



# Hallunda-undersökningen 2023

En forskningsundersökning av ugnspreparatet A42



# Hallunda-undersökningen 2023

En forskningsundersökning av ugnspreparatet A42

Arkeologisk forskningsundersökning

Botkyrka 13:1/L2017:2252

SHM 29458, 46147\_HST

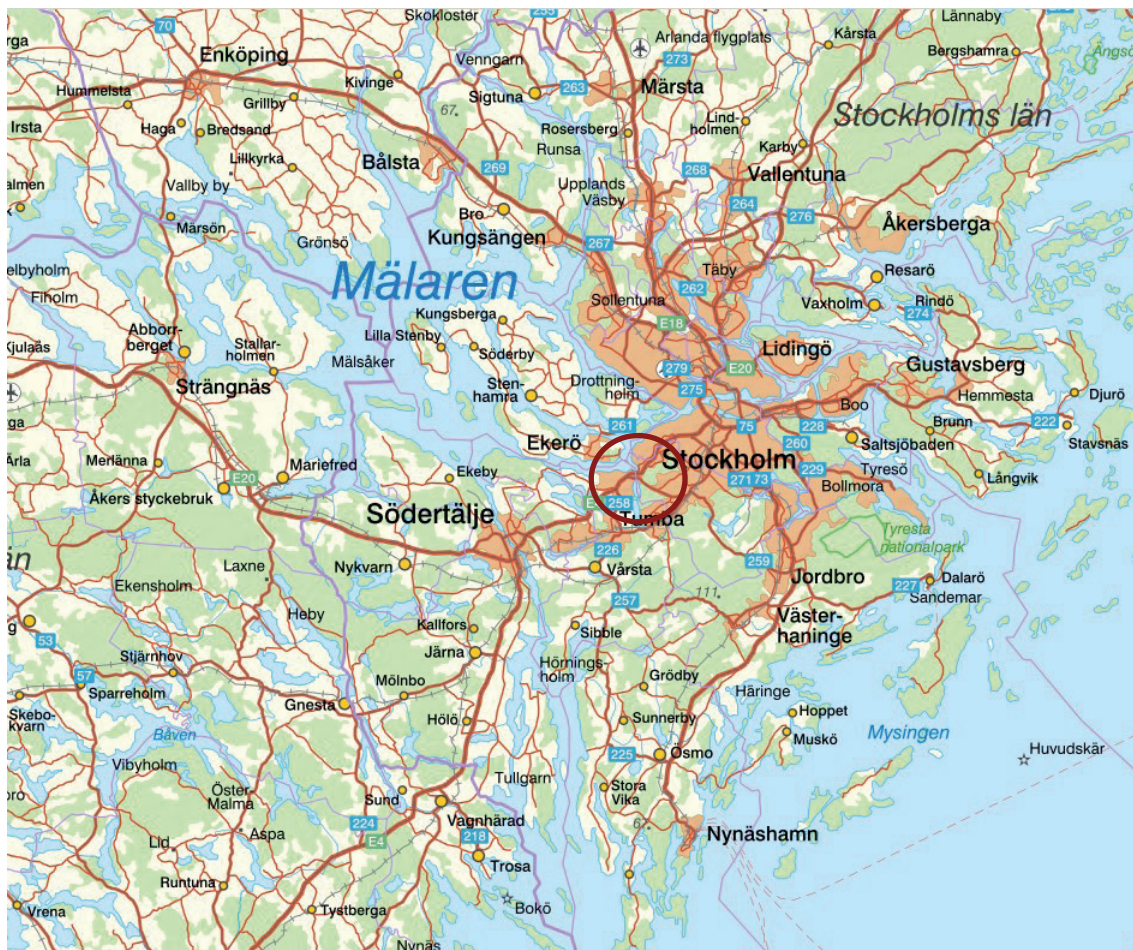
Hallunda 4:34

Botkyrka kommun

Södermanland

Thomas Eriksson

Med bidrag av Gunnel Vahlne, Helena Alexanderson, Torun Zachrisson, Inga Ullén och Per Frölund



Figur 1. Utdrag ur topografisk karta med undersökningsplatsens läge markerat med röd cirkel.

## Upplandsmuseets rapporter 2025:14

ISSN 1654-8280

BEARBETNING AV FOTON: Thomas Eriksson

BEARBETNING AV PLANER: Thomas Eriksson

OMSLAGSBILD: Den centrala delen av zon 2 på Botkyrka 13:1. Digitaliserad diabild från 1970. Foto Gunnel Vahlne, Riksantikvarieämbetet

GRANSKNING: Torun Zachrisson, Gunnel Vahlne, Inga Ullén och Per Frölund

UPPHOVSÄTT: om inget annat anges: Creative Commons licens CC BY. © Lantmäteriet, dnr I2014/00634

GRAFISK FORMGIVNING OCH PRODUKTION: Malin Lucas, Stiftelsen Upplandsmuseet

© STIFTELSEN UPPLANDSMUSEET, 2025

Upplandsmuseet  
Drottninggatan 7, 753 10 Uppsala  
Telefon 018-169100  
[www.upplandsmuseet.se](http://www.upplandsmuseet.se)

# Innehåll

---

|                                                                                       |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Sammanfattning .....</b>                                                           | <b>6</b>   |
| <b>Inledning .....</b>                                                                | <b>7</b>   |
| <b>Bakgrund .....</b>                                                                 | <b>8</b>   |
| Topografi och fornlämningsmiljö .....                                                 | 9          |
| Historiska kartor .....                                                               | 11         |
| Tidigare undersökningar .....                                                         | 12         |
| Bakgrund till magasinerade preparat från fornlämning 13 och 69 av Gunnel Vahlne ..... | 15         |
| Syfte, metod och genomförande .....                                                   | 16         |
| <b>Undersökningsresultat .....</b>                                                    | <b>21</b>  |
| Undersökningen av A42 .....                                                           | 23         |
| Undersökningen av preparatet år 2023 .....                                            | 27         |
| Fynd .....                                                                            | 34         |
| Analyser .....                                                                        | 37         |
| <b>Tolkning .....</b>                                                                 | <b>76</b>  |
| Vilka fyndkategorier finns på Hallunda och vad innebär de? .....                      | 76         |
| Hur kan verksamheten och anläggningarna dateras? .....                                | 82         |
| Har anläggningarna använts som degelugnar? .....                                      | 82         |
| <b>Frågeställningar och svar .....</b>                                                | <b>82</b>  |
| Är anläggningarna stora stolphål med lerklining från husväggar? .....                 | 87         |
| Är anläggningarna använda som kremationsugnar? .....                                  | 89         |
| Är anläggningarna koppar- eller järnframställningsugnar? .....                        | 91         |
| Är anläggningarna använda som någon annan typ av ugn? .....                           | 92         |
| <b>Slutsatser .....</b>                                                               | <b>93</b>  |
| <b>Administrativa uppgifter .....</b>                                                 | <b>95</b>  |
| <b>Referenser .....</b>                                                               | <b>96</b>  |
| Litteratur .....                                                                      | 96         |
| Lantmäteriakter .....                                                                 | 101        |
| <b>Bilagor .....</b>                                                                  | <b>102</b> |

# Sammanfattning

---

Hallundakomplexet, Botkyrka 13:1 och 69:1, delundersöktes mellan åren 1969–71. (I fortsättningen kommer de båda fornlämningarna att kallas för Hallunda 13 respektive Hallunda 69). Komplexet är än idag, drygt 50 år efteråt, en av Mälardalens fyndrikaste boplatser, verkstads- och gravkomplex från bronsåldern. Platsen ligger strax söder om Mälaren och de mest uