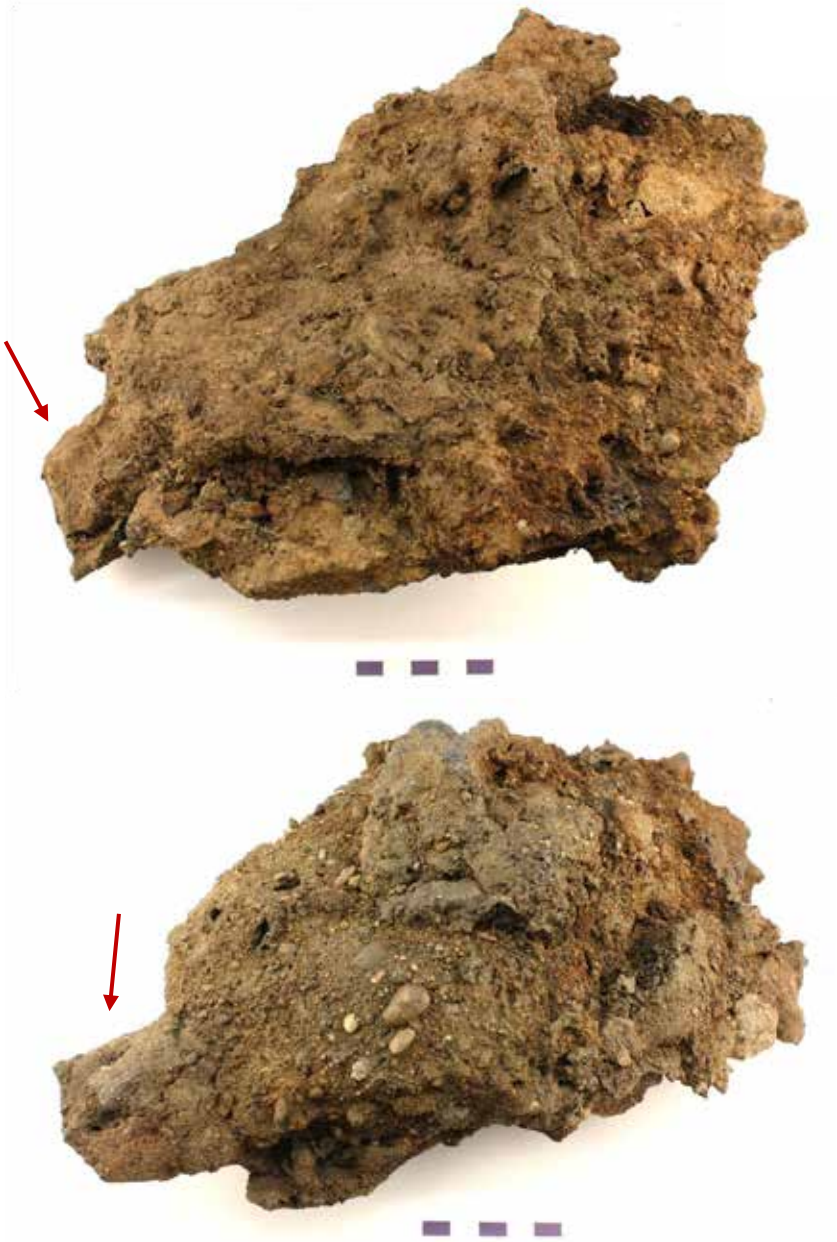
De granskade proverna sammanfattas och jämförs inledningsvis. Eftersom materialet inte är totalinsamlat är det inte möjligt att göra några kvantitativa jämförelser mellan de båda varpen. Alla typer av material är dock företrädda i båda slaggvarpen, och tillhörande anläggningar, och presenteras samlat. De slagger och metallprover som har undersökts i mikroskop presenteras i detalj i bilaga 4.

Resultaten från de kemiska analyserna (Bilaga 3) presenteras samlat för alla prover i ett eget avsnitt.

Slagg

Bland slaggerna finns bottenslagger och tappslagger. Båda typerna är bildade i samband med järnframställning i ugnen men har stelnat i olika positioner. Bottenslaggen är, precis som namnet antyder, bildad i botten av ugnen, under järnluppen. I ugn A105 påträffades en bottenslagg *in situ*, och fler mindre bitar av samma karaktär från flera kontexter ingår också i det undersökta materialet. Den i Sverige vanligaste typen av blästugnen är den där slagg bildas endast i en grop under, eller i nedre delen av, ugnsutrymmet. Dessa bottenslagger kan vara betydligt större än den (prov 61) som återfanns i A105 som är ca 220–230 mm i diameter och 90 mm tjock (Fig. 2). I tvärsnitt (Fig. 4:12 i bilaga 4) visar prov 61 från A105 en skiktad uppbyggnad. Längs botten ses sand, och grus, från underlaget följt av ett lager av tämligen homogen slagg likt

den i tappslaggerna därefter skikt med slagg blandat med sten, bränd lera och mycket hålrum, och överst ett skikt med homogen slagg som dock är porösare än i nedre delen.



Figur 2. Bottenslagg (prov 61) funnen in situ i ugn A105. Övre bilden visar den något skålformade ovansidan med trögfluten slagg. Nedre bilden visar bottenytan med fastsmält sand, grus och stenar. I nedre vänstra delen i båda bilderna (pil) ses början på tappslaggen.

Figur 3. Tappslagg (prov 48) i flera delar från ugn A101. Övre bilden visar överytan med lättfluten slagg med ett fåtal större hålrum. Nedre bilden visar bottenytan med fastsmält sand, grus och stenar. Tappningsriktningen är ned mot vänster.

En stor del av slaggen från de nu undersökta slaggtappningsugnarna har dock tappats ut ur ugnen och bildat större eller mindre rännilar av slagg (Fig. 3–4). Antingen enskilda flöden eller flera mindre, pålagrade slaggflöden. Bottenslaggen prov 61 från A105 har också början på denna uttappning. Tappslaggerna är lättflutna. De har en tydlig rinnstruktur, ibland med skrynklig överyta som visar hur ett övre ”skinn” har stelnat medan slaggen har fortsatt rinna längre utanför ugnen och dragit med sig den övre ytan. Många av dessa slagger har fastsmält sand eller grus på bottenytan; sand som funnits på underlaget där slaggen runnit ut. Flera av slaggerna har i tvärsnitt en flack V- eller U-formad profil som antyder en formad ränna. Flera har en bredd på ca 60 mm även den del som finns utskjutande från bottenslaggen från A105. Andra tappslagger har betydligt planare bottenyta där slaggen förefaller ha runnit ut utan någon tydligt formad ränna. Tjockleken på slaggerna varierar något, men ca 35 mm förefaller vara en återkommande dimension. De flesta slaggerna är svagt magnetiska på överytan. Många tidigare studier visar att det beror på förekomst av en tunn hinna av järnoxiden magnetit (se

metodtext) som bildas när det finns tillgång på syre, dvs. utanför ugnen. De petrografiska analyserna av ett urval av dessa slagger (Bilaga 4) visar också detta (Se figur 4:3, 4:7 och 4:10). I tvärsnitt kan man notera att slaggerna ofta är täta, speciellt i de nedre delarna, med något porigare övre delar, i vissa med ett fåtal större porer i centrala eller övre delar.

Figur 4. Tappslagg (prov 50) från ugn A102. Tvärsnitt som visar en typisk form som speglar tapprännans form. Slaggen är tät i nedre delen, porösare i den övre.

Denna fördelning av porer framträder också tydligt i de petrografiska analyserna (Bilaga 4) som i övrigt visar att respektive slagg (de som valdes för analys utgörs av ett större slaggflöde) generellt är homogent uppbyggd. De är tämligen finkorniga; allra finkornigast i ytterkanten där de avkylts och stelnat snabbare än i mer centrala delar (t.ex. figur 4:2 i bilaga 4). Överkanten täcks också av ett komplext uppbyggt skikt av järnoxider, bl.a. magnetit som gör att de är magnetiska (se ovan) som tecken på att de runnit ut och stelnat utanför ugnen med tillgång på syre. Detta ses dock inte i slaggen prov 61 som är provtagen precis i övergången mellan bottenslaggen och uttappningen (Fig. 4:13). I denna finns inget övre skikt av magnetit vilket tyder på att det varit reducerande förhållanden, dvs. syrefattigt, där den stelnat. Slaggernas bottentyor har också inslag av sand där undersökningarna i mikroskopet visar att sandkornen, mestadels kvarts men även fältspat, huvudsakligen endast har smält fast i slaggen (Fig. 4:11) men i något fall också är insmält en bit in. I några ses också sand i överytan där tapprännans kanter kan ha rämnat och sand fallit in över slaggen.

Även om de analyserade slaggerna uppvisar stora likheter i struktur och textur kan man notera små skillnader mellan dem vad gäller sammansättning. Prov 41 och 54B domineras av järnoxiden wüstit, medan prov 50 och framförallt prov 61 har betydligt större mängd olivin. Denna skillnad återspeglas också i resultaten från de

totalkemiska analyserna (Bilaga 3) med högre totalhalt av järn (presenterat som Fe_2O_3) i prov 41 och 54B än i de båda andra som har högre totalhalt av kisel (som SiO_2). Detta utvärderas ytterligare i ett separat stycke om de kemiska analyserna nedan.

Figur 5. Slagger från de båda fällstensområdena. Överst oregelbundna bitar i prov 14 norr om varp A548. Nederst urval ur prov 27 med tillplattade sidor från området söder om varp A536.

En tredje typ av slagg som ingått i analysuppdraget är de som benämnts fällslagger. Dessa är insamlade i lager/koncentrationer av samma materialtyp. Den ena koncentrationen är från söder om slaggvarpet A536 kring en fällsten. Samma typ av slagg, men utan påträffad fällsten, återfanns i en motsvarande koncentration norr om varp A548 (Bilaga 1). Dessa är magnetiska, men i lite varierande omfattning, trögflutna och rostbruna. Några av dem är oregelbundna i formen medan andra har två plana, parallella ytor där den ena är tämligen slät medan den motstående är något knölig (Fig. 5). Ett urval

ur båda kategorierna har delats (Bilaga 4). I de regelbundna finns vanligen en kärna av metalliskt järn omgivet av mindre mängder slagg. Metallen innehåller också en del hålrum varför den inte är helt kompakterad. De bitar med tydligt plana ytor som har delats visar sig domineras av slagg med innehåll av svampiga formationer av metalliskt järn, vanligen utsträckta längs med den plana ytan. Dessa förefaller ha en sida som är formad, men metallinnehållet är tämligen lågt, medan de oregelbundna klumparna har ett större metallinnehåll.

Metallografiska analyser av dessa visar att de oregelbundet formade styckena innehåll större sammanhängande områden av metall även om det finns en den del hålrum. Slaggmängden inne i metallen varierar något från tämligen slaggfritt i prov 14 till en del större ansamlingar i prov 27 och 28 (Bilaga 4: Fig. 4:23, 24 och 33). I den slaggfria klumpen prov 14 är kolhalten betydligt högre än i de båda andra. Prov 14 domineras av perlit (Fig. 4:17), dvs, en kolhalt på nästan 0,7 %. Enbart längs några av ytterkanterna kolhalten något lägre. Såväl prov 27 (Fig. 4:25–26) och prov 28 (Fig. 4:35) har något mer varierande sammansättning från i det närmaste kolfritt via kolhalter kring några tiondels procent till som mest knappt 0,7 %.

De planare styckena domineras av slagg, precis som observerats redan vid delning av styckena och den metall som finns som svampiga ansamlingar utbredda längs styckenas plana sidor är nästan uteslutande ferrit, dvs. kolfritt järn (t.ex. Fig. 4:20 och 4:30). Den omgivande slaggen består huvudsakligen av järnoxiden wüstit. Mot kanterna i styckena finns också andra faser som glas och olivin. Allra ytterst eller nära ytterkanten finns också en tunn strimma av järnoxid som också innehåller magnetit (Fig. 4:19). I några bitar förefaller tidigare ytterkanter ha pressats in en bit i slaggen. Magnetit förekommer också som lameller i wüstiten i en komplex uppbyggnad (Fig. 4:21 och 4:29). Förekomsten av magnetit är ett tecken på att styckena har bearbetats i en miljö med tillgång på syre, dvs. en upprepad hopslagning av luppen på en fällsten. Sannolikt är dessa bitar yttre delar av luppen.

Liknande material, vad gäller yttre former, förekomst och fördelning av metall i klumparna, samt varierande kolhalter, har noterats i tidigare analyser av motsvarande material från järnframställningsplatserna RAÄ 186 och 338 (Englund & Grandin 2002 och Grandin m.fl. 2009). Återigen finns indikationer på stora likheter i processerna på de olika lokalerna.

Material för datering

Precis som antogs vid en första översiktlig genomgång av det arkeometallurgiska materialet kunde inga träkolsprover för datering observeras även om ett fåtal kolavtryck noterades på en större bottenslagg från A105. Inget träkol för datering är därmed tillvarataget. Alternativet med möjlighet av datering av kolinnehållet i metalliskt järn blev därför en punkt att ha i åtanke i samband med de metallurgiska analyserna av järnet för att hitta metall med stålkomponent vilket visade sig finnas. Prov 14 från A516, norr om A548, med hög kolhalt är ett prov som prioriterades för datering. I både prov 27 och 28, relaterade till

A536, är kolhalten något lägre men sannolikt tillräcklig för datering, där prov 27 valdes.

Resultaten från dateringen presenteras i sin helhet, inklusive kalibrerade värden i bilaga 5; för prov 14 1713 ± 29 BP och för prov 27 1167 ± 50 BP. Prov 14, med en hög kolhalt i metallen som vanligtvis innebär bra förutsättning för datering ger en oväntat hög ålder för denna lokal; några alternativa anledningar diskuteras i bilaga 5. Prov 27, med något lägre kolhalt, resulterar i en senare datering som mer ligger inom det förväntade intervallet och enligt uppdragsgivaren överensstämmer med en av ugnarna i samma varp.

Teknisk keramik

Bland den tekniska keramiken kan åtminstone tre olika typer urskiljas i materialet från båda slaggvarpen. *En typ* utgörs av tämligen tunna infodringsbitar (Fig. 6). Dessa varierar något i tjocklek men är i storleksordningen ca 5–10 mm tjocka. De flesta är gråbränd lera, eller mindre vanligt rödbränd lera, med en smält sida, som i vissa fall troligen också har med tunt skikt av slagg (magnetisk). Leran förefaller också innehålla en del grövre korn. Dessa har inte analyserats närmare inom ramen för denna undersökning men likartat material har analyserats tidigare av Ole Stilborg (se Grandin m.fl. 2009). Att vissa är gråbrända medan andra är rödbrända speglar skillnader i reducerande och oxiderande miljö. Den ringa tjockleken medför att tolkningen om infodring snarare än ugnsvägg också är mer rimlig och vi ska ha i åtanke att stenar är en viktig grundstomme i ugnskonstruktionen. Många av bitarna har en smält insida, men utan slagg, vilket innebär att de inte bör ha suttit i en nivå där slagg var i kontakt med väggen. Möjligen är dessa från en högre höjd i schaktet eller från en nedre, i nivå där en bottenslagg har bildats.

Figur 6. Exempel från prov 35, ugn A101 på tunna bitar av teknisk keramik. Överst till vänster den smälta insidan, nederst den brända sidan och överst till höger tvärsnittet som visar den ringa tjockleken och en svag kurvatur.

Figur 7. Exempel från prov 55, ugn A104 på tjocka bitar av teknisk keramik. Överst till vänster den smälta insidan, biten längst ner visar den brända sidan och överst till höger tvärsnittet som visar tjockleken.

En *andra typ* som kan urskiljas finns i ett fåtal bitar av teknisk keramik som har ingått i detta uppdrag är tjockare (Fig. 7), upp mot 30–35 mm. Också dessa utgörs av bränd lera med en smält insida och med ett inre lager av slagg som är tjockare än i den första typen. Godset i dessa förefaller innehålla en del grova fraktioner likt de tunnare bitarna. De kan ursprungligen ha varit tjockare än de tunnare infodringsbitarna, men kan också ha fått mer påväxt av slagg på grund av att de haft en annan position i ugnspipan (jämför även Englund & Grandin 2002) och varit i nivå där temperaturen genomgående har varit högre och mer slagg varit flytande.

En *tredje typ* av teknisk keramik har registrerats som blästermunstycken. Dessa är fragmentariska bitar med rester efter ett mer eller mindre tydligt format runt hål i ljust tegelröd bränd lera (Fig. 8). Denna lera förefaller sakna de grövre fraktioner som är vanlig i de tunnare bitarna av infodring. Inga hela bitar har påträffats utan som mest är det halvcirkelformade hål med en diameter på ca. 30 mm som kan anas. Det är svårt att avgöra om det enbart är hål som har formats i ugnsväggen för ett blästerrör av någon typ, eller om det är speciella blästermunstycken som har använts. Det senare har dock dokumenterats tidigare och beskrivs bland annat av Englund & Grandin (2002; fig. 7 och 23) (se även Nordman 2014). Analogin med dessa gör att de nu påträffade bitarna skulle kunna vara av samma karaktär. Bland proverna som har registrerats som blästermunstycken är det vanligt med ansamling av slagg på insidan. Detta är extra tydligt i prov 42 från ugn A104, där ett tjockt lager slagg har fäst mot blästermunstycket. Slaggen är ställvis också kraftigt magnetisk vilket antyder att den innehåller en hel del metalliskt järn (se också tidigare analyser som har visat liknande).

Figur 8. Exempel från prov 39, ugn A101 på fragment av blästermunstycke av ljust rödbränd lera, med delar av hålet bevarat (pilar). På insidan finns ett lager av slagg (bilden till höger; något roterad jämfört med den vänstra).

Malm

Tre malmprover är insamlade från denna undersökning. De kommer från tre olika malmupplag. Ett av dem, A909, mellan A536 och A548 strax norr om en linje mellan ugnarna, ett annat norr om A548 och ett tredje ännu längre norr om A536 (Bilaga 1). Alla tre (Fig. 9) är finkorniga, röda och magnetiska. Detta tyder på att det är rostad rödjord. Vid undersökning i hög förstoring i stereolupp ser man att finkornigt rött material ligger som ytbeläggning på större mineralkorn. Malmproverna provrostades (se metodtext) och studerades igen då den finkorniga, magnetiska, beläggningen separerat från kornen som främst förefaller vara kvarts, dvs. sand. Proverna är likartade även om mängden magnetiskt material i förhållande till kvartskornen varierar något vilket antyder skillnad i totalt järninnehåll. Samtliga kan möjligen ha fungerat som malmer. De prover som bedömdes var rikast valdes för kemiska analyser; Prov 29 från A592 (norr om A548) och Prov 15 från A909 (mellan A536 och A548).

Analysresultaten visar att de skiljer sig åt vad gäller järnhalt med betydligt högre halt i prov 15 än i prov 29 (Se detaljer om kemiska analyser nedan). I vilken mån det sandiga inslag som finns i proverna i dag, och sänker den totala järnhalten, har ingått i samband med järnframställningen är dock oklart.

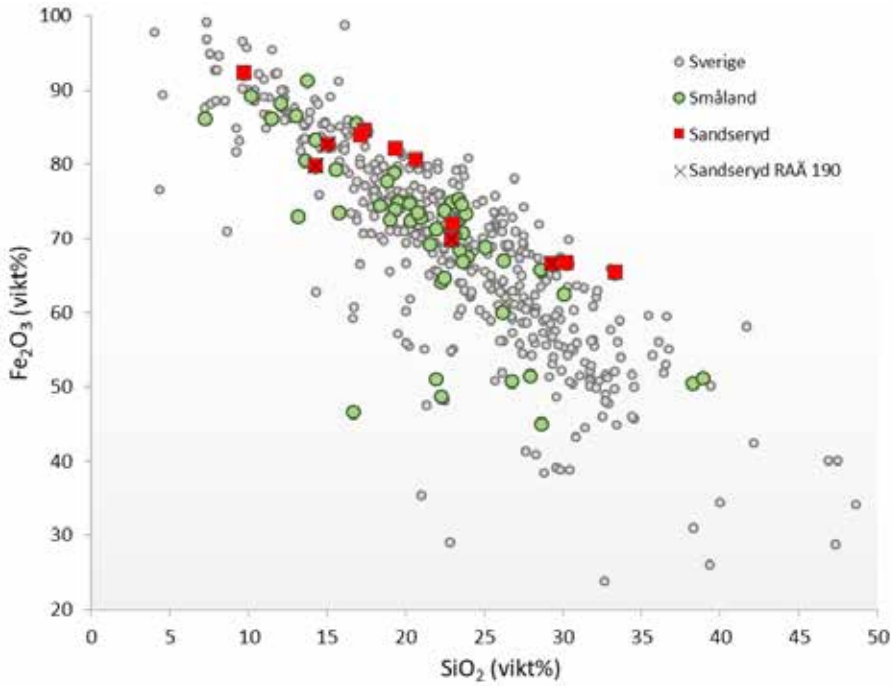
Figur 9. De tre malmproverna prov 15, 29 och 30.

Kemiska analyser – resultat och en utblick

Resultaten från de totalkemiska analyserna återfinns i sin helhet i tabell i bilaga 3. Nedan presenteras resultaten för slagger och malmer från den nu undersökta järnframställningsplatsen med utgångspunkt i några utvalda huvudämnen och spårämnen. Tidigare analyser från de båda närliggande järnframställningsplatserna RAÄ 186 och RAÄ 338 i samma socken (se inledningen för referenser) används också som jämförelse för att få en uppfattning om likheter och/eller skillnader inom närområdet. För att få ytterligare perspektiv på hur slagger från järnframställning kan variera refereras också till slagger från andra lokaler i Småland samt från hela Sverige, oavsett om det är äldre eller yngre järnålder eller medeltid. Dessa referensdata är hämtade från GALs databas.

Några huvudämnen

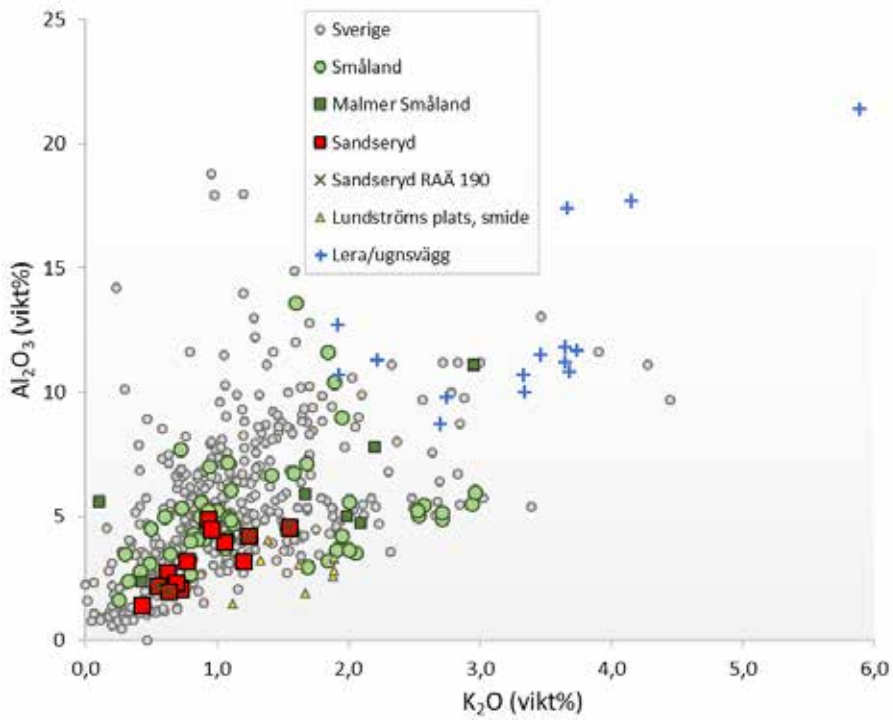
Alla fyra analyserade slagger domineras av järn (67–83 %, angivet som Fe_2O_3 i tabell i bilaga 3; Fig. 10). I övrigt förekommer kisel (14–29 % SiO_2). Övriga ämnen förekommer i halter på som mest några viktprocent vardera. De slagger som har högre järnhalt är de som har lägre kiselhalt; där slaggen prov 41 från ugn 101 och prov 54B från ugn 103 är de som har högst järnhalt vilket också ses i form av stor dominans av wüstit (Bilaga 4) medan de båda andra, prov 50 från ugn 102 och prov 61 från ugn 105, har lägre järnhalt vilket också ses i form av större mängd olivin och glas (Bilaga 4).



Figur 10. Innehållet av kisel (som SiO_2) och järn (som Fe_2O_3) i slaggerna från Sandseryd RAÄ 190 jämfört med tidigare analyserade slagger från Sandseryd (RAÄ 186 och 338). Även tidigare analyserade reduktionsslagger från Småland och hela Sverige finns med som referens (Data från GALs databas).

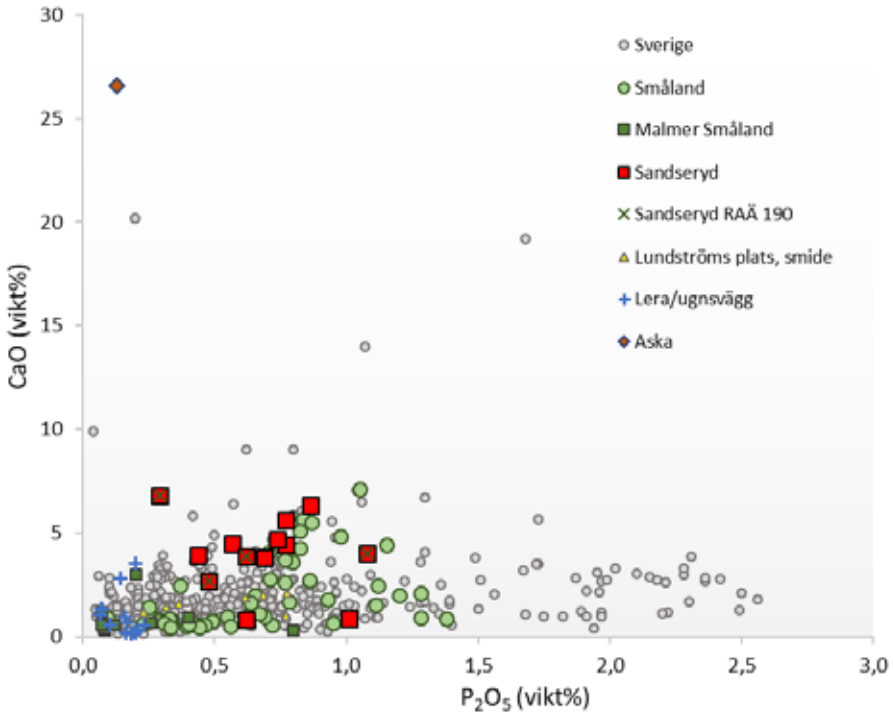
Även i de båda utvalda malmproven är järn och kisel de vanligast förekommande ämnena. Järnhalten är dock tämligen låg; ca 8 % Fe_2O_3 i prov 29 men högre, 22 %, i prov 15 (Bilaga 3). I båda fall är det järnhalter som är något låga för att det ska vara goda malmer. Det är dock oklart i vilken omfattning som dessa prover har en större inblandning av sand (kiselrika) än vad de malmer som användes hade (analyserna gjordes på bulkprov utan att det järnrika materialet separerats från sanden). Ett visst sandinslag är dock betydelsefullt för att fungera som slaggbildare. Malmproverna kan i detta fall därför inte användas för att uppskatta utbytet i processen men är värdefulla för att se innehåll av andra ämnen som är viktiga för att visa släktskap mellan malm och slagg och jämföra olika järnframställningsplatser (se nedan).

Järn och kisel är de ämnen som vanligen dominerar i slagger från blästjärnstillverkning och är generellt ett mått på utbytet av järn – ju lägre järnhalt i slaggen desto bättre utvinning. För två av dessa slagger kan därmed utbytet förefalla lågt eftersom järnhalten är hög i slaggerna, och låg i malmerna. I jämförelse med andra reduktionsslagger (Fig. 10), oavsett tidsperiod och blästugnstyp, ser vi att lika höga och ännu högre halter är vanligt förekommande. Den spridning som de fyra slaggerna uppvisar återfinns också för tidigare analyserade slagger från Sandseryd. Som helhet visar de tre järnframställningsplatserna därmed ett likartat mönster.

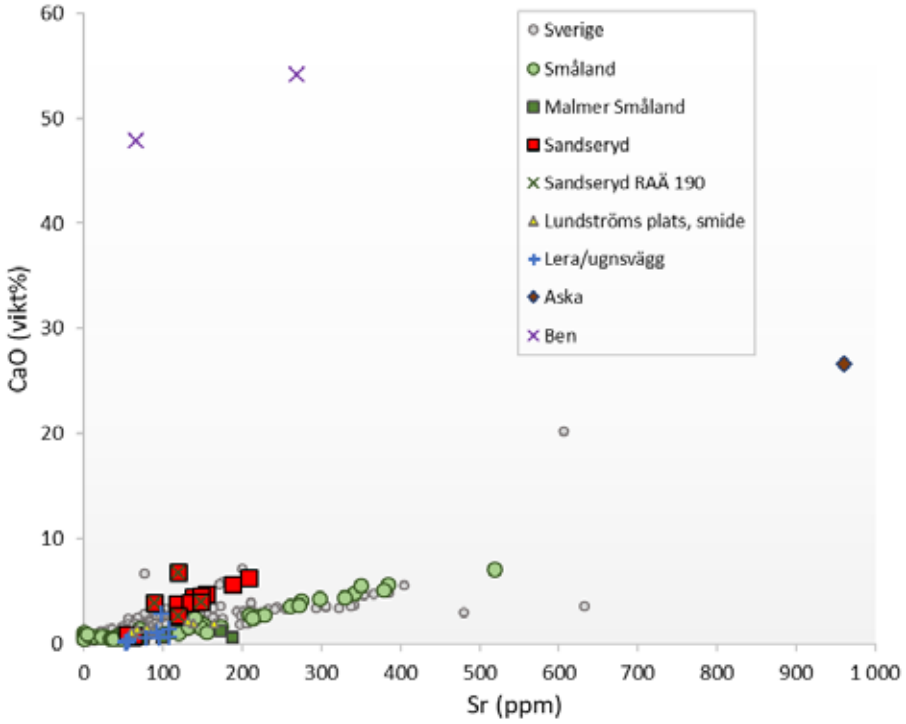


Figur 11. Innehållet av kalium (som K2O) och aluminium (som Al_2O_3) i slaggerna från Sandseryd RAÄ 190 jämfört med tidigare analyserade slagger från Sandseryd (RAÄ 186 och 338) och smidesslagger från Lundströms plats i Jönköping. Även tidigare analyserade reduktionsslagger från Småland och hela Sverige finns med som referens (Data från GALs databas).

Bland övriga ämnen förekommer kalcium (ca. 3–7 % som CaO) och aluminium (ca. 2–5 % som Al_2O_3) i storleksordningen några viktprocent, medan kalium varierar kring någon procent (ca. 0,5–1,5 % som K_2O) och fosfor något lägre (0,3–1,0 % P_2O_5). Aluminium kan förekomma i den använda malmen men teoretiskt skulle man också kunna förvänta sig inblandning från t.ex. ugnsväggen av lera, och i så fall också förhöjda halter av kalium. De båda ämnena samvarierar också med högre halter av båda, t.ex. i prov 50 och 61 vilka också har de högsta kiselhalterna. Även från tidigare analyser av slagger från Sandseryd finns denna samvariation (Fig. 11). Med tanke på att en del av ugnsinfodringen är smält (Se t.ex. beskrivning bilaga 2) är det möjligt att den också har blandats i slaggen men detta har inte undersökts specifikt i denna studie. En del tidigare analyser (GALs databas, varav en lera från RAÄ 186) av leror och ugnsväggar visar antyder dock att det kemiskt är rimligt med ett sådant inslag i dessa slagger (Fig. 11) även om också de analyserade malmproven innehåller både kalium och aluminium.



Figur 12. Innehållet av kalcium (som CaO) och fosfor (som P_2O_5) i slaggerna från Sandseryd RAÄ 190 jämfört med tidigare analyserade slagger från Sandseryd (RAÄ 186 och 338) och smidesslagger från Lundströms plats i Jönköping. Även tidigare analyserade reduktionsslagger från Småland och hela Sverige finns med som referens. Dessutom visas data från lera och ugnsväggar samt aska från träkol. (Data från GALs databas).

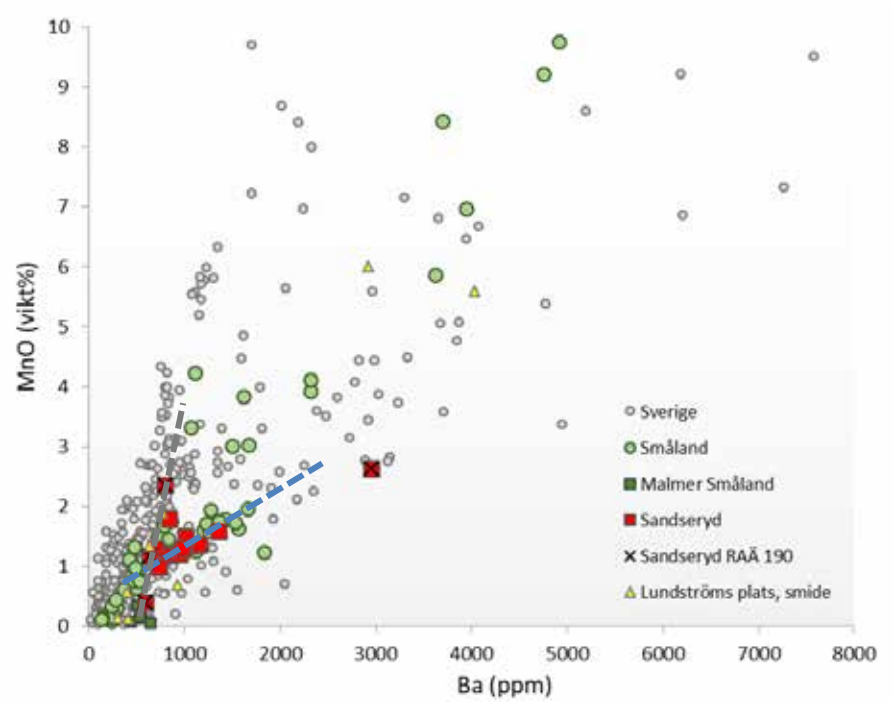


Figur 13. Innehållet av kalcium (som CaO) och strontium (Sr) i slaggerna från Sandseryd RAÄ 190 jämfört med tidigare analyserade slagger från Sandseryd (RAÄ 186 och 338) och smidesslagger från Lundströms plats i Jönköping. Även tidigare analyserade reduktionsslagger från Småland och hela Sverige finns med som referens Dessutom visas data från lera och ugnsväggar samt aska från träkol och ben. (Data från GALs databas).

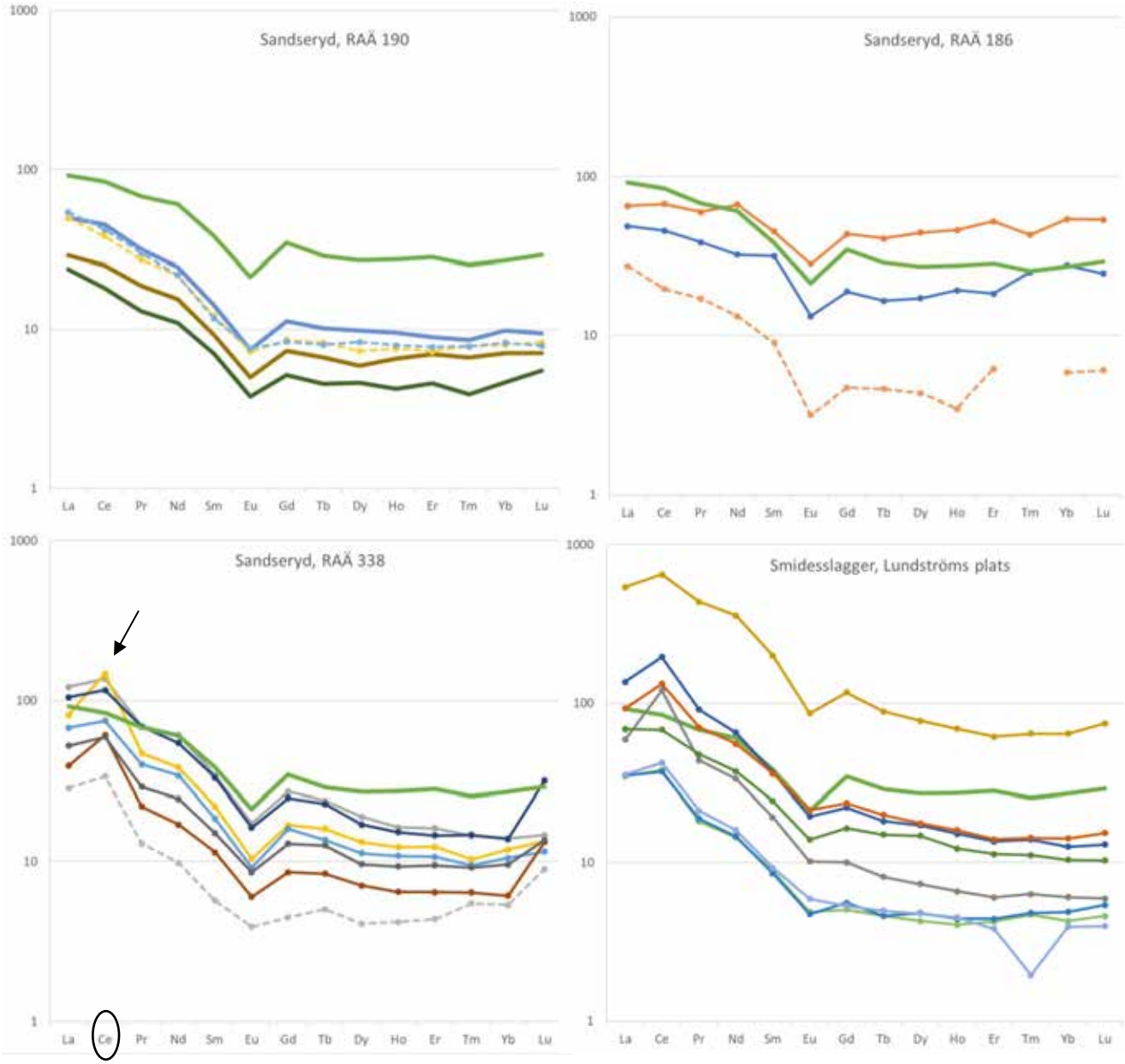
Den tämligen höga kalciumhalten, i jämförelse med många andra reduktionsslagger, bör komma från annat än malmen (analysresultat visar lägre innehåll), men i detta fall knappast ugnsväggen. Kalcium är en viktig komponent i ben tillsammans med fosfor som också förekommer i slaggerna (Fig. 12). Fosfor är dock också en vanlig komponent i många limonitiska malmer, dock inte i de nu analyserade som har halter på storleksordningen 0,1 %. Om vi jämför slaggernas sammansättning med den hos ben antyds att det borde ha varit ännu högre fosforinnehåll i slaggen om detta skulle vara orsaken. Kalcium kan också komma från bränslet, dvs. träkol. Analys av aska från experimentell järnframställning (opublicerade data i GALs databas) visar att kalciumhalten är förhöjd, liksom halten av strontium (Sr). Analyserna av slaggerna visar också att strontiumhalten ökar med ökad kalciumhalt i slaggerna varför ett bidrag från bränslet kan diskuteras (Fig. 13). Vad gäller kalciuminnehållet finns dock en skillnad mellan järnframställningsplatserna, där höga halter är noterade från både den aktuella RAÄ 190 och RAÄ 338, men inte från RAÄ 186.

Mangan och barium som fingeravtryck från malmen

Ämnen som är mer tydligt förknippade med malmens sammansättning är huvudämnet mangan. Mangan kan variera från någon tiondels till tiotals procent i såväl malmer som slagger. Denna variation kan ses i reduktionsslagger från blästugnar från stora delar av Sverige (Fig. 14) där halter på 5–10 % är tämligen vanligt, och enstaka exempel på ännu högre mangan förekommer. De fyra nu analyserade slaggerna, har dock låga halter (ca 1–2,5 % MnO eller i vissa fall under 1 % MnO). Motsvarande noterades för de tidigare analyserade slaggerna från Sandseryd RAÄ 186 och 338 (de flesta mellan 1 och 2 %).



Figur 14. Innehållet av mangan (som MnO) och barium (som Ba) i slaggerna från Sandseryd RAÄ 190 jämfört med tidigare analyserade slagger från Sandseryd (RAÄ 186 och 338) och smidesslagger från Lundströms plats i Jönköping. Även tidigare analyserade reduktionsslagger från Småland och hela Sverige finns med som referens (Data från GALs databas). Axlarna är beskurna för att de aktuella slaggerna ska kunna urskiljas – betydligt högre halter av både MnO och Ba finns i andra slagger. Slaggerna från RAÄ 338 har likartad variation i mangan- och bariumhalt där den blåstreckade linjen schematiskt visar trenden. Slagger från RAÄ 186 och RAÄ 190 följer en brantare linje (gråstreckad linje). Slaggen från RAÄ 190 med högst bariumhalt (knappt 3000 ppm) avviker dock från denna. I det samlade svenska referensmaterialet kan motsvarande trender också urskiljas.



Figur 15. Sällsynta jordartsmetaller (REE) i de analyserade slaggerna (heldragna linjer) och malmerna (streckade linjer) från den nu undersökta lokalen Sandseryd RAÄ 190 jämfört med de tidigare undersökta RAÄ 186 och 338 samt smidesslagger från Lundströms plats. Värdena är kondritnormaliserade och y-axeln är logaritmisk. För att bättre kunna urskilja respektive lokal har en uppdelning gjorts på fyra diagram. I varje visas en slagg (prov 50) från Sandseryd 190 som referenslinje (grön linje). Slagger från alla platser varierar i totalhalter av REE (olika nivå på kurvorna). De skiljer sig dock från varandra vad gäller förekomst av cerium (Ce) i förhållande till övriga ämnen. I samtliga slagger och malmen från RAÄ 338 ses en kraftigare topp för cerium (positiv anomali, vid pilen) som saknas vid de båda andra järnframställningsplatserna. De flesta slagger från Lundströms plats har positiv, men olika markant, anomali.

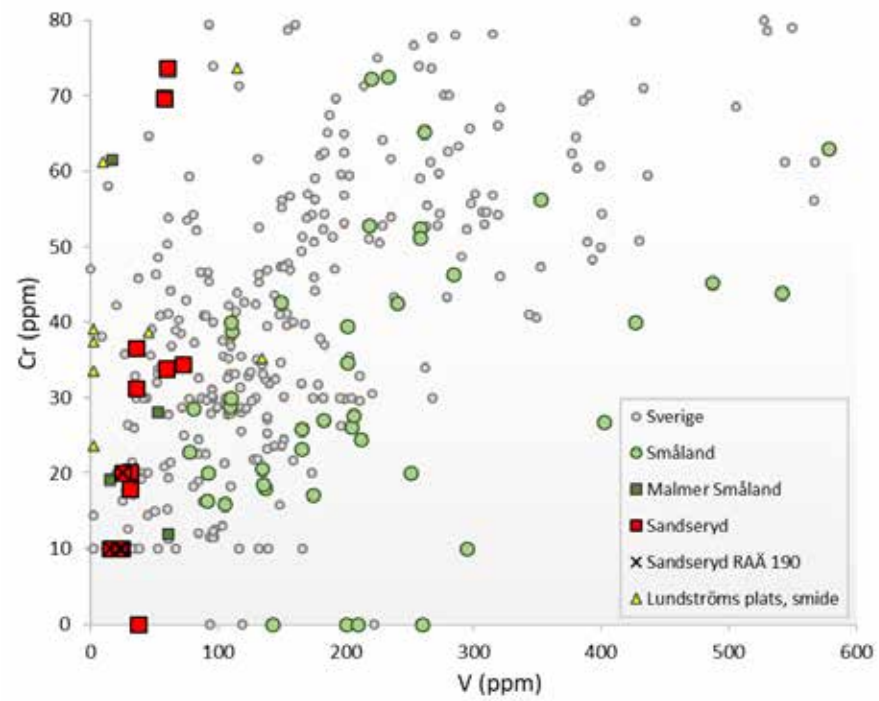
Ett ämne som i rödjordar och sjö- och myrmalmer vanligen är kopplat till mangan är spårämnet barium. Det innebär att ju högre innehåll malmen har av mangan desto högre bariuminnehåll förväntas också; ett förhållande som i stora drag också ärvs av den bildade slaggen (Fig. 14). Förhållandet mellan de båda kan dock vara olika i olika malmer, eller i olika regioner; något som möjligen återspeglas i slaggerna från de olika järnframställningsplatserna i Sandseryd. Från lokalen RAÄ 338 analyserades ett större antal slagger och där kan man notera att bariumhalten ökar från ca 700 ppm till knappt 1400 ppm för en liten ökning av manganhalten (1,0–1,6 %). För tre av de nu analyserade slaggerna från RAÄ 190 ökar bariumhalten mindre (från ca 600 till 800 ppm) för en större ökning av manganhalten (0,4–2,4 % MnO). Slaggerna från RAÄ 186 följer samma trend (brantare linje i Fig. 14). En av slaggerna från RAÄ 190 avviker dock med betydligt högre barium (nästan 3000 ppm) vilket snarare är i linje med slaggerna från RAÄ 338 (flackare linje i Fig. 14). Detta antyder att det inte är identiska malmer som har använts på de närliggande järnframställningsplatserna RAÄ 190 och 338.

Några spårämnen

Andra spårämnen som är av betydelse för att kunna urskilja olika malmbildningsområden är de sällsynta jordartsmetallerna lantan (La) till lutetium (Lu) (REE – Rare Earth Elements). Proportionerna mellan dessa bevaras från bergarten varifrån malmen har bildats och ärvs så småningom av slaggen. Den signatur som dessa uppvisar är därmed en god indikation på släktskap mellan slagger, respektive mellan slagger och malmer. Dessa spårämnen kan dels behandlas som grupp där deras totala halter är intressant, dels kan inbördes förhållanden mellan dem jämföras. Det generella mönster som framträder (Fig. 15) är att de finns en variation inom gruppen av slagger från alla tre järnframställningsplatserna i Sandseryd från lägre till högre totalhalter (olika nivåer på kurvorna). Men, en noterbar skillnad mellan järnframställningsplatserna är de inbördes förhållande som finns mellan REE. Dessa är likartade inom varje lokal. För den nu undersökta lokalen RAÄ 190 ser vi samma mönster av REE för både slagger och malmer, som visar deras släktskap (Fig. 15). De analyserade slaggerna, och den enda malmen från RAÄ 186 har en något avvikande lutning på kurvan men den stora skillnaden uppvisar samtliga slagger och malmen från RAÄ 338 där med en tydlig topp i kurvan för ämnet cerium (Ce), dvs. en positiv ceriumanomali. Det innebär att slagger och malm från RAÄ 338 skiljer sig från de båda andra vad gäller förhållandet mellan mangan och barium och de sällsynta jordartsmetallerna. Trots att järnframställningsplatserna är närliggande har malmer med något olika sammansättning använts.

De olika malmtäkterna uppvisar dock en del likheter i övrigt vad gäller andra spårämnen. Till exempel är samtliga analyserade slagger, och malmer, fattiga på vanadin jämfört med många andra järnframställningsplatser. Som exempel kan nämnas järnframställningsplatsen vid en medeltida gård i Markaryd i södra

Småland (Forenius & Grandin 2005; Grandin 2009) med mycket likartade förhållanden mellan mangan och barium som slaggerna från Sandseryd RAÄ 338, men med markant högre vanadinhalt än slaggerna från Sandseryd (Fig. 16). Låga vanadinhalter är också vanligt bland slaggerna från Lundströms plats i Jönköping.



Figur 16. Innehållet av vanadin (V) och krom (Cr) i slaggerna från Sandseryd RAÄ 190 jämfört med tidigare analyserade slagger från Sandseryd (RAÄ 186 och 338) och smidesslagger från Lundströms plats i Jönköping. Även tidigare analyserade reduktionsslagger från Småland och hela Sverige finns med som referens (Data från GALs databas).

Diskussion och reflektion

De skillnader i kemisk sammansättning som har noterats mellan den nu undersökta RAÄ 190 och RAÄ 338 är jämförelsevis små och som helhet ger järnframställningsplatserna i Sandseryd en samlad bild jämfört med många andra platser. Skillnaderna som har noterats skulle kunna vara tidsrelaterade och representera olika tidpunkter för järnframställning. De fyra slagger som nu har analyserats representerar ugnar från två rumsligt avgränsade grupper som, åtminstone till viss del skulle kunna vara samtida. Inom den ena gruppen, vid varpet A548 i öster, kunde dock flera faser urskiljas med parvis två generationer av ugnar där ugnarna A105 och A106 är äldre än A101 och A102. Slaggerna från den äldre fasen uppvisar dock skillnader, samtidigt som det finns större likheter mellan den äldre och yngre fasen; den slagg som avviker vad gäller förhållandet mellan mangan och barium, och mer liknar slagger från RAÄ 338, kommer från den äldre generation av ugnar (ugn A102), som dock tolkats vara igång samtid med ugn A101 varifrån den

analyserade slaggen visar mer likheter med de båda andra slaggerna i detta avseende. Det ringa antalet analyserade slagger från RAÄ 190 medför därmed att det inte är möjligt att diskutera eventuella förändringar över tid.

Processen i stort är också mycket likartad den på tidigare undersökta platser inkluderande struktur för konstruktioner för framställning och första bearbetning av metallen. Slaggerna med innehåll av metalliskt järn visar också motsvarande bild som tidigare undersökningar att såväl ett mjukare järn som ett hårdare stål har framställts i processen.

Eftersom de nu analyserade slaggerna från RAÄ 190 i stora drag är lika de tidigare analyserade från RAÄ 186 och 338 medför det att de tidigare indikationer på att flera, men inte alla, smidesslagger från Lundströms plats i Jönköping har kemisk sammansättning som uppvisar vissa likheter med det aktuella järnframställningsområdet. De slagger från Lundströms plats (t.ex. de med betydligt högre halter av mangan eller hög vanadinhalt) som tidigare inte har kunnat relateras med järnproduktionsområdet i Sandseryd kan därför inte heller kopplas till den nu aktuella lokalen. Däremot kan man notera att de positiva ceriumanomalier som förekommer bland flertalet av slaggerna från Lundströms plats i Jönköping (något undantag) visar bättre överenstämmelse med slagger från tidigare undersökta järnframställningsplatsen RAÄ 338 än den från den nu undersökta RAÄ 190.

Referenser

Björck, N. 1991. Den lågtekniska järnhanteringen i södra Vätterbygden. En studie av en regions vikingatida och tidig medeltida järnhantering. Umeå Universitet. Uppsats för C1 i arkeologi. Umeå universitet, Institutionen för arkeologi.

Björck, N. 1996. Vad har bosättningsmönster under mellanneolitikum och lågteknisk järnhantering gemensamt? Centrum och periferi – relativa begrepp som analytiska redskap. Kontaktstencil 39. Arkeologi i centrum och periferi. Fællesnordisk Råd for Arkæologistuderende,65–89. Umeå.

Englund, L-E. & Grandin, L. 2002. Järnframställning i parblästa. Hedenstorp, RAÄ 186, Sandseryds sn, Småland, Kronobergs län. *Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport* 1-2002. Uppsala.

Forenius, S. & Grandin, L. 2005. Medeltida järnframställning på en gård i skogen. Arkeometallurgiska analyser. RAÄ 75, Markaryds sn, Småland. *Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport* 10-2005. Uppsala.

Grandin, L. 2008. Järnsmide i Jönköping. Medeltida hantverk i stadens utkant. Småland, Jönköpings stad, Sofia församling, fornlämning 50, Lundströms Plats. *UV Uppsala Rapport 2008:26. Geoarkeologisk undersökning. Riksantikvarieämbetet. Avdelningen för arkeologiska undersökningar. Geoarkeologiskt Laboratorium.* Uppsala.

Grandin, L. 2009. Tekniska skillnader och likheter i tid och rum. Nya resultat från järnframställningen i Sydsverige från järnålder till medeltid. Några exempel med jämförelser mellan nyligen undersökta platser i Halland, Skåne och Småland. I: Helgesson, B. (red). *Järnets roll. Skånelands och södra Smålands järnframställning under förhistorisk och historisk tid.* Regionmuseet Landsantikvarien i Skåne, 85–98.

Grandin, L. med bidrag av Stilborg, O. & Jonsson, E. 2009. Järn för avsalu. En järnframställningsplats bland många andra i en omfattande organiserad produktion i området kring Axamo och Dumme mosse – arkeometallurgiska analyser. Småland, Jönköpings län, Sandseryds socken, Hedenstorp 1:3, fornlämning 338. *UV Uppsala Rapport 2009:16. Geoarkeologisk undersökning. Riksantikvarieämbetet. Avdelningen för arkeologiska undersökningar. Geoarkeologiskt Laboratorium.* Uppsala.

Lorentzon, M. 2008. Järn, slagg och snö vid fornlämning 186. Undersökning av fornlämning 186, järnframställningsplats, inför byggnation inom Hedenstorp 1:3 m.fl. Sandseryds socken i Jönköpings kommun, Jönköpings län. Jönköpings läns museum. Arkeologisk rapport 2008:23.

Lorentzon, M. 2012. Järnframställning och kolning vid Axamo flygplats. Arkeologisk förundersökning och undersökning av RAÄ 403-411, inför byggnation och utvidgning av Axamo flygplats, Sandseryds socken i Jönköpings kommun, Jönköpings län. Jönköpings läns museum. Arkeologisk rapport 2011:20.

Nordman, A-M. 1989. Arkeologisk rapport Jönköpings läns museum.

Nordman, A-M. 1994. Dubbelugnar i Axamo. Jernkontorets Bergshistoriska Utskott, H 55, 69–77. Stockholm.
Nordman, A-M. 2014. Blästbruk på Axamo. Arkeologisk undersökning av Sandseryd RAÄ 171 med fler inom Axamo industriområde, Sandseryds socken i Jönköpings kommun, Jönköpings län. Jönköpings läns museum. Arkeologisk rapport 2014:15.
Varenius, B. 1987. Lågteknisk järnhantering i Tabergsområdet. Jönköpings läns historia. Småländska kulturbilder. Jönköping.
Varenius, B. 1990. Lågteknisk järnhantering i södra Vätterbygden. *Jernkontorets Bergshistoriska utskott, H* 46, 3–13. Stockholm.

Administrativa uppgifter

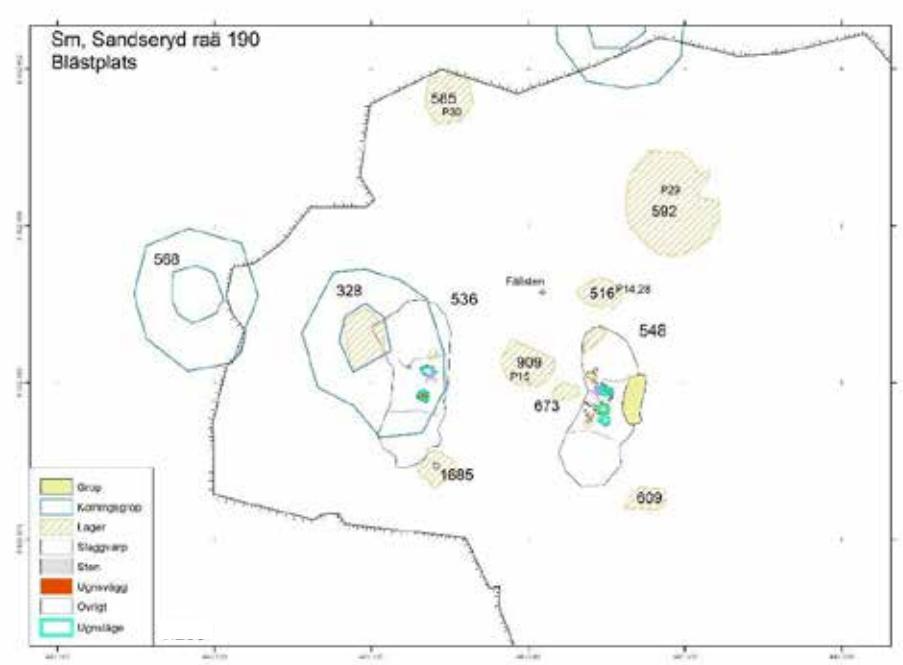
SHMM:s dnr: 515-2017-00320.
Länsstyrelsens dnr: 431-7806-2017.
*SHMM:s projektnr: A*13623.
Undersökningstid: vår-sommar 2018.
Projektgrupp: Lena Grandin och Erik Ogenhall (granskning).
Underkonsulter: Axinit Bratislava (tunnslip), ALS minerals (kemi)
Foto: Lena Grandin, om inget annat anges.

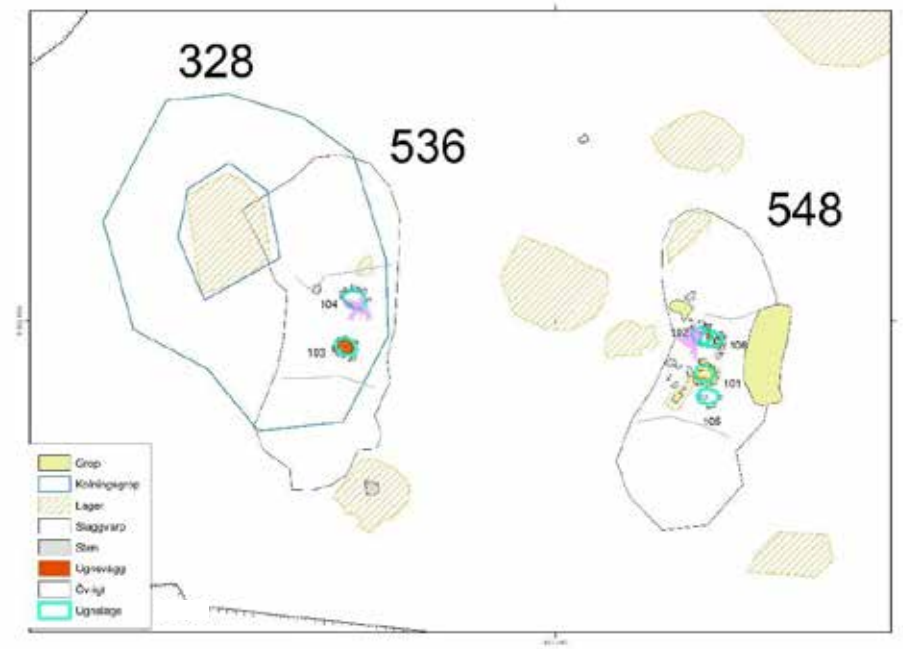
Bilagor

Bilaga 1. Översiktsplaner.

Överst den undersökta järnframställningsplatsen. Nederst de båda slaggvarpen 536 och 548 med tillhörande ugnar; A103 och A104, respektive A101, A102, A105 och A106. Ej i skala.

Tillhandahållna av uppdragsgivaren, Jönköpings läns museum.





Bilaga 2. Fyndtabell.

Noteringar från granskning av hela det arkeometallurgiska fyndmaterialet. Grundläggande noteringar från Jönköpings läns museum.

Provnr	Ark obj ID	Ark obj typ	Relation 1	Relation 2	Provnr reg	Material	Sakord	Undertyp	Antal	Vikt (g)	Magnetism	Notering GAL	Beskrivning av utvalt material
27	1685	fallslagglager	536	1685		Slagg	Slagg	Fällslagg	>10	968	Starkt magnetisk	Mestadels oregelbundna, rostfärgade starkt magnetiska klumpar; antingen slagg med metall eller metall med slagg. Fem stycken är platta, med en slät yta (kurvatur?) och motstående något mer oregelbunden, ca 10-15 mm tjocka.	En oregelbunden klump har stor andel metalliskt järn i kärnan, en del hålrum men endast lite slagg. Ett av de plana styckena är mest slagg med strimma av svampigt metalliskt järn ansamlat mot den planare sidan.
30	585	Rödjordsomr	536	585						895	Svagt magnetisk	Ljust rödbrunt, finkornigt material. Smetigt.	Smetigt finkornigt material, en del är starkt magnetiskt. I stereolupp: finkornigt rött material täcker yta på (kvarts)kom. Vid rostning: mörknar och övergår till grått. Vid avsvalning åtgerär något till rött, men en stor andel kvar i grått . I stereolupp efter rostning: tydlig separation mellan finkornigt magnetiskt material och större kvartskorn.
57	536	slaggvarp	536	536	57A	Slagg	Slagg	Bottenslagg	4	791	Svagt magnetisk	Med sand fastsmält på bottenyta. En bit troligen nära tappningsränna.	
57	536	slaggvarp	536	536	57B	Slagg	Slagg	Tappslagg	5	331	Svagt magnetisk	Delar av bottenslagger, med sandig bottenyta. Täta i nedre delen, enstaka större porer i övre delar.	
57	536	slaggvarp	536	536	57C	Bränd lera	Infodring		2	83	Omagnetisk	Rödbränd resp gråbränd med smält insida, delvis med slaggskikt.	
58	536	slaggvarp	536	536	58A	Slagg	Slagg	Bottenslagg	3	128	Omagnetisk		
58	536	slaggvarp	536	536	58B	Slagg	Slagg	Tappslagg	>10	1075	Svagt magnetisk	Delar av större och mindre bottenslagger, med sandig bottenyta. Täta i nedre delen, enstaka större porer i övre delar. Någon från övergång till bottenslagg, andra på större avstånd.	
14	516	fallslagglager	548	516		Slagg	Slagg	Fällslagg	>10	658	Starkt magnetisk	Mestadels oregelbundna, rostfärgade starkt magnetiska klumpar; antingen slagg med metall eller metall med slagg. Några har svagare magnetism.	En oregelbunden klump har stor andel metalliskt järn i kärnan, en del hålrum och slagg. Ett av de plana styckena är mest slagg med strimma av svampigt metalliskt järn ansamlat centralt i tvärsnittet.
28	516	fallslagglager	548	516		Slagg	Slagg	Fällslagg	>10	566	Starkt magnetisk	Mestadels oregelbundna, rostfärgade starkt magnetiska klumpar; antingen slagg med metall eller metall med slagg. Någon enstaka är tunnare, med en eller två motstående plana sidor, ca 8 mm tjock.	En oregelbunden klump har stor andel metalliskt järn i kärnan, en del hålrum men endast lite slagg. Ett av de plana styckena är mest slagg med små ansamlingar av svampigt metalliskt järn här och var.
29	592	Rödjordsomr	548	592						451	Starkt magnetisk	Rostbrunt, finkornigt. Smetigt.	Smetigt finkornigt material, en del är starkt magnetiskt. I stereolupp: finkornigt rött material täcker yta på (kvarts)kom. Vid rostning: mörknar och övergår till grått. Vid avsvalning åtgerär något, men en stor andel kvar i grått . I stereolupp efter rostning: tydlig separation mellan finkornigt magnetiskt material och större kvartskorn.
50	1349	Slagg in situ	548	102		Slagg	Slagg	Tappslagg	>10	890	Svagt magnetisk	Delar av tappslagger, täta i nedre delen, ofta grovporig i övre. Varierande i storlek från 60 mm breda o 25 mm tjocka ner till 10x5 mm. Sand i botten.	I tvärsnitt: Homogen slagg; nedre halvan tät, något porösare i övre delen. Sporadiskt tunt sandskikt längs bottenytan.
45	1319	slaggrop	548	102		Slagg	Slagg	Tappslagg	>10	424	Svagt magnetisk	Delar av tappslagger, täta i nedre delen, ofta grovporig i övre. Mestadels rel tunna, max 15 mm. Sand i botten.	
52	1319	slaggrop	548	102		Slagg	Slagg	Tappslagg	>10	475	Svagt magnetisk	Delar av många små tappslagger, varav flera uppbyggda av flera tunna flöden; även enstaka tunna flöden, <5 mm. Sand i botten. Vanligen plan bottenyta (avviker från rännformad).	
59	548	slaggvarp	548	548	59A	Slagg	Slagg	Bottenslagg	3	436	Magnetisk	En med inslag av metall i kanten, en annan mot botten/vägg.	
59	548	slaggvarp	548	548	59B	Slagg	Slagg	Tappslagg	>10	567	Svagt magnetisk	Delar av tappslagger, varierande storlek, max tjocklek 35 mm. Sand i botten.	
59	548	slaggvarp	548	548	59C	Bränd lera	Infodring		4	17		Rödbränd lera med smält insida, varierande tjocklek.	
60	548	slaggvarp	548	548	60A	Slagg	Slagg	Bottenslagg	3	69	Magnetisk	Varav ett stycke starkare magetiskt med troligt metallinnehåll.	
60	548	slaggvarp	548	548	60B	Slagg	Slagg	Tappslagg	>10	1026	Svagt magnetisk	Delar av tappslagger, varav en nära uttappningen med kontakt med trögfluten slagg. Max 60 mm bred, 35 mm tjock. Sand i botten.	
35	101	ugn	548	101		Bränd lera	Infodring		>10	140	Svagt magnetisk	Bränd lera (röd/grå), med smält insida (med slaggskikt), tjocklek ca 5, någon upp mot 10 mm.	
37	101	ugn	548	101		Bränd lera	Blästermunstycke		1	78	Magnetisk	Ljust rödbränd lera, fin. Del av hål, ca 30 mm i diameter. Med mycket slagg på insidan.	
39	101	ugn	548	101		Bränd lera	Blästermunstycke		5	70	Magnetisk	Ljust rödbrändlera, fin. Del av hål, ca 30 mm i diameter. Med mycket slagg på insidan. Två bitar enbart slagg; men alla har passning.	
41	101	ugn	548	101		Slagg	Slagg	Tappslagg	6	254	Svagt magnetisk	Delar av tappslagger, sandig botten. Tät i nedre delar, grovporig i övre.	I tvärsnitt: Mestadels tät, homogen slagg; mot övre delen fätal riktigt stora hålrum. Bottenytan täckt av sandigt lager, sporadiskt sand även på överytan.
46	101	ugn	548	101	46A	Slagg	Slagg	Tappslagg	2	78		Delar av tappslagger, sandig botten. Tät i nedre delar, grovporig i övre.	
46	101	ugn	548	101	46B	Bränd lera	Infodring		7	61		Bränd lera,med smält insida. De flesta ca 5 mm tjocka, någon 15 mm tjock.	
47	101	ugn	548	101	47A	Slagg	Slagg	Bottenslagg	7	265	Omagnetisk	Delar av bottenslagg, några med sandig botten.	
47	101	ugn	548	101	47B	Slagg	Slagg		1	16	Omagnetisk	Ev del av bottenslagg med stearinslaggsliknande form snarare än tappslagg.	
48	101	ugn	548	101		Slagg	Slagg	Tappslagg	>10	376		Delar av tappslagger, varav några (med passning) nära uttappningen med kontakt med trögfluten slagg. Flera med ripples på överytan. Sand i botten.	
49	101	ugn	548	101	49A	Slagg	Slagg	Bottenslagg	1	26	Magnetisk	Ställvis rostig, kraftigt magnetisk, sannolikt med metall.	
49	101	ugn	548	101	49B	Slagg	Slagg	Tappslagg	3	16	Svagt magnetisk	Delar av tappslagger. Sand i botten. Täta i nedre delen, grovporiga i övre.	
49	101	ugn	548	101	49C	Bränd lera	Infodring		4	17		Bränd och mestadels smält lera, ca 15 mm tjock. Med slagg (Magnetisk) på insidan).	
51	102	ugn	548	102	51A	Slagg	Slagg	Tappslagg	2	258	Svagt magnetisk	Tjockare tapplsagger, sand i botten. Mestadels tät, men enstaka större porer nära överytan.	
51	102	ugn	548	102	51B	Bränd lera	Ugnsvägg		2	98		Grå-rödbränd lera, relativt grov (magrad?), med slagg på insidan, ca 35 mm tjocka.	
56	105	ugn	548	105	56A	Slagg	Slagg	Tappslagg	10	567	Svagt magnetisk	Delar av tappslagger, mestadels täta i nedre delen, något grövre porer i övre. Flera med sandig botten. Enstaka eller flera pålagrade slaggsträngar.	
56	105	ugn	548	105	56B	Bränd lera	Infodring		6	101		Bränd lera (grov), med smält insida utan slaggskikt. Tjocklek ca 7-10 mm.	
61	105	ugn	548	105		Slagg	Slagg	Bottenslagg	1	3650		Bottenslagg, i det närmaste komplett. 220 mm bred, 230 mm lång+ 40 mm del av uttappning (där ca 60 mm bred). Tjocklek vanligen ca 70 mm, men centralt en extra fördjupning i botten till drygt 90 mm. Skålformad botten och överyta. Bottensidan med sand/grus/sten och enstaka kolavtryck. Överytan rostbrun och något fluten, mestadels omagnetisk.	Tvärsnitt genom bottenslaggen nära uttappningen: skiktad slagg med bottenskikt av homogen slagg, därefter skikt med slagg blandat med sten, bränd lera och mycket hålrum, överst ett skikt med homogen slagg som dock är porösare än i nedre delen. Längdsnitt från tvärsnittet ut i tappslaggen visar samma uppbyggnad. Prov taget genom tappslaggen i direkt anslutning till bottenslaggen; homogen slagg, tämligen tät men lokalt mer porer. Sandigt bottenskikt, och sporadiskt längs överytan.
15	909	Rödjordsomr		909						785	Starkt magnetisk	Roströdbrunt, finkornigt. Rejält smetigt.	Rejält smetigt finkornigt material, starkt magnetiskt. I stereolupp: finkornigt rött material täcker yta på (kvarts)kom. Vid rostning: mörknar och övergår till grått. Vid avsvalning åtgerär till rödbrun (något ljusare) nyans. I stereolupp efter rostning: tydlig separation mellan finkornigt magnetiskt material och större kvartskorn.

Bilaga 3. Rådata kemisk analys av slagg och malm

Varp		**536/548**	**548**	**548**	**548**	**536**	**548**
Objekt		**909**	**592**	**101**	**102**	**103**	**105**
Provnummer		***P15***	***P29***	***P41***	***P50***	***P54B***	***P61***
Provtyp		**malm**	**malm**	**slagg**	**slagg**	**slagg**	**slagg**
SiO_2	%	61,3	73,6	15,05	22,9	14,25	29,3
Al_2O_3	%	5,89	7,80	2,20	4,57	1,97	4,21
Fe_2O_3	%	22,4	8,00	82,7	69,9	79,8	66,6
CaO	%	0,53	0,57	3,88	4,00	6,78	2,68
MgO	%	0,23	0,32	0,41	0,68	0,48	0,64
Na_2O	%	1,05	1,44	0,30	0,43	0,33	0,66
K_2O	%	1,67	2,20	0,55	1,55	0,63	1,24
Cr_2O_3	%	0,005	0,005	0,005	0,006	0,003	0,004
TiO_2	%	0,20	0,23	0,08	0,11	0,07	0,13
MnO	%	0,34	0,16	1,17	2,63	2,36	0,40
P_2O_5	%	0,12	0,07	0,62	1,08	0,29	0,48
SrO	%	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
BaO	%	0,06	0,06	0,07	0,37	0,10	0,07
C	%	1,99	2,45	0,05	0,03	0,15	0,05
S	%	0,02	0,02	0,15	0,10	0,10	0,07
LOI	%	5,97	6,76	-6,51	-6,27	-7,21	-5,95
Total	%	99,77	101,22	100,53	101,96	99,85	100,46
Ba	ppm	505	532	629	2950	800	586
Ce	ppm	24,4	26,7	16,0	53,7	11,6	28,9
Cr	ppm	10	10	10	20	10	10
Cs	ppm	1,06	1,38	0,38	0,40	0,41	0,71
Dy	ppm	1,86	2,12	1,50	6,86	1,17	2,50
Er	ppm	1,21	1,29	1,16	4,69	0,76	1,48
Eu	ppm	0,42	0,44	0,29	1,23	0,22	0,43
Ga	ppm	8,0	10,8	4,5	6,6	5,8	4,2
Gd	ppm	1,75	1,71	1,49	7,09	1,05	2,30
Hf	ppm	5,8	5,8	1,5	2,4	1,4	2,8
Ho	ppm	0,43	0,45	0,37	1,55	0,24	0,54
La	ppm	12,1	13,2	7,10	22,5	5,80	12,2
Lu	ppm	0,21	0,20	0,18	0,74	0,14	0,24
Nb	ppm	4,8	5,5	2,2	3,1	1,9	3,7
Nd	ppm	10,3	10,4	7,30	28,7	5,20	11,6
Pr	ppm	2,63	2,89	1,80	6,55	1,25	3,04
Rb	ppm	49,4	65,5	16,6	30,6	16,9	37,4
Sm	ppm	1,89	1,81	1,42	5,91	1,08	2,18
Sn	ppm	1	1	<1	1	<1	1
Sr	ppm	75,4	98,1	88,2	148,5	119,5	119,5
Ta	ppm	0,4	0,8	0,2	0,2	0,1	0,2
Tb	ppm	0,31	0,30	0,25	1,08	0,17	0,38
Th	ppm	3,66	4,26	2,9	5,0	2,18	4,43
Tm	ppm	0,2	0,20	0,17	0,65	0,10	0,22
U	ppm	5,24	1,55	1,47	98,7	0,96	1,63
V	ppm	24	27	24	25	15	23
W	ppm	2	3	1	2	1	<1
Y	ppm	12,3	11,9	10,2	53,0	6,50	14,2
Yb	ppm	1,32	1,36	1,17	4,47	0,77	1,62
Zr	ppm	215	228	54	93	49	99
As	ppm	3,9	2,2	1,1	0,4	0,6	0,4
Bi	ppm	0,09	0,09	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Hg	ppm	0,052	0,044	<0,005	<0,005	<0,005	0,006
Sb	ppm	0,42	0,41	0,26	0,21	0,20	0,21
Se	ppm	0,5	0,3	0,8	1,3	0,3	0,5
Te	ppm	0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Tl	ppm	0,12	0,11	0,03	0,02	0,02	0,05
Ag	ppm	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	0,7	<0,5
Cd	ppm	0,6	0,5	0,8	<0,5	1,8	1
Co	ppm	4	4	<1	<1	<1	<1
Cu	ppm	7	7	4	8	11	10
Li	ppm	10	20	10	10	10	10
Mo	ppm	4	1	1	14	<1	<1
Ni	ppm	6	5	7	5	2	3
Pb	ppm	13	22	<2	<2	9	<2
Sc	ppm	3	3	2	4	2	3
Zn	ppm	56	42	13	15	18	17
Ge	ppm	<5	<5	<5	<5	<5	<5
In	ppm	0,015	0,017	0,006	<0,005	0,006	0,007
Re	ppm	<0,001	<0,001	0,001	0,002	<0,001	0,001

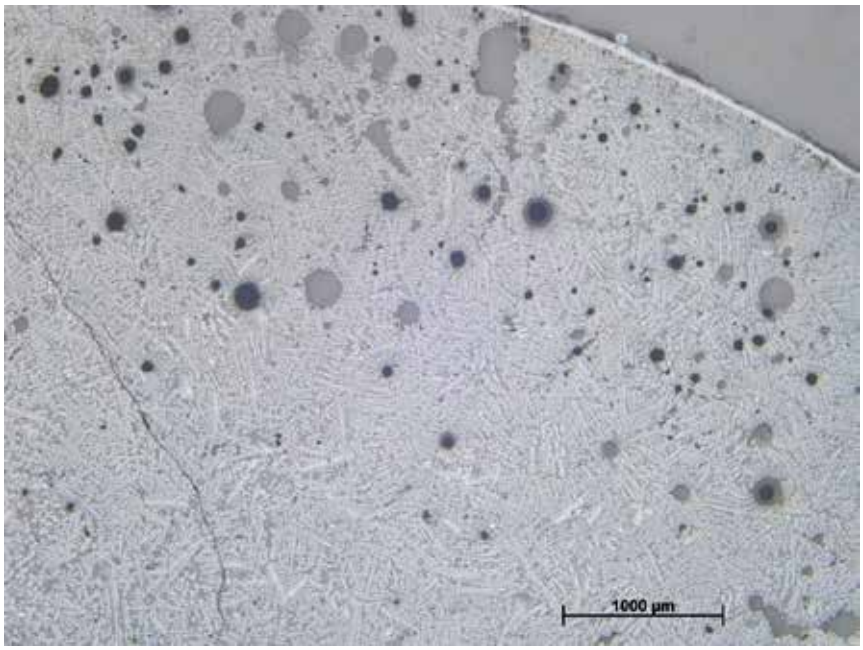
Bilaga 4. Analys av slagg och metall i mikroskop.

Prov 41 (ugn A101)

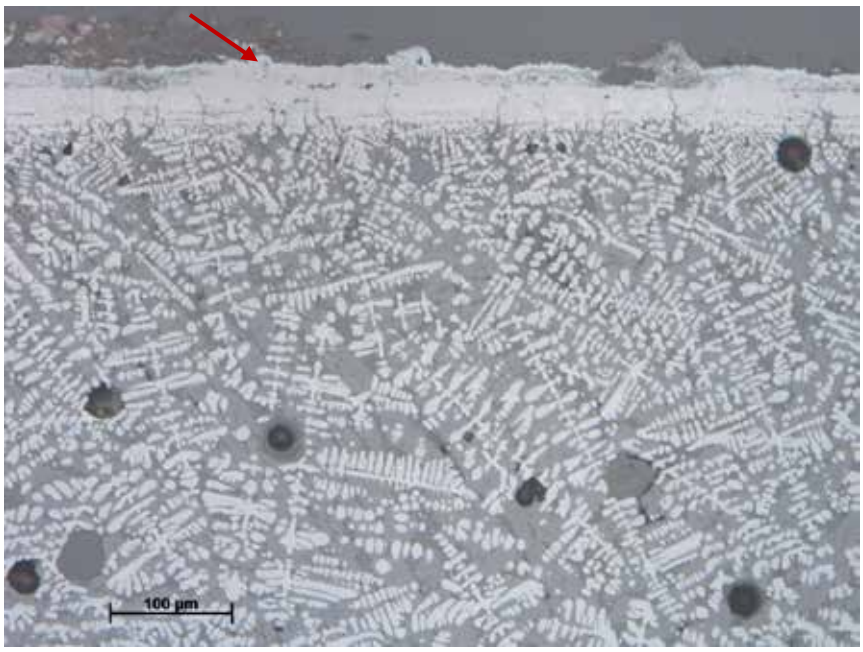
Del av tappslagg med sandig botten. Slaggen är tät i nedre delar, grovporig i övre. I tvärsnitt ses en mestadels tät, homogen slagg; mot övre delen dock ett fåtal riktigt stora hålrum (Fig. 4:1). Bottenytan är täckt av sandigt lager; sporadiskt finns sand även på överytan.

I mikroskop framträder en mestadels homogen fin-medelkornig slagg i ett större slaggflöde. Den är något grövre i centrala delar och finkornigare mot ytterkanterna där den svalnat fortare. Slaggen domineras av dendritiskt formad wüstit (järnoxid) som är omgiven av olivin och glas i mindre mängd (Fig. 4:2). Sporadiskt förekommer små droppar av metalliskt järn. Överytan täcks av ett tunt lager av komplext sammansatta järnoxider (Fig. 4:3), bl.a. magnetit som visar att slaggen är stelnad utanför ugnen i oxiderande miljö (med tillgång till syre). Närmast överytan är wüstiten också komplext uppbyggd med magnetitinslag. Längs bottenytan, och sporadiskt längs överkanten ses det sandskikt som observerats också med blotta ögat. Sanden utgörs främst av kvartskorn som är fastsmälta på slaggens yta. Slaggen har tappats ut i en ränna i sand där sand i rännans kanter sannolikt har fallit in över slaggen när den runnit fram.

Figur 4:1. Tappslagg prov 41 från ugn A101, delat snitt som har analyserats.



Figur 4:2. Tappslagg prov 41. Foto från mikroskopet. Översikt på slaggen som domineras av ljus wüstit. Grå områden är olivin (ljusare grå) och glas (mörkare grå). Enstaka vita fläckar är metalliskt järn. Överst till höger ses en tunn ljus kant av komplexa järnoxider (se nästa figur). Runda, flammigt grå och svarta fläckar är porer.

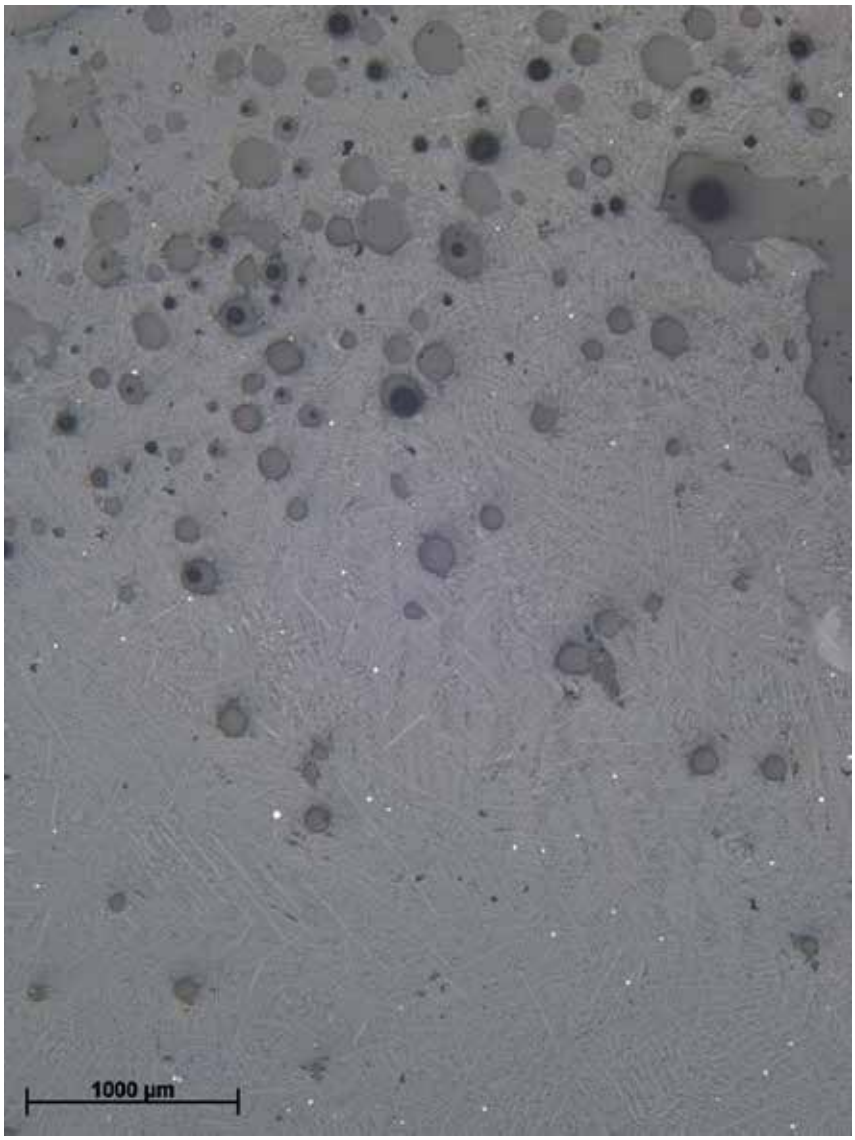


Figur 4:3. Tappslagg prov 41. Foto från mikroskopet. Detalj på överkanten (pilen) med en tunn ljus kant av komplexa järnoxider (flera ljust grå nyanser).

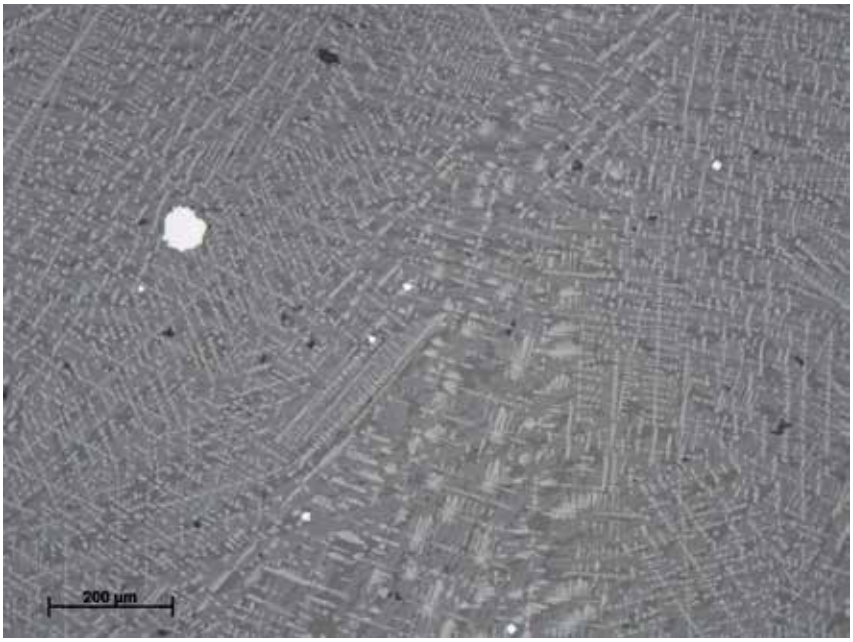
Prov 50 (ugn A102)
Del av tappslagg. Slaggen är tät i nedre delen, ofta grovporig i övre. Sand förekommer på bottenytan. I tvärsnitt ses en homogen slagg där nedre halvan är tät, och övre delen något porösare (Fig. 4:4). Sporadiskt finns ett tunt sandskikt längs bottenytan.

I mikroskop framträder också den struktur som observerats okulärt med en homogent uppbyggd slagg med något tätare nedre del och porösa övre del. Slaggen är generellt tämligen finkornig; allra finkornigast i ytterkanten där den svalnat fortare än i mer centrala delar. Den domineras av långsmala olivinlameller med en mellanliggande glasfas och långsmala dendritiskt formad wüstit i mindre mängd. Små droppar av metalliskt järn förekommer genom i hela snittet i små mängder(Fig. 4:5–6). Sporadiskt längs överytan finns en extremt tunn kantzon av flera järnoxider (betydlig tunnare och mindre markant än i prov 41). Dessutom förekommer magnetit i direkt anslutning till denna zon (Fig. 4:7), istället för wüstit, som tecken på avsalning i syrerik miljö utanför ugnen.

Figur 4:4. Tappslagg prov 50 från ugn A102, delat snitt som har analyserats.



Figur 4:5. Tappslagg prov 50. Foto från mikroskopet. Översikt på slaggen som domineras av olivin (ljusare grå) med en glasfas (mörkare grå) och ljus, dendritiskt formad wüstit (se även nästa figur för tydligare skillnader mellan faserna). Enstaka vita fläckar är metalliskt järn. Runda, flammigt grå och svarta fläckar är porer som förekommer rikligare i övre delen.



Figur 4:6. Tappslagg prov 50. Foto från mikroskopet. Detalj från centrala delar som tydligare visar olivin (ljusare grå) med en glasfas (mörkare grå) och ljus, dendritiskt formad wüstit. Vita fläckar är metalliskt järn.

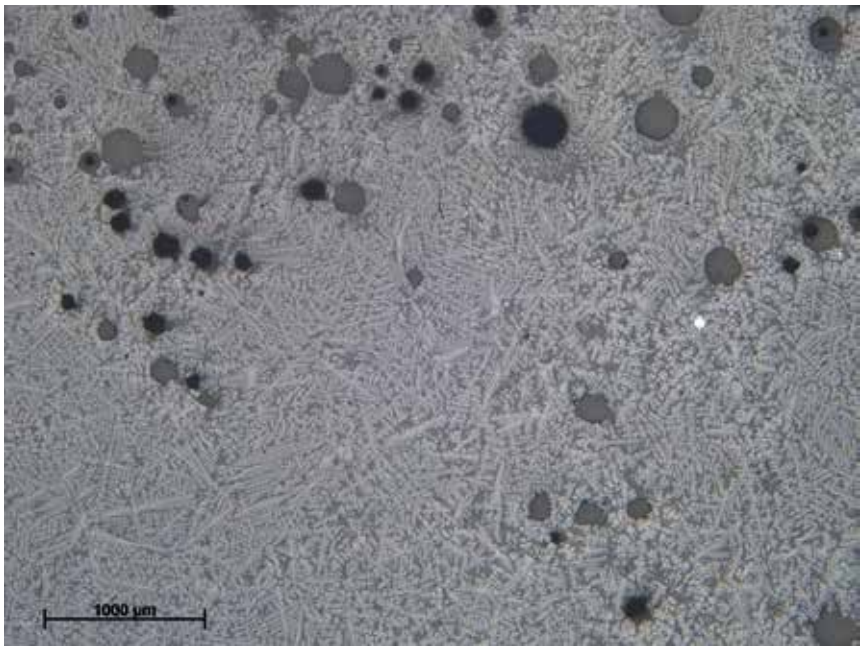
Figur 4:7. Tappslagg prov 50. Foto från mikroskopet. Detalj på överkanten med en tunn ljus kant av komplexa järnoxider (pilen) och kantiga magnetitkristaller direkt under denna zon (exempel i ringen).

Prov 54B (ugn A103)

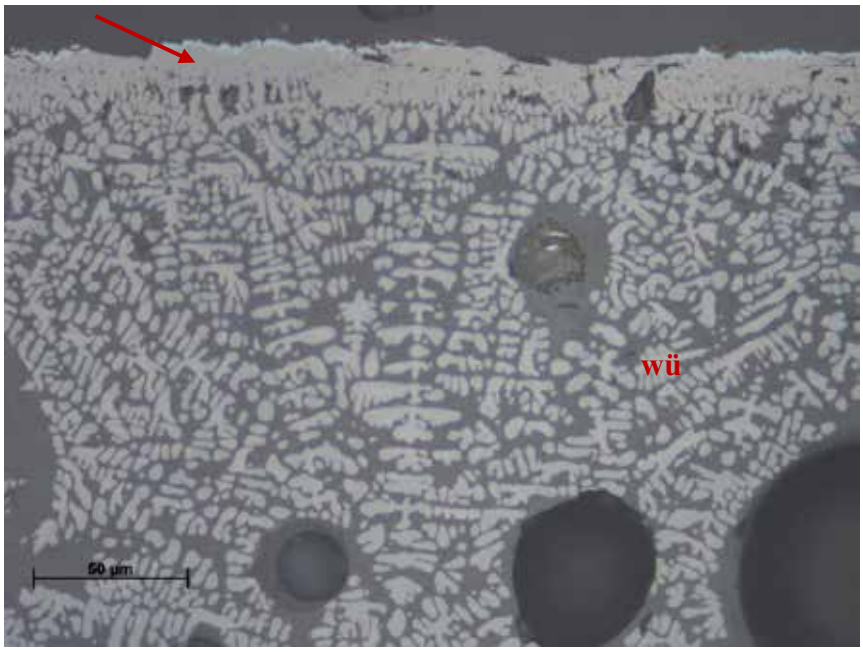
Del av tappslagg. Slaggen har svagt magnetisk överyta och sand i botten. I tvärsnitt ses en homogen slagg som mestadels är tät, något porösare i övre delen och centralt även enstaka betydligt större porer (Fig. 4:8). Ett tunt sandskikt finns längs hela bottenytan.

I mikroskop framträder en mestadels homogen fin-medelkornig slagg i ett större slaggflöde och några mindre flöden. Slaggen är något grövre i centrala delar och finkornigare mot ytterkanterna där den svalnat fortare. Den domineras av dendritiskt formad wüstit (järnoxid) som är omgiven av en glasfas (Fig. 4:9). Olivin förekommer främst nära den sandiga bottenytan i form av något grövre kristaller (Fig. 4:11). Droppar och dendritiska ansamlingar av metalliskt järn förekommer här och var. Överytan täcks av ett tunt lager av komplext sammansatta järnoxider (Fig. 4:10), bl.a. magnetit som visar att slaggen är stelnad utanför ugnen i oxiderande miljö (med tillgång till syre). Närmast överytan är wüstiten också komplext uppbyggd med magnetitinslag. Längs bottenytan, och sporadiskt längs överkanten ses det sandskikt som kan observeras också med blotta ögat. Sanden utgörs av bl.a. kvarts- och fältspatkorn som delvis är insmälta i slagg (Fig. 4:11).

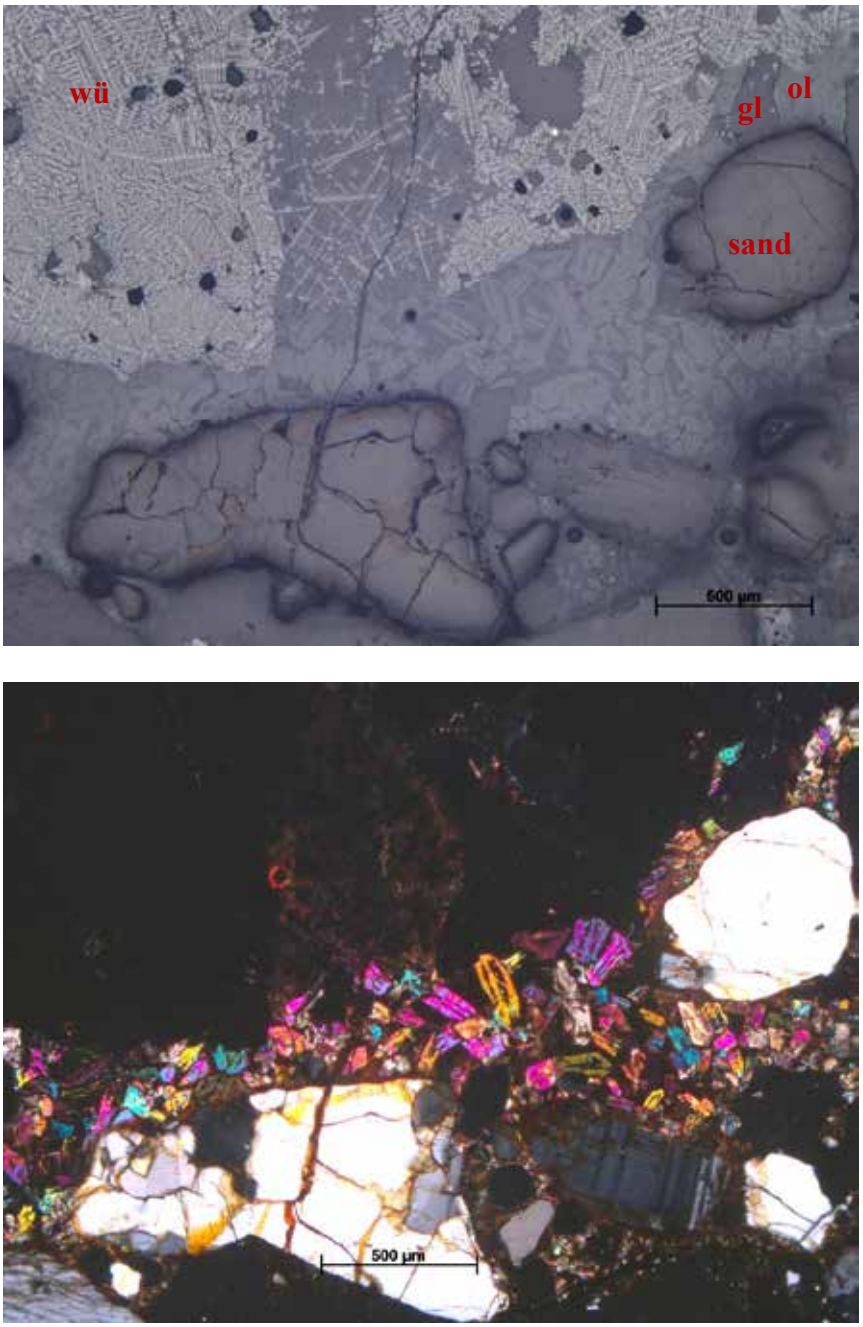
Figur 4:8. Tappslagg prov 54B från ugn A103, delat snitt som har analyserats.



Figur 4:9. Tappslagg prov 54B. Foto från mikroskopet. Översikt på slaggens centrala delar som domineras av ljus wüstit. Grå områden är glas (mörkare grå). Enstaka vita fläckar är metalliskt järn. Runda, flammigt grå och svarta fläckar är porer, rikligare i antal i övre delen.



Figur 4:10. Tappslagg prov 54B. Foto från mikroskopet. Detalj på överkanten med en tunn ljus kant av komplexa järnoxider (pilen). Därunder komplext sammansatt wüstit (wü) omgivet av en glasfas (grå).

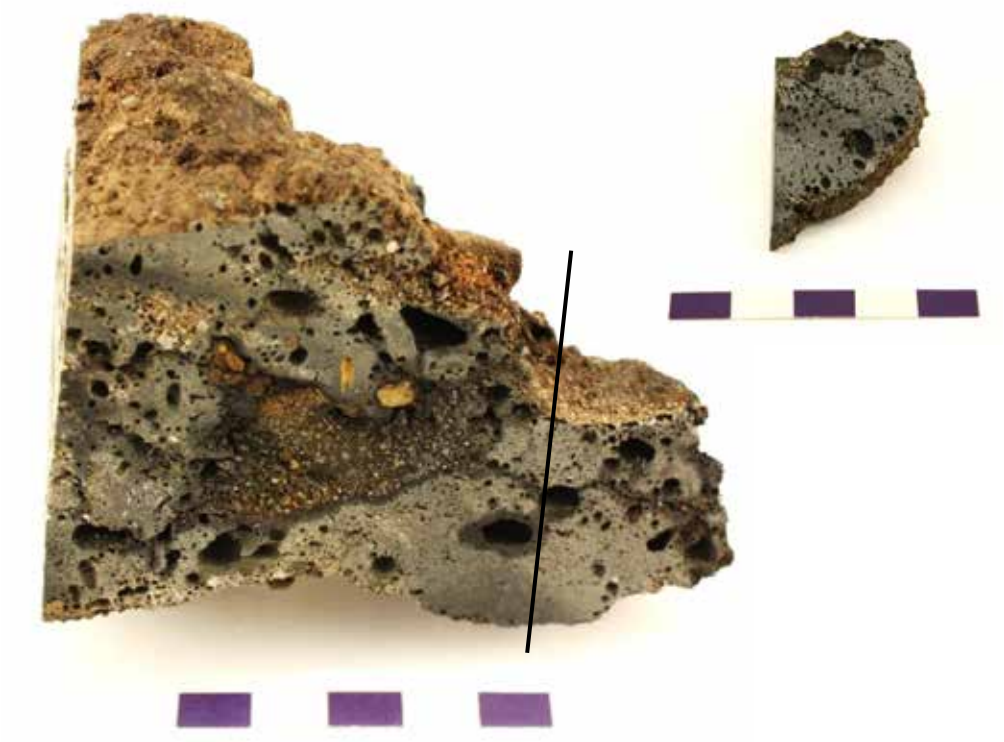


Figur 4:11. Tappslagg prov 54B. Foto från mikroskopet. Detalj på bottenytan där kvarts- och fältspatkorn från en sandig bottenyta är delvis insmälta i slaggen. Övre bilden i påfallande belysning som visar olivinkristaller (ljust grå; ol) och en glasfas (mörkare grå; gl). Högre upp ses också wüstit (ljusa dendritiska former; wü) som dominerar i resten av slaggen. Nedre bilden visar samma utsnitt i genomfallande belysning, korsade nikoller där olivinkristallerna ses i flera klara färger och kvartskornen i ljusa och grå nyanser. Ett fältspatkorn med gråsvarta ränder ses i nedre högra delen.

Prov 61 (ugn A105)
Bottenslagg, i det närmaste komplett. 220 mm bred, 230 mm lång samt en 40 mm lång del av uttappning (som är ca 60 mm bred). Tjockleken är vanligen ca 70 mm, men centralt finns en extra fördjupning i botten till drygt 90 mm. Skålformad botten och överyta. På bottensidan finns sand/grus/sten och enstaka kolavtryck. Överytan är rostbrun och något fluten, mestadels omagnetisk.

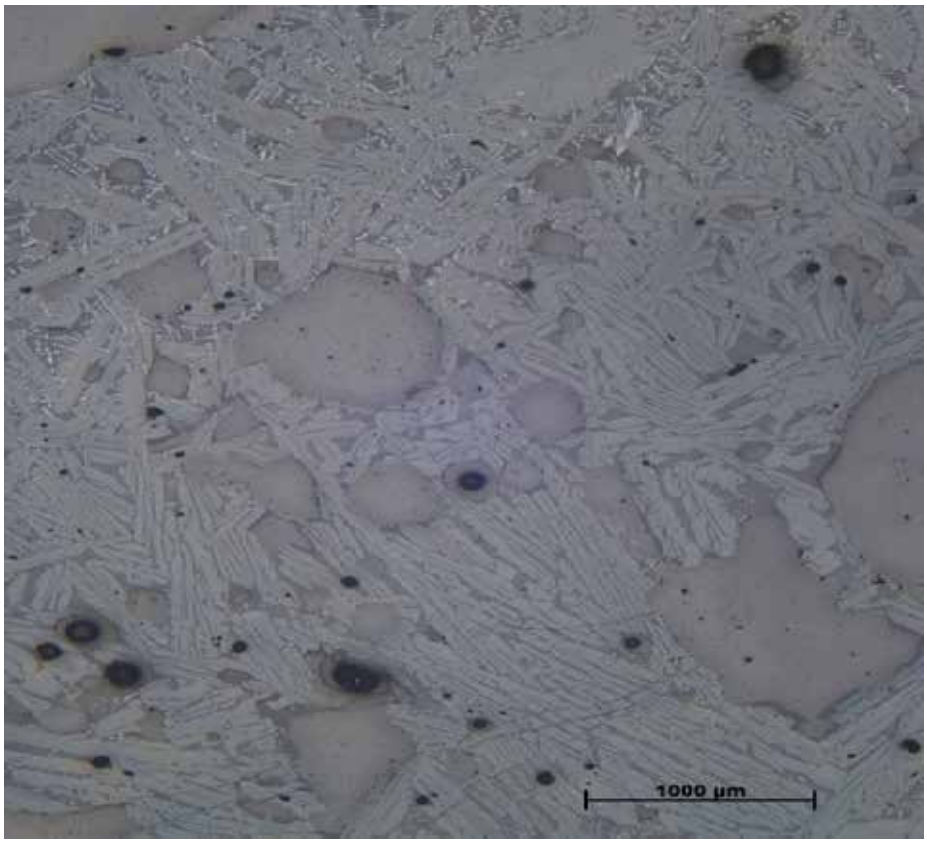
Ett tvärsnitt genom bottenslaggen nära uttappningen visar en skiktad slagg med bottenskikt av homogen slagg, därefter skikt med slagg blandat med sten, bränd lera och mycket hålrum, samt överst ett skikt med homogen slagg som dock är porösare än i nedre delen (Fig. 4:12). Ett längdsnitt från tvärsnittet ut i tappslaggen visar samma uppbyggnad (Fig. 4:13). Prov taget genom tappslaggen i direkt anslutning till bottenslaggen; homogen slagg, tämligen tät men lokalt mer porer. Sandigt bottenskikt, och sporadiskt längs överytan.

Figur 4:12. Bottenslagg, prov 61, från ugn A105. Tvärsnitt i anslutning till uttappning (inåt i bilden) som visar en skiktad uppbyggnad. Längdsnittet i nästa figur är gjort som schematiskt visas av linjen.

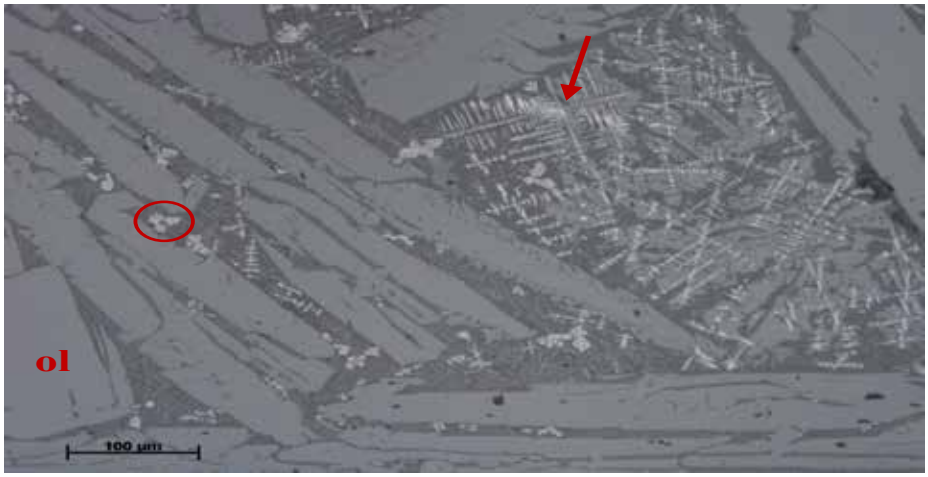


Figur 4:13. Bottenslagg vid övergång till tappslagg, prov 61, från ugn A105, längdsnitt nära tappningen (åt höger) och längs linjen det delade tvärsnitt som har analyserats.

I mikroskop ses en mestadels homogent uppbyggd slagg dominerad av ett större slaggflöde. Slaggen är genomgående grovkornigare än de andra analyserade slaggerna och har stelnat långsammare. Den är dock något finkornigare i ytterkanterna än mer centralt. Den domineras av olivinkristaller med en mellanliggande glasfas i mindre mängd (Fig. 4:14). Dendritisk wüstit finns mestadels endast i en mycket finkornig mellanmassa mellan olivinkristallerna; i vissa områden dock i något större mängd och grovkornigare. Tillsammans med wüstiten i mellanmassan förekommer också magnetitkristaller i en del områden (Fig. 4:15). Metalliskt järn förekommer endast i liten omfattning som enstaka små droppar. Längs ytterkanter, såväl i botten- som överyta, finns inslag av kvartskorn fastsmälta på slaggen.



Figur 4:14. Slagg prov 61, övergång från botten- till tappslagg. Foto från mikroskopet. Översikt. Genomgående dominerar ljust grå olivinkristaller med en mörkare grå mellanliggande glasfas. I övre delen ses också finkorniga ljusa dendriter av wüstit. Runda, flammigt grå och svarta fläckar är porer.



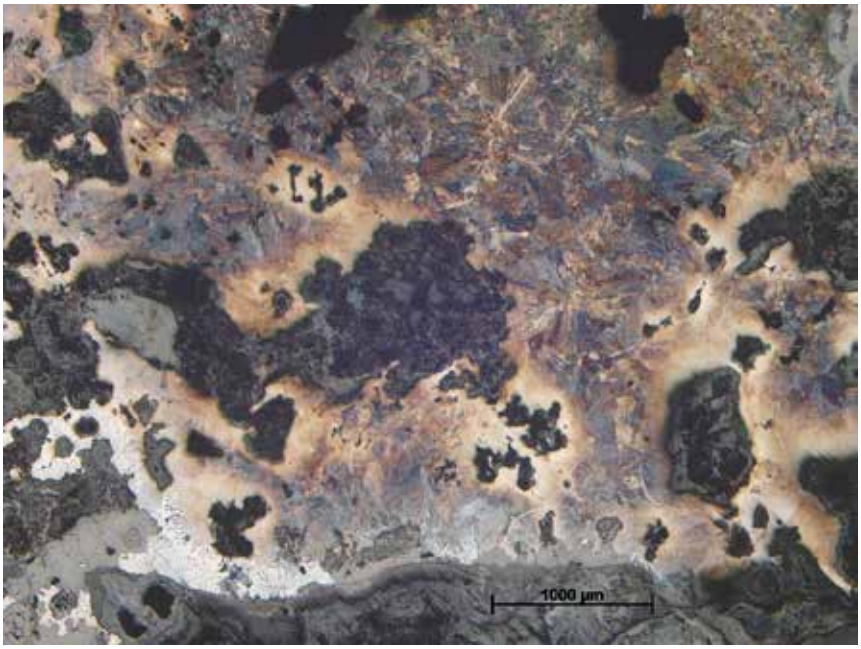
Figur 4:15. Slagg prov 61. Foto från mikroskopet. Detalj från centrala delar som visar de grovkorniga olivinkristallerna (ljust grå; ol) men framför allt de båda järnoxiderna wüstit (tunna ljusa dendritiska former; pilen) och magnetit (ljusa, något större och kantigare kristaller; ringen).

Prov 14 (fällstensområde A516, till varp A548)
Mestadels oregelbundna, rostfärgade starkt magnetiska klumpar; antingen slagg med metall eller metall med slagg. Några har svagare magnetism. En oregelbunden klump har stor andel metalliskt järn i kärnan, en del hålrum och slagg (Fig. 4:16). Ett av de plana styckena är mest slagg med strimma av svampigt metalliskt järn ansamlat centralt i tvärsnittet (Fig. 4:16).

Figur 4:16. Fällslagg prov 14, delat snitt som har analyserats. Överst det oregelbundna stycket, nederst det planare.

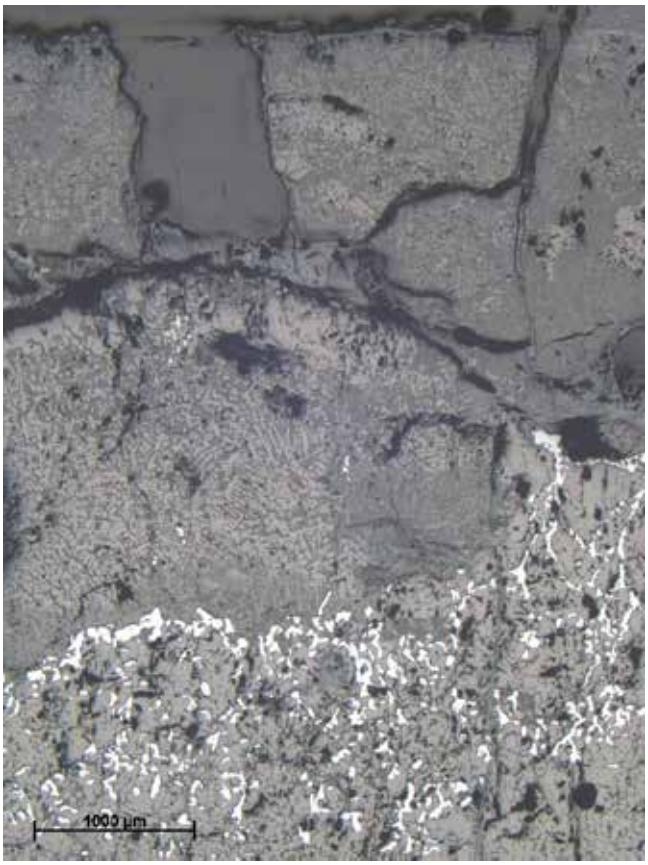
I mikroskop kan man se att det *oregelbundna* stycket huvudsakligen utgörs av metalliskt järn. Detta är mestadels tätt, med endast en del hålrum. Egentliga slagginneslutningar kan inte observeras men en del ytor av korroderat järn har en kantzon av järnoxid mot det metalliska järnet. I yttre delar finns områden där järnet snarare utgör svampiga ansamlingar i slagg som består av en glasfas och finkornig wüstit. Runt metallen finns främst korrosion.

Efter etsning (Fig. 4:17) framträder en grovkornig textur av nästan enbart perlit, lokalt med cementit i sub-korngränser, dvs. stål med tämligen hög kolhalt. Längs yttre delar är kolhalten något lägre där ferrit förekommer i kornkontakterna.

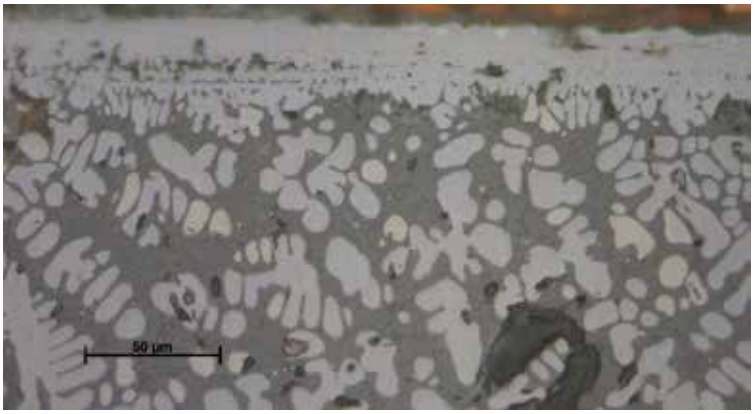


Figur 4:17. Prov 14, oregelbundna stycket. Foto från mikroskopet. Översikt på etsat prov som visar att metallen huvudsakligen är perlit, dvs. med hög kolhalt (brunblå ytor). I nedre kanten finns en kant där ferrit (vita ytor) förekommer tillsammans med perlit. Grå och svarta fläckar är rost och hålrum.

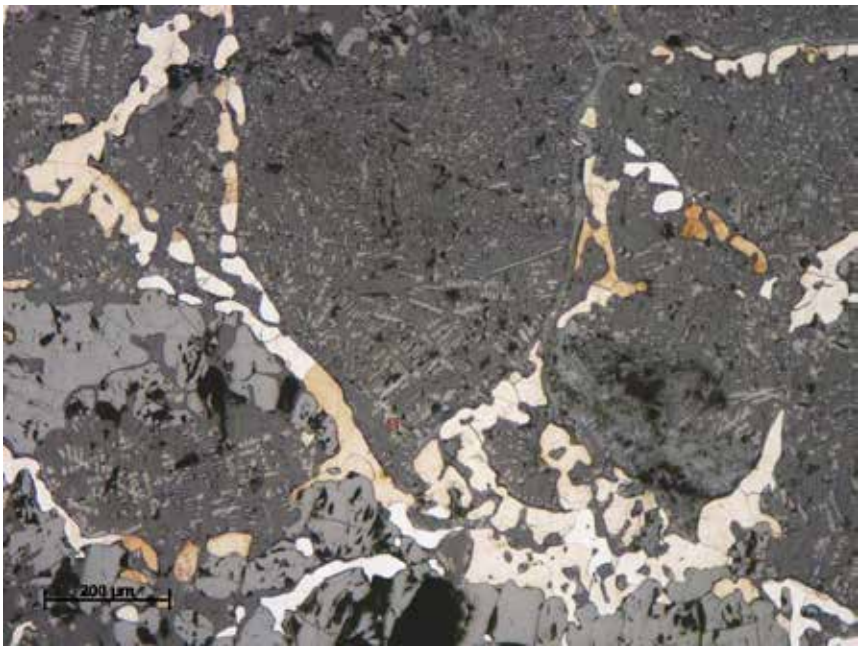
Det *planare* stycket uppvisar en något skiktvis uppbyggnad även i mikroskop. Centralt finns grovkornig wüstit omgivet av en glasfas och med svampiga ansamlingar av metalliskt järn (Fig. 4:18). Mängden järn avtar mot båda långsidorna på tvärsnittet. Den grovkorniga wüstiten dominerar längs den långsida som vetter mot styckets något knöligare sida. Mot den planare, slätare ytterkanten, avtar dock kornstorleken, mängden wüstit minskar och mängden glas ökar. I detta område finns också olivinkristaller och små droppar av metalliskt järn. Allra närmast kanten finns ett tunt stråk av komplext uppbygga järnoxider; sannolikt både wüstit och magnetit (Fig. 4:19). I de yttre områdena är även den dendritiska wüstiten komplex i sin sammansättning, med en trolig magnetitkomponent. Styckets magnetism är dock mestadels beroende på metallinnehållet. Etsning av provet visar att det svampiga järnet genomgående är ferritiskt, dvs. kolfritt (Fig. 4:20). Vid etsningen framträder dessutom en textur med lameller i wüstiten i ytterkanten som visar att den innehåller magnetit (Fig. 4:21).



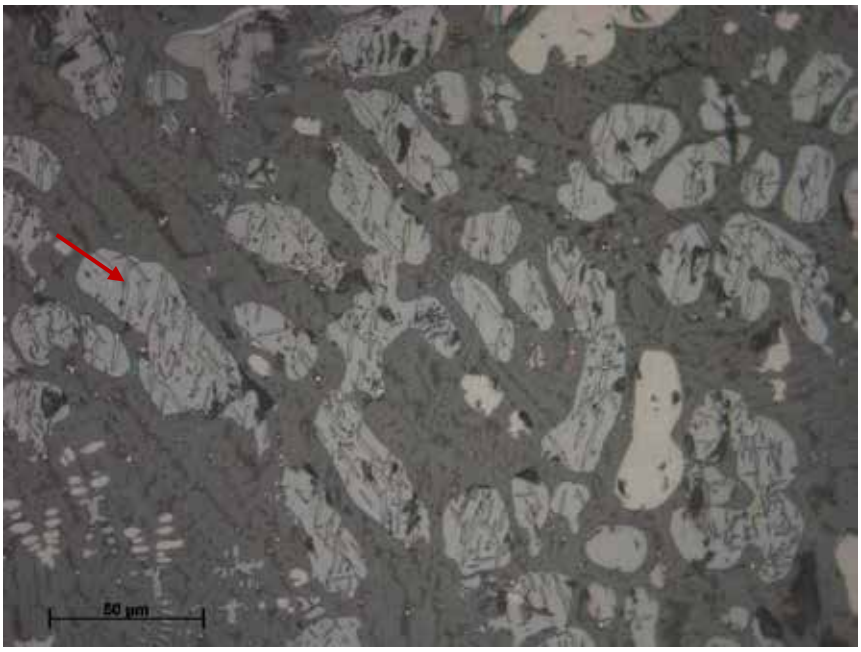
Figur 4:18. Prov 14, plana stycket. Foto från mikroskopet som visar översikt från centrala delar av tvärsnittet i nedre delen av bilden med wüstit (ljus) och metalliskt järn (vitt). Wüstiten minskar i kornstorlek och mängd uppåt i bilden mot den plana långsidan som kantas av en tunn strimma av järnoxid (se detalj i nästa figur).



Figur 4:19. Prov 14, plana stycket. Foto från mikroskopet. Detalj från föregående figur på den plana sidan med en tunn strimma av järnoxid.



Figur 4:20. Prov 14, plana stycket. Foto från mikroskopet. Detalj på etsat prov som visar att järnet är ferrit (tydliga fält i olika bruna nyanser). Slaggen som omger metallen består av wüstit (ljusa dendriter) samt olivin och glas (olika mörkare grå nyanser).



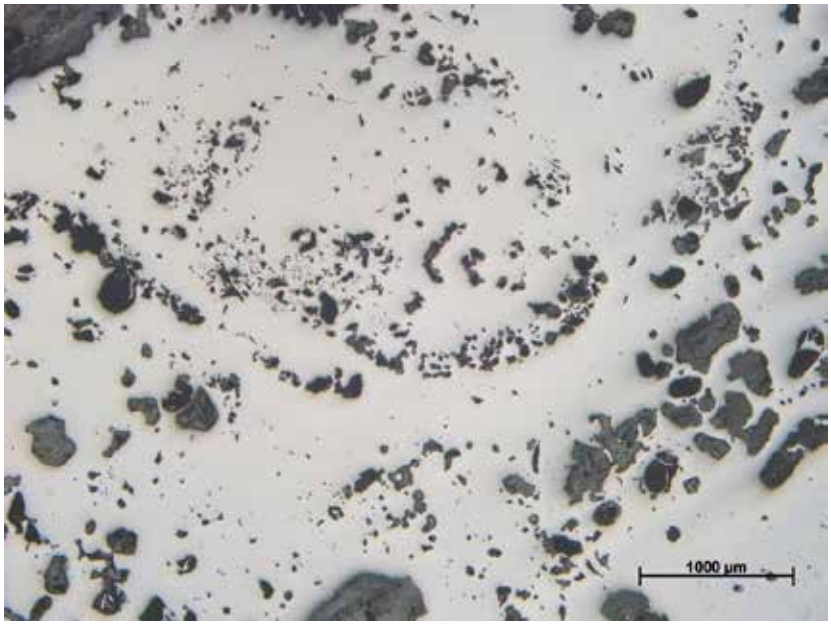
Figur 4:21. Prov 14, plana stycket. Foto från mikroskopet. Detalj på etsat prov där en textur (exempel vid pilen) med blågrå tydliga konturer framträder i wüstitdendriterna som visar att de innehåller både wüstit och magnetit. Ett fåtal dendriter av wüstit saknar denna textur vilket tyder på att de är homogena. I övrigt förekommer olivin (ljust grå) och en glasfas (mörkare grå) samt små vita droppar av metalliskt järn.

Prov 27 (fällstensområde A1685, till varp A536)
Mestadels oregelbundna, rostfärgade starkt magnetiska klumpar; antingen slagg med metall eller metall med slagg. Fem stycken är platta, med en slät yta (kurvatur?) och motstående något mer oregelbunden, ca 10–15 mm tjocka. En oregelbunden klump har stor andel metalliskt järn i kärnan, en del hålrum men endast lite slagg (Fig. 4:22). Ett av de plana styckena är huvudsakligen slagg men med en strimma av svampigt metalliskt järn ansamlat mot den planare sidan (Fig. 4:22).

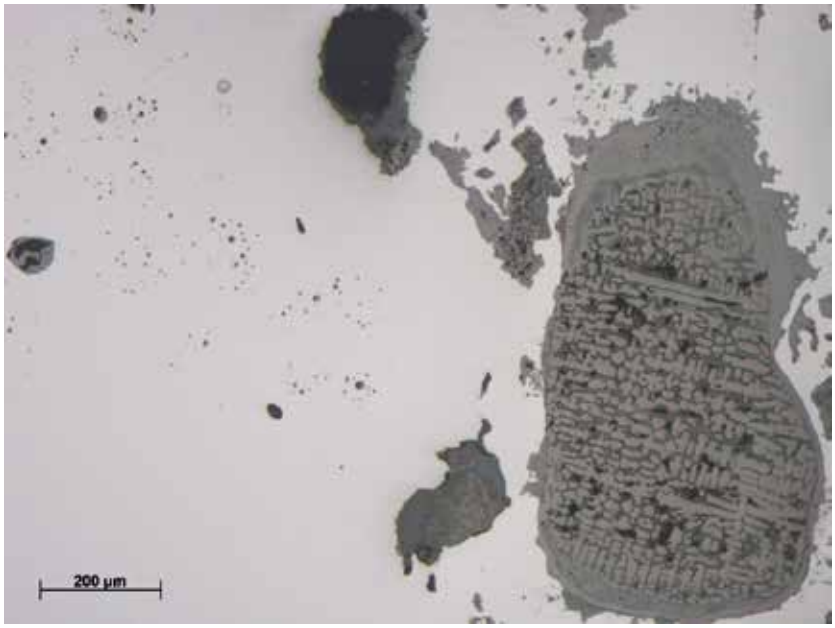
Figur 4:22. Fällslagg prov 27, delade snitt som har analyserats. Överst det oregelbundna stycket, nederst det planare.

I mikroskop kan man se att det *oregelbundna* stycket huvudsakligen utgörs av metalliskt järn (Fig. 4:23). Detta är dock rikt på hålrum i varierande storlekar och innehåller slagginneslutningar som är oregelbundet formade (Fig. 4:24). Bland inneslutningarna finns ett fåtal som är knappt 1 mm stora såväl sådana som endast är några få mikrometer stora. Gemensamt för dem är att de huvudsakligen innehåller wüstit.

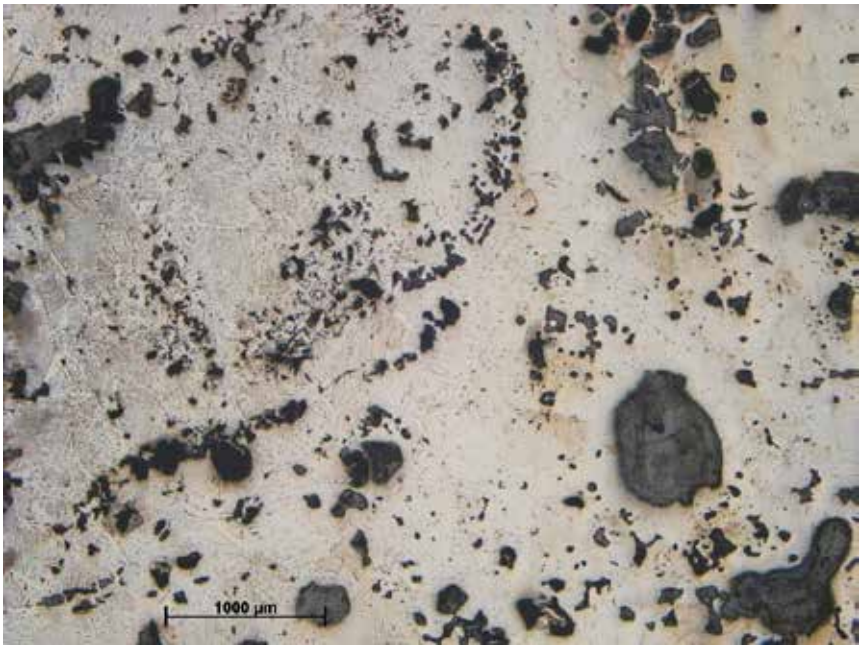
Efter etsning (Fig. 4:25–26) framträder en huvudsakligen grovkornig textur med tämligen låg kolhalt; totalt högst någon eller några tiondels procent. Områden med enbart ferrit (och lite perlit) förekommer omväxlande med områden med något mer perlit än ferrit. Enstaka fläckar har högre kolhalt med perlitkorn med ferrit i kornkontakterna.



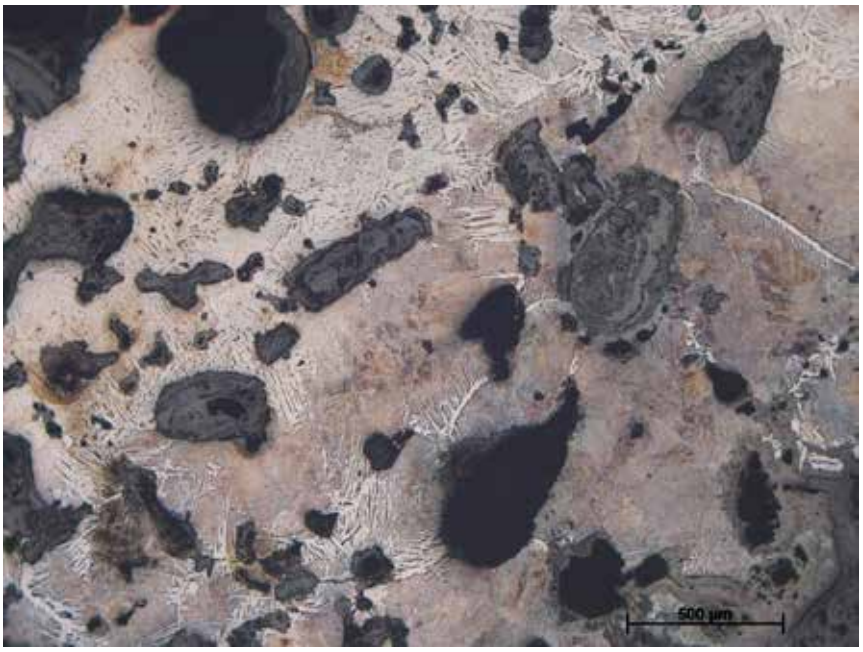
Figur 4:23. Prov 27, oregelbundna stycket. Foto från mikroskopet. Översikt som visar att metallen (vit) innehåller en hel del hålrum och rost (svarta och grå ytor). En del slagg finns också (Se nästa figur).



Figur 4:24. Prov 27, oregelbundna stycket. Foto från mikroskopet. En el av de grå fläckarna är slagg; till höger en stor inneslutning med wüstit (ljust grå) och en glasfas. I vänstra halvan finns små grå prickar som också är slagg, huvudsakligen wüstit.

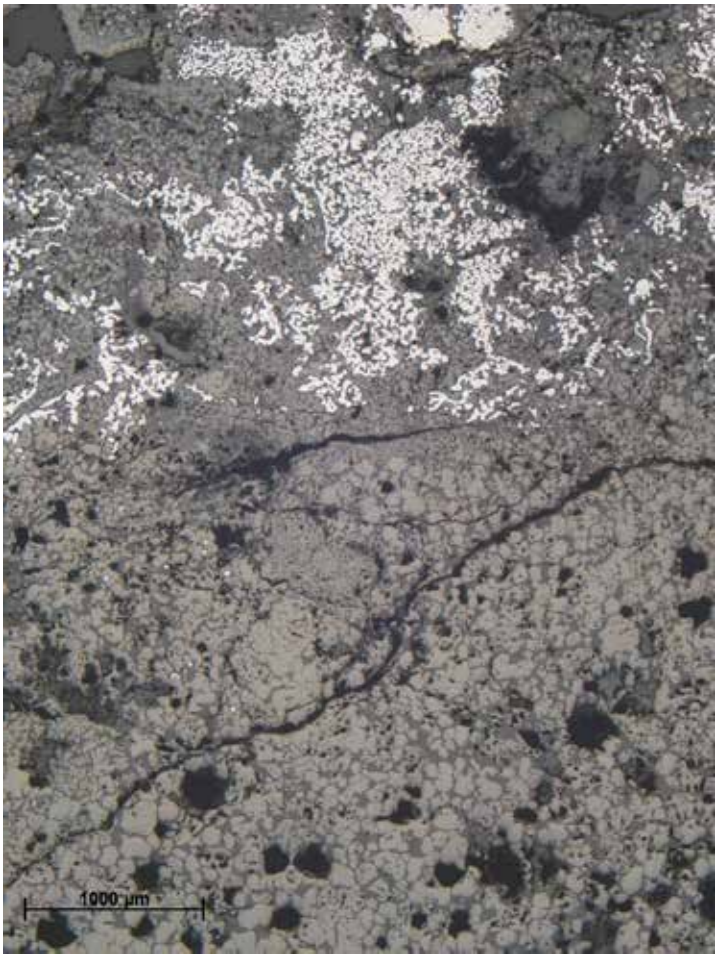


Figur 4:25. Prov 27, oregelbundna stycket. Foto från mikroskopet. Översikt på etsat prov som visar att metallen mestadels har en låg kolhalt. Till höger ses ljust bruna korn (ferrit) och uppe till vänster ökande perlitmängd (blå). Grå fläckar är mestadels rost, svart är hålrum.

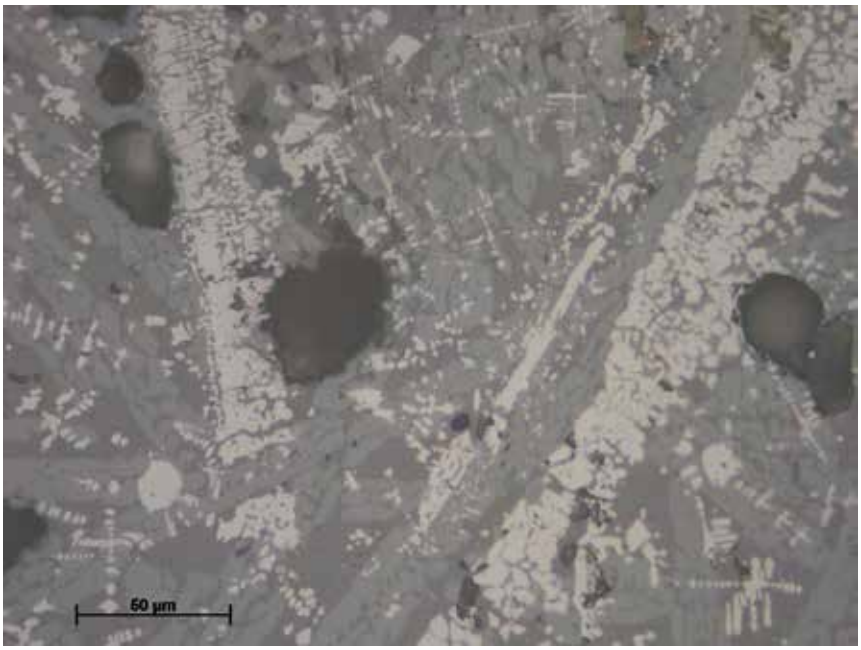


Figur 4:26. Prov 27, oregelbundna stycket. Foto från mikroskopet. Översikt på etsat prov som visar en lokalt högre kolhalt. I högra delen av bilden dominerar perlit (blåbrun) med kornkontakter av ferrit (vit). Uppe till vänster ses den vanligare förekomsten av mindre mängder perlit tillsammans med ferrit. Grå fläckar är mestadels rost, svart är hålrum.

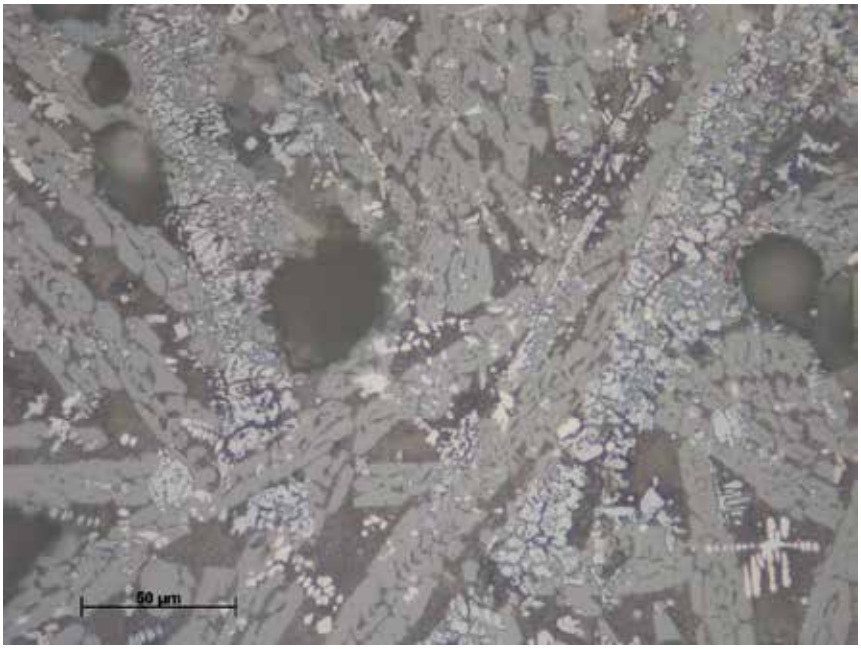
Det *planare* stycket uppvisar en något skiktvis uppbyggnad även i mikroskop. Centralt finns grovkornig wüstit omgivet av en glasfas och med svampiga ansamlingar av metalliskt järn (Fig. 4:27). Mängden järn avtar mot båda långsidorna på tvärsnittet men den grovkorniga wüstiten dominerar på ömse sidor om den metallrikare kärnan. Allra närmast långsidan av snittet som vetter mot den något planare ytterkanten avtar wüstiten och mängden glas ökar samtidigt som olivinkristaller förekommer. I detta område finns också enstaka tunna ansamlingar av långsträckta järnoxider (likt de i ytterkanten av prov 14), men inte enbart längs ytterkanten utan också i olika vinklar mot ytterkanten (Fig. 4:28). Dessa har möjligen funnits längs kanten och böjts in i slaggen vid kontinuerlig bearbetning. Det är inte heller lika tydligt att de innehåller flera järnoxider. Vid etsningen framträder en textur med lameller i wüstiten i de yttre delarna (båda långsidorna) som visar att den innehåller magnetit (Fig. 4:29) trots osäkerheten före etsning. Etsning av provet visar dessutom att det svampiga järnet genomgående är ferritiskt, dvs. kolfritt (Fig. 4:30).



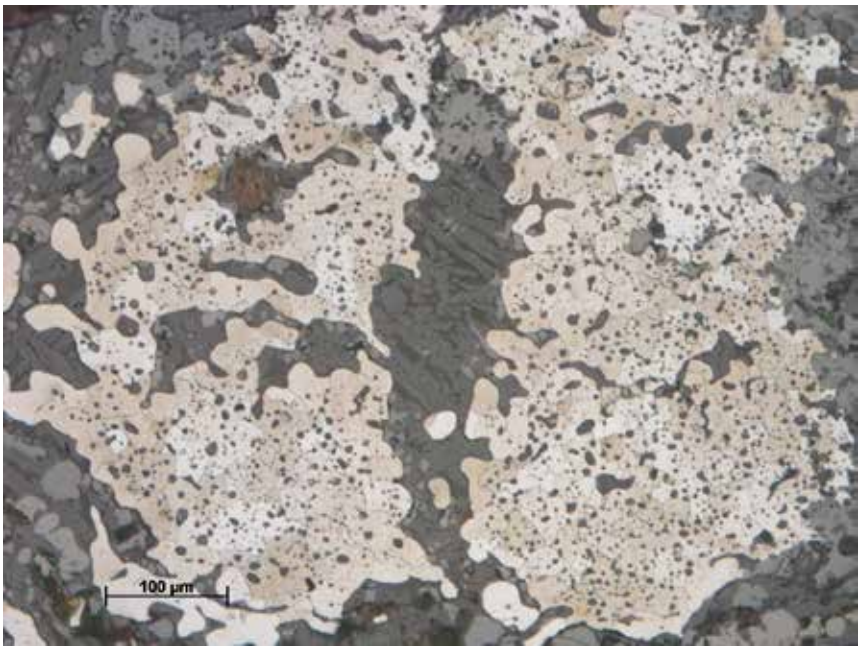
Figur 4:27. Prov 27, plana stycket. Foto från mikroskopet som visar översikt från centrala delar av tvärsnittet i övre delen av bilden med wüstit (ljus) och metalliskt järn (vitt). Wüstiten minskar något i kornstorlek och mängd nedåt i bilden mot den styckets mer oregelbundna långsida.



Figur 4:28. Prov 27, plana stycket. Foto från mikroskopet. Detalj från område strax innanför plana sidan där tunna strimmor av järnoxid ligger inne i slaggen snarare än längs överkanten (jämför prov 14).



Figur 4:29. Prov 27, plana stycket. Foto från mikroskopet. Samma utsnitt som i föregående figur men på etsat prov där en textur med blå tydliga konturer (se figur 4:21) framträder som visar att järnoxiderna innehåller både wüstit och magnetit. Ett fåtal dendriter av wüstit (t.ex. längst ner till höger) saknar denna textur vilket tyder på att de är homogena.



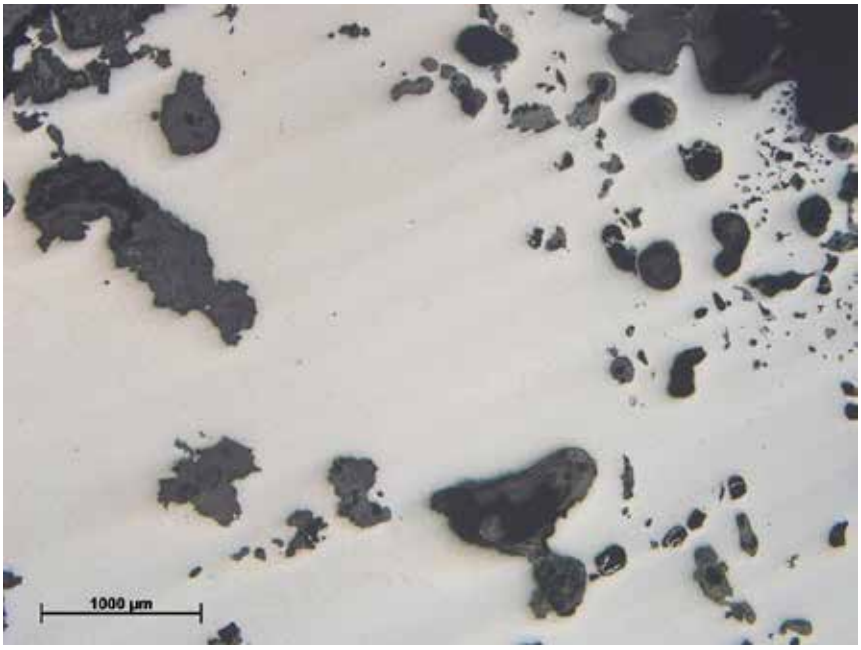
Figur 4:30. Prov 27, plana stycket. Foto från mikroskopet. Detalj på etsat prov som visar att järnet är ferrit (tydliga fält i olika ljusbruna nyanser). Slaggen som omger metallen består av olivin (ljust grå), en glasfas (mörkare grå) och wüstit (ljus).

Prov 28 (fällstensområde A516, till varp A548)
Mestadels oregelbundna, rostfärgade starkt magnetiska klumpar; antingen slagg med metall eller metall med slagg. Någon enstaka är tunnare, med en eller två motstående plana sidor, ca 8 mm tjock. En oregelbunden klump har stor andel metalliskt järn i kärnan, en del hålrum men endast lite slagg (Fig. 4:31). Ett av de plana styckena är mest slagg med små ansamlingar av svampigt metalliskt järn här och var.

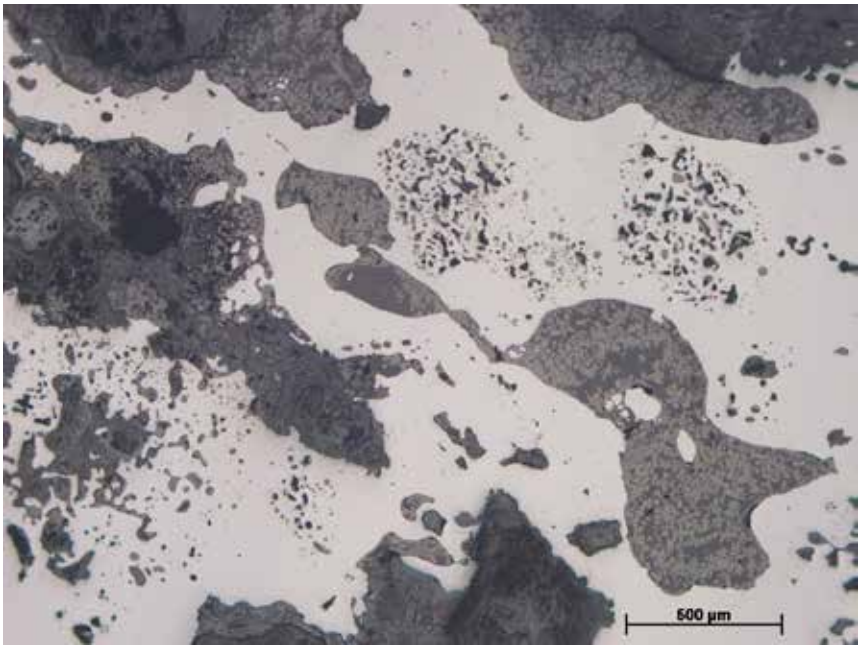
I mikroskop kan man se att det *oregelbundna* stycket huvudsakligen utgörs av metalliskt järn. Detta är dock rikt på hålrum i varierande storlekar; mer i vissa delar än i andra (Fig. 4:32). I några områden i ytterkanten övergår metallen till svampiga ansamlingar i slagg. Slagg är i övrigt vanligare i ytterkanterna, i några större ansamlingar/inneslutningar (Fig. 4:33–34). I övrigt förekommer också mindre slagginneslutningar, alla oregelbundet formade. Wüstit och en glasfas förekommer rikligast, i vissa framträder också olivin tydligt.

Efter etsning (Fig. 4:35) framträder en något ojämn men genomgående grov, textur, med varierande kolhalt. Alltifrån nästan enbart ferrit till, i enstaka ytor, perlit med ferrit i kornkontakterna förekommer; vanligast är kolhalter på någon eller några tiondels procent.

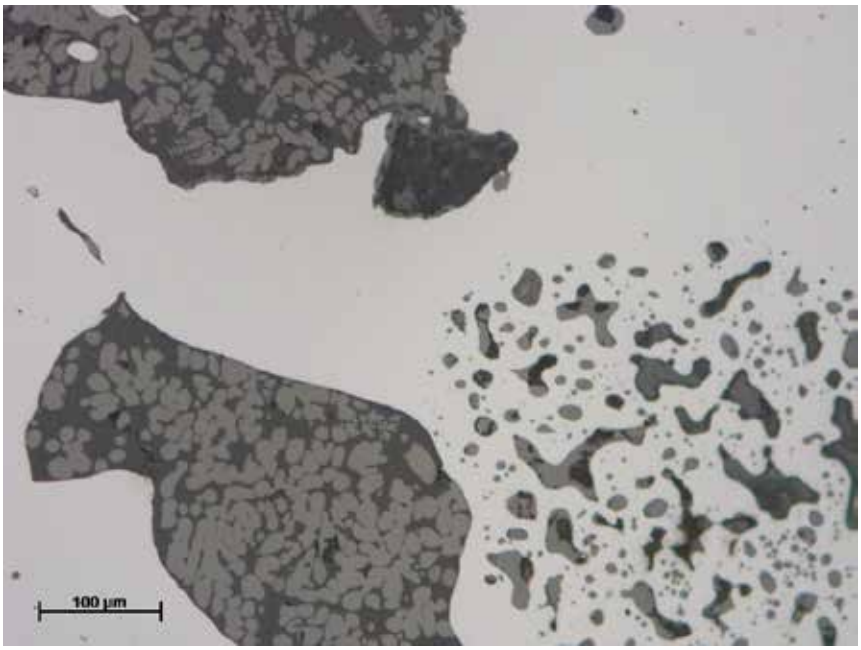
Figur 4:31. Fällslagg prov 28, delat snitt av oregelbundet stycke som har analyserats.



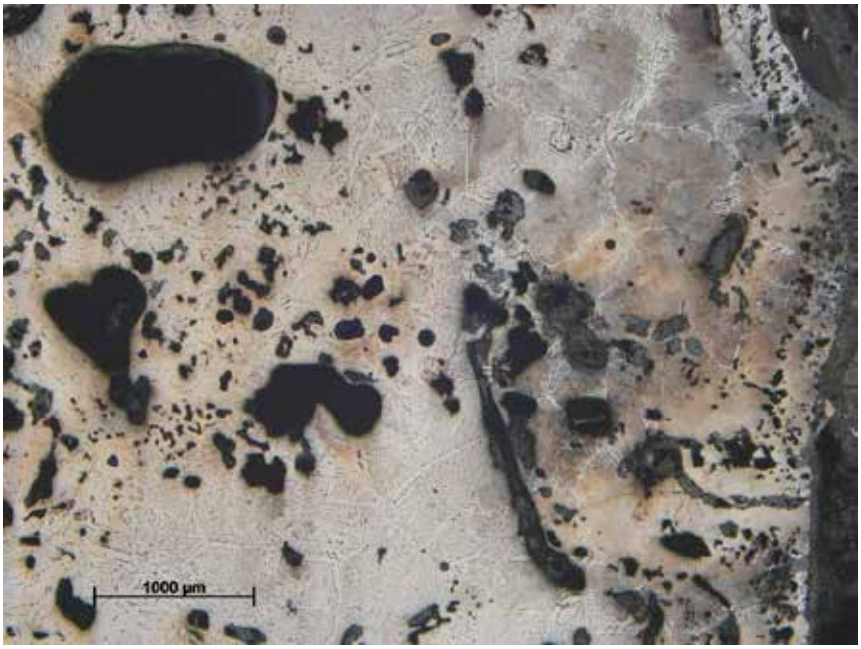
Figur 4:32. Prov 28, oregelbundna stycket. Foto från mikroskopet. Översikt som visar den del av provet där större sammanhängande områden av metall (vit) förekommer. Den innehåller en hel del hålrum och rost (svarta och grå ytor).



Figur 4:33. Prov 28, oregelbundna stycket. Foto från mikroskopet. Översikt som visar en annan del av provet där mycket slagg förekommer tillsammans med metall (vit). Slaggen förekommer som större inneslutningar och mer finfördelade små droppar (jämför nästa figur).



Figur 4:34. Prov 28, oregelbundna stycket. Foto från mikroskopet. Detalj på två större slagginneslutningar (i vänstra delen) och mer finfördelade små droppar (nere till höger). I båda typerna ses wüstit (ljus) och en glasfas (grå).



Figur 4:35. Prov 28, oregelbundna stycket. Foto från mikroskopet. Översikt på etsat prov som visar en successivt ökande kolhalt i metallen från vänster till höger. I vänstra delen ses ljusa korngränser av ferrit som avgränsar korn som innehåller både ferrit och perlit (blå). Till höger dominerar perlit (brunblå) med korngränser av ljus ferrit. Svarta och grå fläckar är hålrum och rost.

Bilaga 5. Datering av järn (stål) – bakgrund och resultat

Förutsättningar

Det kol som ^{14}C-dateras i stål är kemiskt förenat med järnet i form av cementit (Fe_3C, kallas även järnkarbid) så det finns följaktligen inga kolbitar att t.ex. göra vedartsanalys av. Dateringen genomförs vanligen på ett metallstycke taget i direkt anslutning till det som analyseras metallografiskt. Dessa stycken rensas mekaniskt på rost och eventuellt fastkittat material. Kolet extraheras vid förbränning av provet genom att CO_2-gas bildas. Denna omvandlas till grafit vilket är det som används i acceleratorbestämningen. I praktiken innebär det att det är en blandning av allt kol, möjligen från flera källor som har använts från järnframställningen till det slutliga smidet, som kommer att dateras.

Analysen är beroende av att det finns kol i järnet (dvs. stål) och att kolhalten är tillräckligt hög. Kolhalten varierar ofta och därför väljs storlek på provet med utgångspunkt i kolhalten; de med lägst kolhalt analyseras som större prov än de föremål som innehåller större mängd kol (stål). Som tumregel kan man förenklat säga att det för en kolhalt på ca 2,0 % krävs 50 mg järn och för 0,1 % behövs 1 g järn för datering (Cook m.fl. 2001).

Dateringsresultaten kan påverkas av kontaminering av annat kol, t.ex. från modern utrustning (sågklinga med diamanter?) som används i hanteringen och som innehåller fossilt eller icke-organiskt kol (Scharf m.fl. 2004; Hüls m.fl. 2011). Ett endast litet bidrag av fossilt kol kan medföra betydligt högre ålder då det fossila kolet ofta är många miljoner år gammalt (Exempel: ett stål från 1500-talet där ca 7 % av kolet är fossilt kommer dateras som vara från 800-talet). Om kolhalten i det analyserade provet är lågt innebär det att en potentiell kontaminering från fossilt kol får proportionellt större effekt än motsvarande kontaminering i ett järn med högre kolhalt. I senare tiders masugnar (från 1500-talet) har ofta fossilt stenkol använts, vilket ger en helt orimligt felaktig ålder med många tusen år, medan ett järn där endast fossilt kol använts under smidet istället ger ett mindre fel som då kan verka rimligt, men ändå är felaktigt.

Möjliga felkällor till dateringsresultat som resulterat i högre åldrar än förväntat kan sammanfattas:

- Okänd (hög) egenålder på den ved som använts till koltillverkning
- Kol från flera källor/processer t.ex. järnframställning och smide
- Omsmide av äldre järnföremål
- Fossilt stenkol använd i järnframställningen medför avsevärt högre åldrar
- Låg kolhalt i föremålet kan ge osäkert dateringsresultat
- Kontaminering från modern utrustning med fossilt kol medför högre åldrar

Cook, A.C., Wadsworth, J. & Southon, J.R. 2001. AMS radiocarbon dating of ancient iron artifacts: A new carbon extraction method in use at LLNL. Radiocarbon, Vol 43, Nr2A, 2001, p 221–227.

Hüls, M., Grootes, P.M. & Nadeau, M-J. 2011. Sampling iron for radiocarbon dating: influence of modern steel tools on 14C dating of ancient iron artifacts. Radiocarbon, Vol 53, Nr 1, 2011, p 151–160.

Scharf, A., Kretschmer, W., Morgenroth, G., Uhl, Th., Kritzler, K., Hunger, K. & Pernicka, E. 2004. Radiocarbon dating of iron artifacts at the Erlangen AMS facility. Radiocarbon, Vol 46, Nr 1, 2004, p 175–180.

Resultat

Resultat av ^{14}C-datering av kol i järn

UPPSALA UNIVERSITET

Ångströmlaboratoriet
Tandemlaboratoriet

Göran Possnert

Besöksadress:
Ångströmlaboratoriet
Lägerhyddsvägen 1
Rum 4143

Postadress:
Box 529
751 20 Uppsala

Telefon:
018 – 471 30 59

Telefax:
018 – 55 57 36

Hemsida:
http://www.tandemlab.uu.se

E-post:
Goran.Possnert@physics.uu.se

Uppsala 2018-12-04

Erik Ogenhall
Statens Historiska Museer
Arkeologerna
Hällnäsgatan 11
752 28 UPPSALA

Resultat av ^{14}C datering av stål från Sandseryd, Småland. (p 1817)

Förbehandling av metalliskt järn/stål:

Järnet putsat på ytan och förbränt till CO_2- som i sin tur grafiteras genom en Fe-katalytisk reaktion före acceleratorbestämningen av ^{14}C-innehållet.

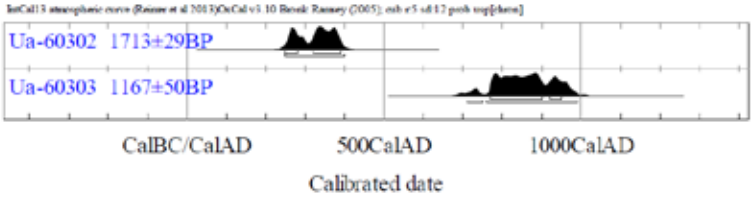
RESULTAT

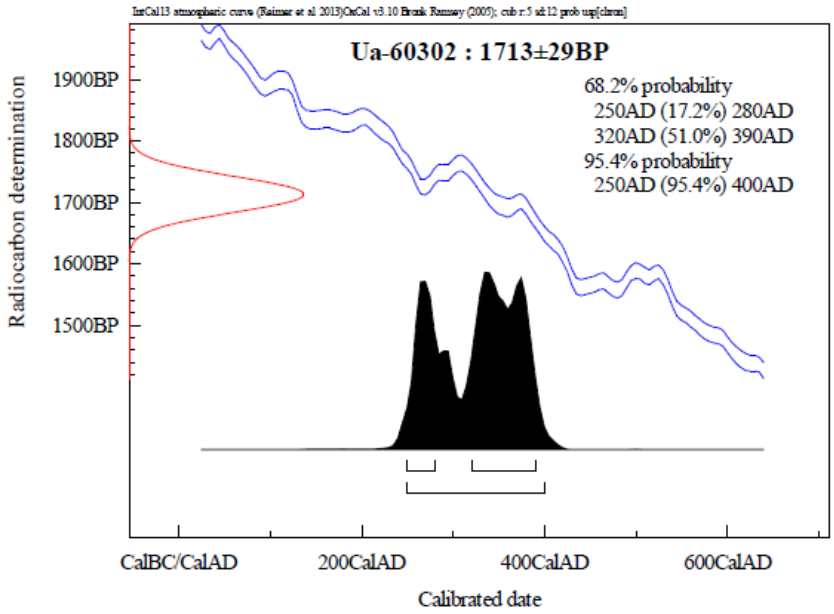
Labnummer	Prov	$\delta^{13}C$‰ V-PDB	^{14}C age BP
Ua-60302	14	-23,1	1 713±29
Ua-60303	27	[1]	1 167±50

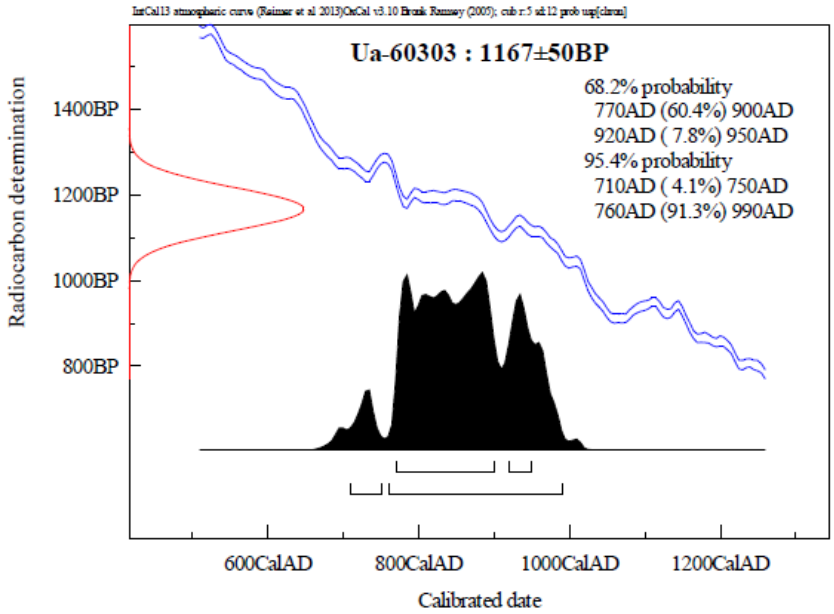
[1] Inte tillräckligt material för analys.

Med vänlig hälsning

Göran Possnert / Lars Beckel


Ua-60302 1713±29BP
Ua-60303 1167±50BP
CalBC/CalAD
500CalAD
1000CalAD
Calibrated date


Ua-60302 : 1713±29BP
68.2% probability
250AD (17.2%) 280AD
320AD (51.0%) 390AD
95.4% probability
250AD (95.4%) 400AD
Radiocarbon determination
1900BP
1800BP
1700BP
1600BP
1500BP
CalBC/CalAD
200CalAD
400CalAD
600CalAD
Calibrated date


Ua-60303 : 1167±50BP
68.2% probability
770AD (60.4%) 900AD
920AD (7.8%) 950AD
95.4% probability
710AD (4.1%) 750AD
760AD (91.3%) 990AD
Radiocarbon determination
1400BP
1200BP
1000BP
800BP
600CalAD
800CalAD
1000CalAD
1200CalAD
Calibrated date

Bilaga 4. Dendrokronologisk analys

LUND UNIVERSITY

DEPARTMENT OF QUATERNARY GEOLOGY
KVARTÄRGEOLOGISKA AVDELNINGEN
HANS LINDERSON

22 januari 2019

Nationella Laboratoriet för Vedanatomi och Dendrokronologi, rapport nr 2019:11
Anton Hansson & Hans Linderson

DENDROKRONOLOGISK ANALYS JÖNKÖPINGS STADSVALLAR (RAÄ JÖNKÖPING 137) SAMT EN JÄRNFRAMSTÄLLNINGSLOKAL (RAÄ SANDSERYD 190), JÖNKÖPING

Uppdragsgivare: Jönköpings läns museum, Dag Hammarskjölds plats 2, Box 2133, 550 02 Jönköping (kontaktperson: Ann-Marie Nordman, 036-30 18 35)
Område: Jönköping **Prov nr:** 41195-41198 **Antal Prov:** 4
Dendrokronologiskt objekt: Kolningsgrop (41195) Strandskonings- och/eller bryggstolpar (41196-41198)

Resultat:

Dendro nr:	Provnr;	Träd-slag	Antal år (2 radier om ej annat anges)	Splint (Sp) Bark (B) Vankant (W)	Datering av yttersta års-ring i provet	Beräknat Fällningsår E(Efter) V(vinterhalv-året)	Kommentarer (mer vågad datering inom parantes)
41195	PD 1565	Tall	34; 3	Nära W	Ej säker		(1266-1270)
41196	PD1043	Tall	17	Sp 17, W	Ej säker	**X**	(V 1331/32, V1967/68)
41197	PD717	Gran	97	Nära W/W	Ej säker	**X**	(V 1331/32, V1967/68)
41198	PD1002	Tall	24	Sp 20, W	Ej säker	**X-1**	(V 1330/31, V1966/67)

Kommentarer till ovanstående resultattabell

Från prov 41195 (kolningsgropen), kunde endast 34 sammanhängande ringar mätas, vilket är för lite för att få en säker datering, bästa dateringsförslag är 1266-1270.
De tre proven från Jönköpings stadsvallar daterar inbördes; två prov år X och ett prov år X-1. Proverna bör därmed härstamma från samma byggnadsfas. ”År X” får inte en säker bestämning. Två vitt skilda dateringsförslag har uppkommit varav den ena kan möjligen uteslutas på andra grunder än dendrokronologiska, X kan motsvaras av 1331 eller 1967. Tyvärr går det inte helt att utesluta andra dateringsförslag men dessa är de bästa jag har kunnat finna. En C14-datering skulle mer klargöra resultatet, uttag av material och egenåldersbestämning kan vi ombesörja.

Hans Linderson, Laboratorieföreståndare, Lunds Universitet

Sölvegatan 12, S-223 62 Lund Tel. +46-46-2227891, Fax +46-46-2224830 e-mail: Hans.Linderson@geol.lu.se

Beskrivning av tabellen ovan
”Dendroidentitetsnummer”, är en unik identitet för varje prov hanterade på laboratoriet.
”Antal år”, årsringar som är analyserade i vissa fall har det inte varit möjligt att mäta årsringsbredden, då har årsringarna räknats, vilket har markerats med ”+n”.
I samma kolumn förekommer någon gång noteringen ”ew” eller ”lw” dessa termer härrör från engelskans early wood (vårved) och late wood (sommarved) och beskriver graden av den yngsta/sista årsringens utveckling. Detta indikerar att virket är avverkat på sommaren.
”splint, vankant, bark” indikerar hur många årsringar som saknas i provet. Förutsatt att provet går att datera och man har vankant eller bark i provet så får man en årsexakt datering (extrema undantag finns). ”nära vankant” uppges när det finns indikationer om detta, till exempel i fältanteckningar eller om en sågskiva följer en naturlig kurvatur i rundvirket. Om vankant (den rundade avslutningen av virket där barken har försvunnit) saknas och splinten syns kan man beräkna fällningsåret med hjälp av splintstatistiken för olika trädslag och förhållanden. Vanligtvis används 17±7 år på ek och en mer varierad bild på tall med en maximal variation på ± 20 år. Saknas splinten (”ej sp”) anges en så kallad ”efterdatering” (*terminus post quem*). Virket får då en äldsta möjliga datering. Teoretiskt kan virket vara hur ungt som helst men mer troligt handlar det om upptill några tiotal år senare avverkning än angivna efterdatering. Detta diskuteras vanligtvis i rapporten. Anges sp=0 menas splinten observeras utanför ytterst/yngsta årsring men årsringen är inte inmätt eftersom den inte är komplett.
”Datering av yttersta årsring i provet”, är alltid årsexakt vid en datering. Om provet inte kan korsdateras med en daterad dendrokronologisk serie anges ”ej datering”. Detta uppträder oftast vid ett litet årsringsantal (unga/snabbvuxna/kraftigt nedbrutna träd), udda trädslag (i Sverige är ek och tall bäst), för få prover från den undersökta konstruktionen, störd tillväxt etc.
”Beräknat fällningsår” här görs en beräkning utifrån dateringen av den yttersta årsringen i provet och hur många årsringar som beräknas saknas i provet. Felmarginalen som anges täcker mer än 95 procent av proverna. Finns barken eller vankanten kvar på provet ges dateringen påföljande vinterhalvår om inga andra noteringar har gjorts. Vinterhalvåret avser trädets viloperiod så att ingen årsringsbildning sker i stamvirket, viloperioden påbörjas normalt i augusti och pågår till maj söder om Norrlandsgränsen (ungefär Dalälven). Stamvirkets viloperiod blir succesivt längre mot fjällens trädgräns.

Analyskostnad:

Objektskostnad	4000:-
Provkostnad dendro (4 * 900:-)	3600:-
Belopp att betala (exklusive moms):	**7600:-**

Faktura framställs senare av Lunds Universitet.
Mätresultaten kommer att bevaras på laboratoriet och utnyttjas i universitetets forskning.
Proverna kommer att ingå i RAÄ´s arkiv och förvaltas av laboratoriet
Med hälsning och önskan om fortsatt samarbete

Hans Linderson, Laboratorieföreståndare
Lunds Universitet
Laboratoriet för Vedanatomi och Dendrokronologi, Sölvegatan 12, 223 62 Lund
E-post: Hans.Linderson@geol.lu.se
Tel: 046-2227891

Bilaga 5. Vedartsanalys

VEDLAB
Vedanatomilabbet

Vedlab rapport 18026

Vedartsanalyser på material från Jönköpings län, Sandseryd 190.

Adress:
Kattås
670 20 GLAVA

Telefon:
070 34 00 645
E-post: vedlab@telia.com

Bankgiro:
5713-0460
www.vedlab.se

Organisationsnr:
650613-6255

VEDLAB
Vedanatomilabbet

Vedlab rapport 18026 2018-03-26

Vedartsanalyser på material från Jönköpings län, Sandseryd 190.

Uppdragsgivare: Ann-Marie Nordman/Jönköpings läns museum

Arbetet omfattar nio kolprov från en undersökning av blästugnar och en kolningsgrop.
I de nio proverna fanns bara kol från tall. När tall dominerar så här beror det oftast på att närområdet består av sandiga eller moiga jordar, magra och med varierande fukthalt. Det är förutsättningar som tallen har anpassat sig till bättre än andra trädslag. Tall kan på så sätt bli det nästan enda förekommande trädslaget.
Tallen kan bli gammal i sig och kan därmed ge hög egenålder, något som får tas med vid bedömningen av dateringsresultaten.

Analysresultat

Anl.	ID	Anläggnings-typ	Prov-mängd	Analyserad mängd	Trädslag	Utplockat för ^{14}C-dat.	Övrigt
250	493	Kolningsgrop	4,8g	4,8g 9 bitar	Tall 9 bitar	Tall 445mg	
250	494	Kolningsgrop	4,3g	3,2g 4 bitar	Tall 4 bitar	Tall 193mg	
250	495	Kolningsgrop	2,4g	2,4g 2 bitar	Tall 2 bitar	Tall 57mg	
250	496	Kolningsgrop	3,9g	2,0g 10 bitar	Tall 10 bitar	Tall 96mg	
103	1363	Blästugn	2,0g	0,5g 5 bitar	Tall 5 bitar	Tall 58mg	
1313	1364	Träram	3,2g	2,9g 1 bit	Tall 1 bikt	Tall 28mg	
106	1532	Blästugn	1,7g	1,3g 4 bitar	Tall 4 bitar	Tall 75mg	
1617	1619	Träram	1,6g	1,5g 2 bitar	Tall 2 bitar	Tall 59mg	
104	1870	Blästugn	3,7g	2,7g 7 bitar	Tall 7 bitar	Tall 69mg	

Erik Danielsson/VEDLAB
Kattås
670 20 GLAVA
Tfn: 070 34 00 645
E-post: vedlab@telia.com

www.vedlab.se

De här trädslagen förekom i materialet

Art	*Latin*	Max ålder	Växtmiljö	Egenskaper och användning	Övrigt
Tall	*Pinus silvestris*	400 år	Anspråkslös men trivs på näringsrika jordar. Den är dock ljuskrävande och blev snabbt utkonkurrerad från de godare jordarna när granen kom	Stark och hållbar. Konstruktionsvirke, stolpar, pålar, båtbygge, kärl (ej för mat) takspån, tjärbloss, träkol, tjärbränning	Underbarken till nödmjöl, årsskott kokades för C-vitaminerna. Även som kreatursfoder

Uppgifter om maximal ålder, växtmiljö, användning mm är hämtade ur: Holmåsen, Ingmar Träd och buskar. Lund 1993. Gunnarsson, Allan Träden och människan. Kristianstad 1988. Mossberg, Bo m.fl. Den nordiska floran. Brepol, Turnhout 1992.

Vedartsanalysen görs genom att studera snitt- eller brottytor genom mikroskop. Jag har använt stereolupp Carl Zeiss Jena, Technival 2 och stereomikroskop Leitz Metalux II med upp till 625 gångers förstoring. Mikroskopfoton är tagna med Nikon Coolpix 4500. Referenslitteratur för vedartsbestämningen har i huvudsak varit Schweingruber F.H. Microscopic Wood Anatomy 3rd edition och Anatomy of European woods 1990 samt Mork E. Vedanatomi 1946. Dessutom har jag använt min egen referenssamling av förkolnade och färska vedprover.

Bilaga 6. Resultat av ^{14}C-dateringar

UPPSALA UNIVERSITET

Uppsala 2018-05-18

Ann-Marie Nordman
Jönköpings läns museum
Box 2133
550 02 JÖNKÖPING

Ångströmlaboratoriet
Tandemlaboratoriet

Göran Possnert

Besöksadress:
Ångströmlaboratoriet
Lägerhyddsvägen 1
Rum 4143

Postadress:
Box 529
751 20 Uppsala

Telefon:
018 – 471 30 59

Telefax:
018 – 55 57 36

Hemsida:
http://www.tandemlab.uu.se

E-post:
Goran.Possnert@physics.uu.se

Resultat av ^{14}C datering av träkol från Sandseryd 190, Sandseryd socken, Jönköpings kommun, Jönköpings län. (p 1606)

Förbehandling av träkol och liknande material:

1. Synliga rottrådar borttages.
2. 1 % HCl tillsätts (8-10 timmar, under kokpunkten) (karbonat bort).
3. 1 % NaOH tillsätts (8-10 timmar, under kokpunkten). 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 acceleratorbestämningen av ^{14}C-innehållet förbränns det tvättade och intorkade materialet, surgjort till pH 4, till CO_2-gas som i sin tur grafiteras genom en Fe-katalytisk reaktion. I den aktuella undersökningen har fraktionen INS daterats.

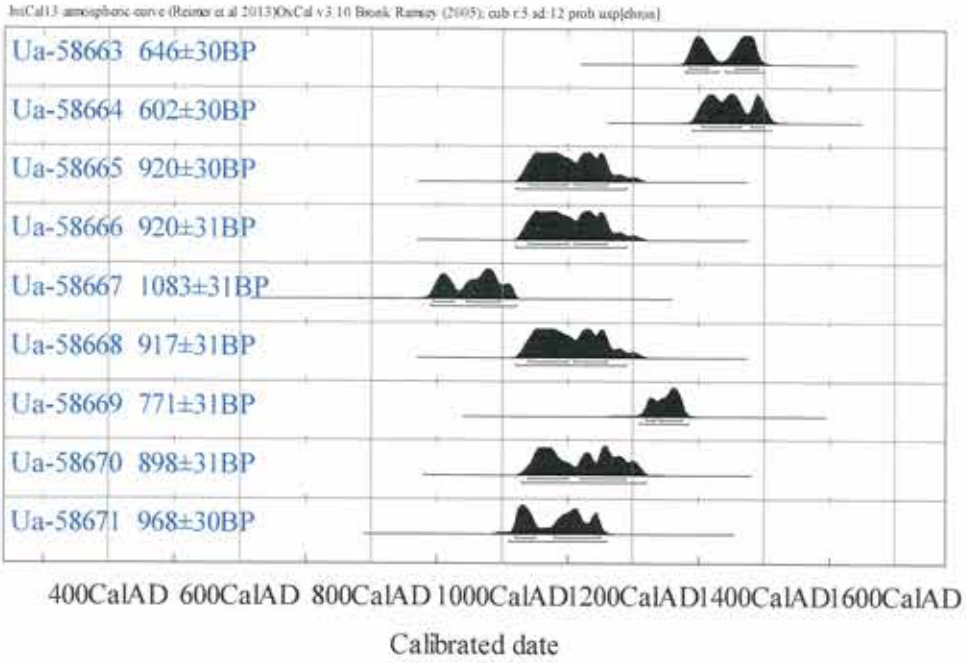
RESULTAT

Labnummer	Prov	$\delta^{13}C$‰ V-PDB	^{14}C age BP
Ua-58663	PK493	-24,0	646±30
Ua-58664	PK494	-24,5	602±30
Ua-58665	PK495	-24,7	920±30
Ua-58666	PK496	-25,5	920±31
Ua-58667	PK1363	-23,9	1 083±31
Ua-58668	PK1364	-23,6	917±31
Ua-58669	PK1532	-24,6	771±31
Ua-58670	PK1619	-24,7	898±31
Ua-58671	PK1870	-23,4	968±30

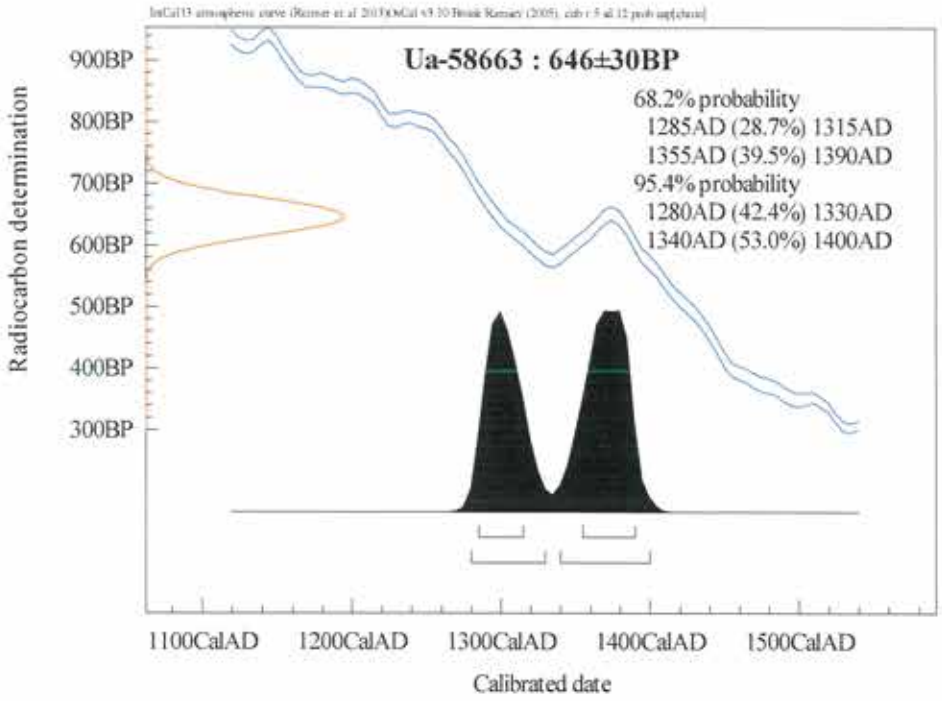
Med vänlig hälsning

Göran Possnert

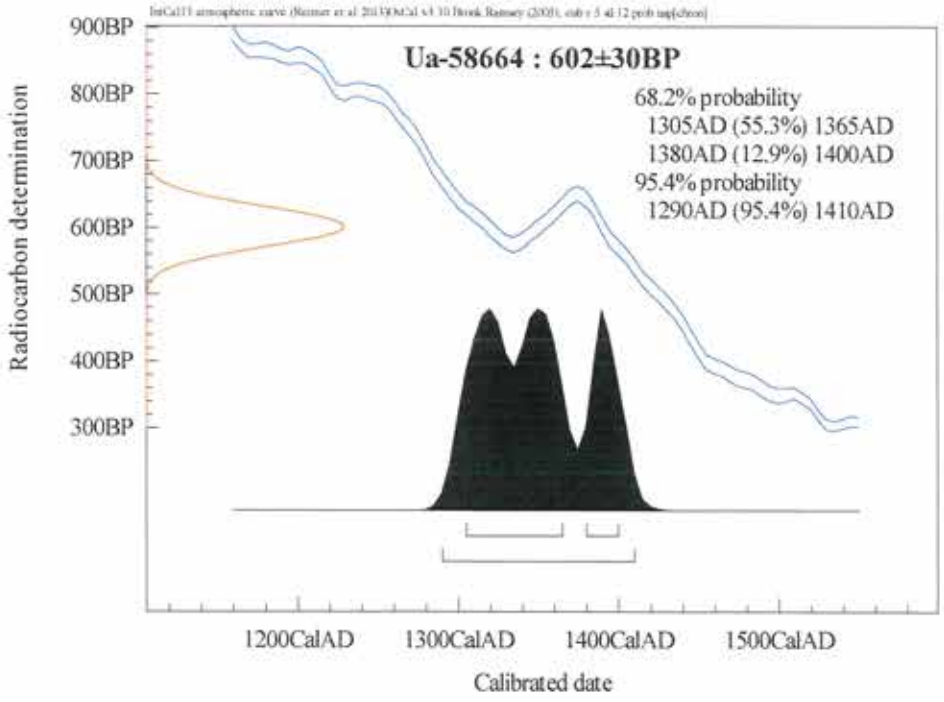
Göran Possnert / Lars Beckel


IntCal13 atmospheric curve (Reimer et al 2013)OxCal v3.10 Bronk Ramsey (2005); cub r:5 sd:12 prob usp[chron]
Ua-58663 646±30BP
Ua-58664 602±30BP
Ua-58665 920±30BP
Ua-58666 920±31BP
Ua-58667 1083±31BP
Ua-58668 917±31BP
Ua-58669 771±31BP
Ua-58670 898±31BP
Ua-58671 968±30BP
400CalAD 600CalAD 800CalAD 1000CalAD 1200CalAD 1400CalAD 1600CalAD
Calibrated date

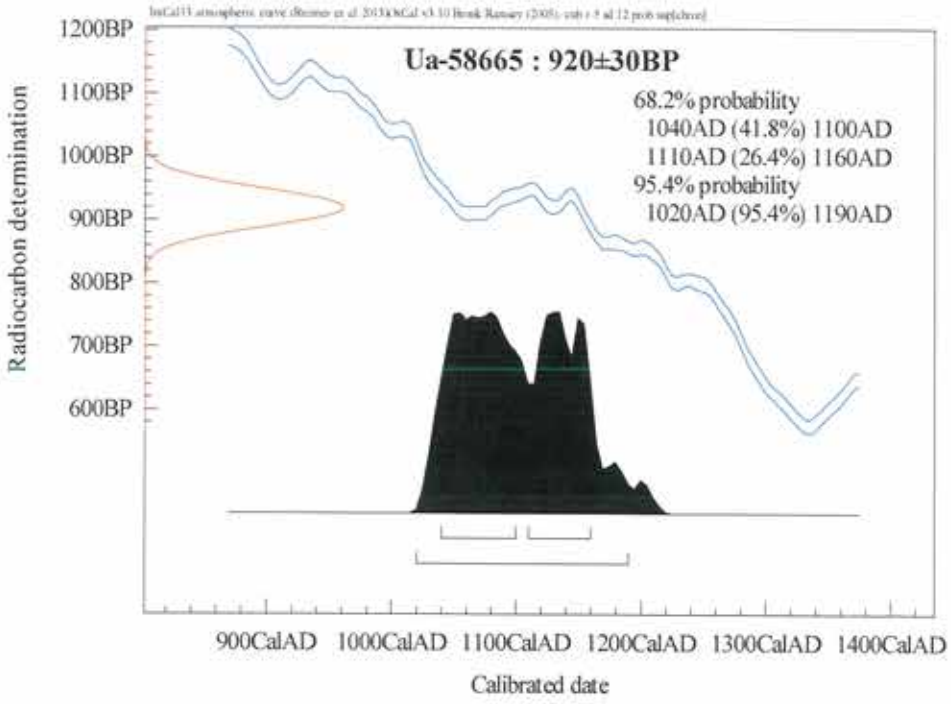
A250 PK493
övre nivå



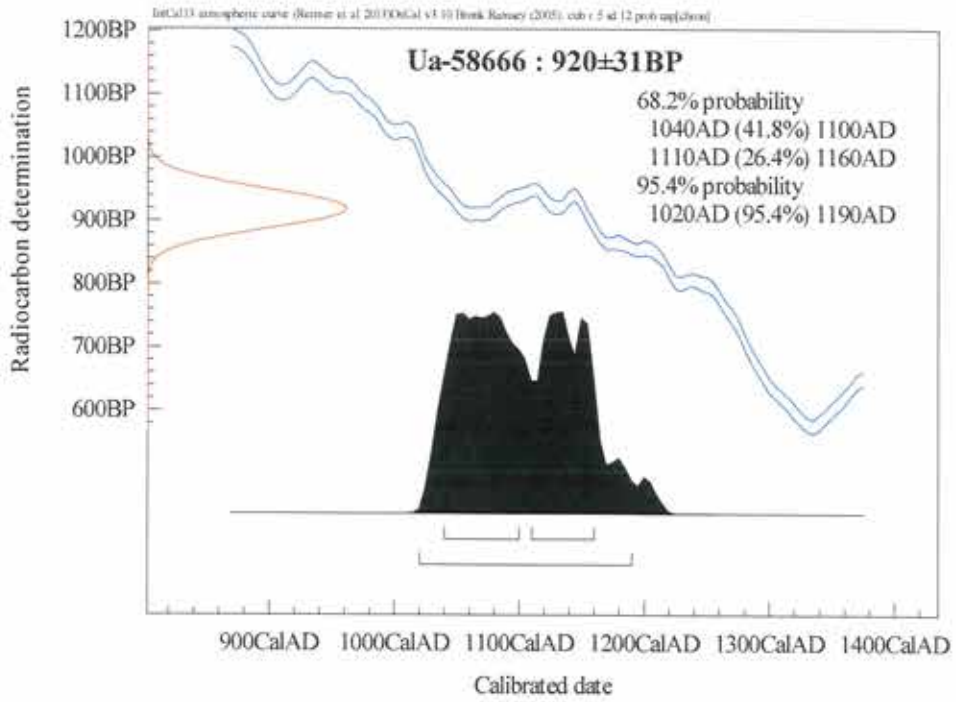
A250 PK494
övre nivå



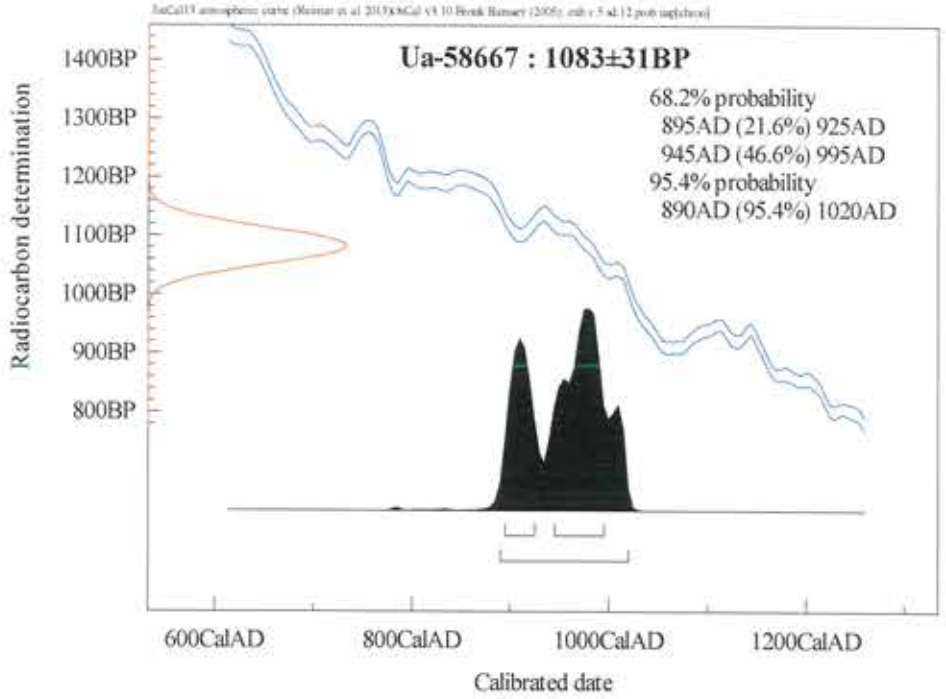
A250 PK495
nedre nivå



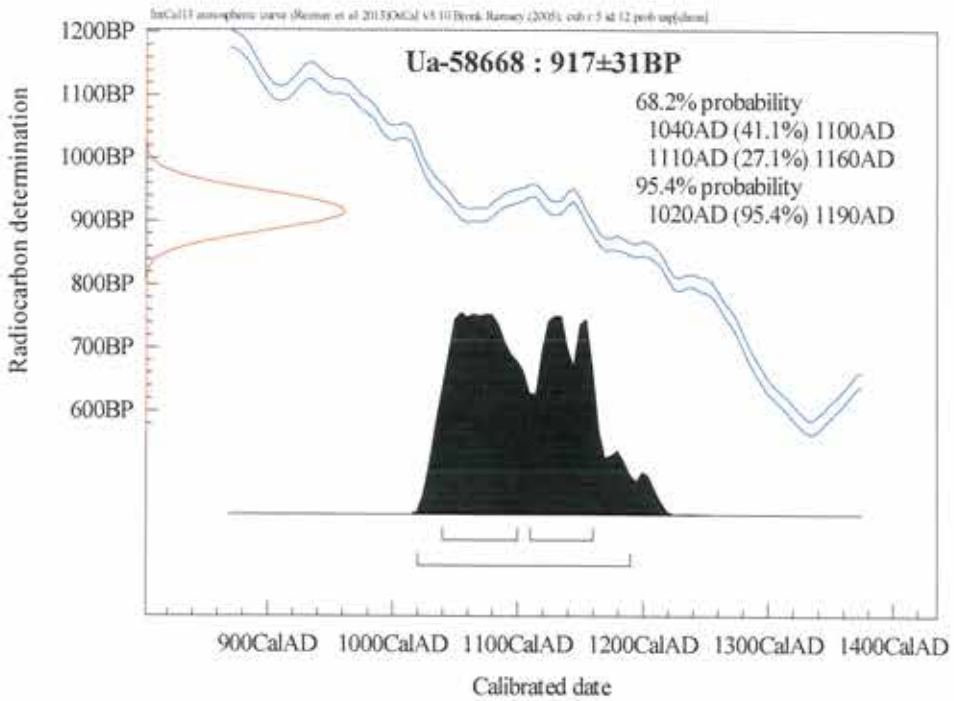
A250 PK496
nedre nivå



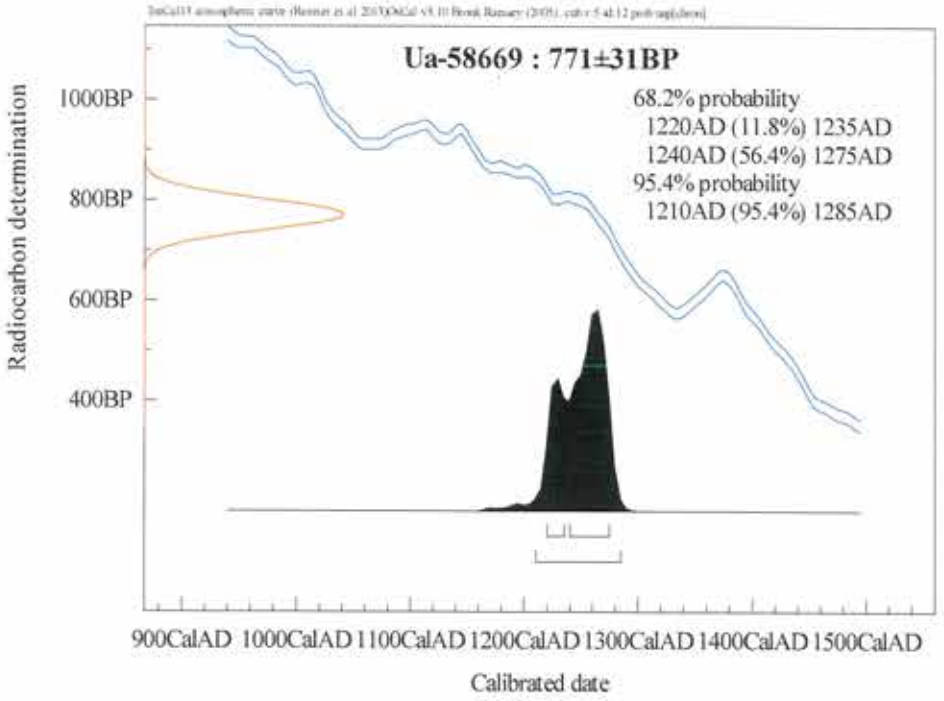
A103 PK1363



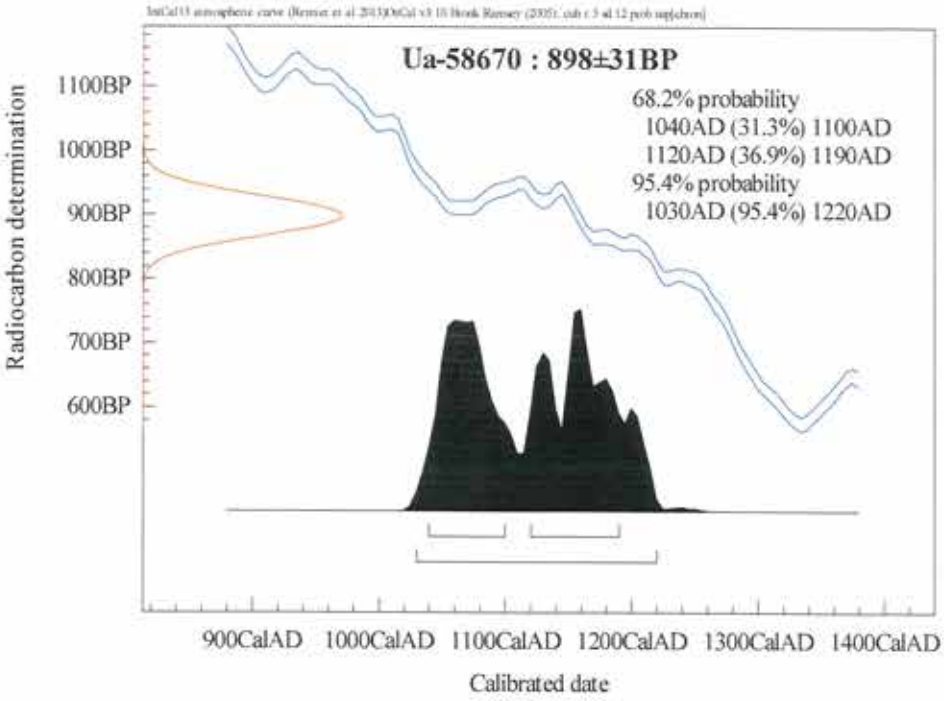
A548 PK1364, träram bakom A101,105



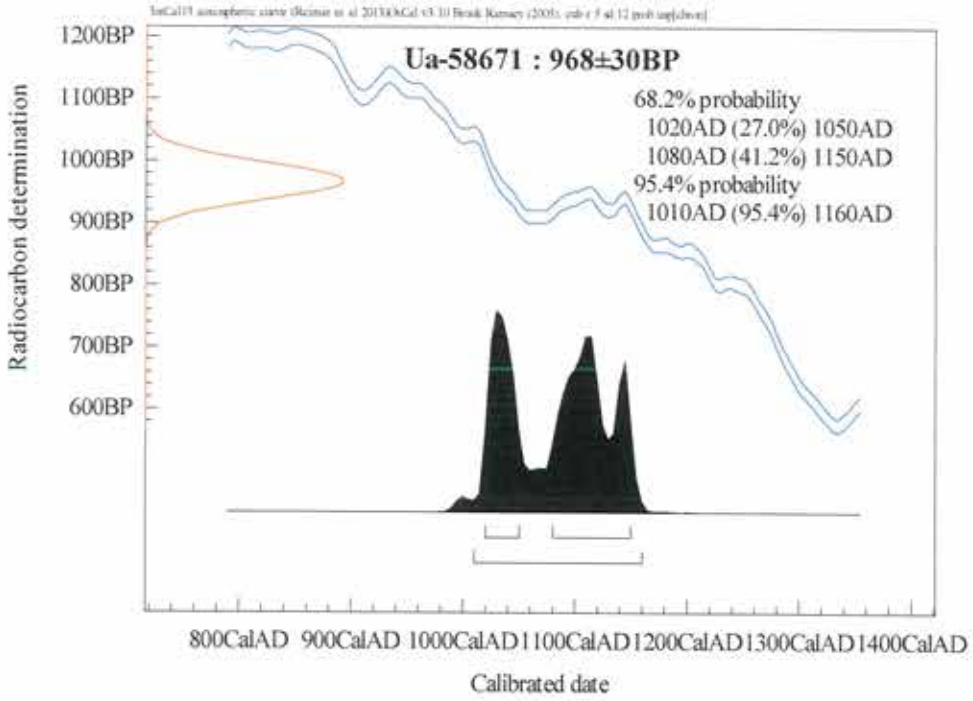
A106 PK1532,
blästugn



A548 PK1619,
träram bakom
A102, 106



A104 PK1870
botten av pipan



Med anledning av nybyggnation har Jönköpings läns museum undersökt en blästplats bestående av två slaggvarpar och fyra kolningsgropar inom Hedenstorps industriområde.

De båda slaggvarparna skilde sig från motsvarande tidigare undersökta anläggningar i området. Det ena slaggvarpet saknade den sedvanliga täkt- och avfallsgropen bakom ugnarna. Ugnarna hade också anlagts på kanten av en stor kolningsgrop, vilket vi inte sett tidigare. I det andra slaggvarpet fanns fyra ugnar istället för två. Man har byggt nya ugnar istället för att restaurera de befintliga. I en av kolningsgroparna kunde vi se två separata användningsnivåer tydligare än någonsin tidigare. Nivåerna daterades till 1000/1100-tal respektive slutet av 1200-talet eller början av 1300-talet.

Man har producerat både mjukt, lättbearbetat järn och hårdare stål. Delar av det producerade järnet kan ha hamnat i Jönköping för vidare förädling och avsalu.

Arkeologisk rapport 2020:10
JÖNKÖPINGS LÄNS MUSEUM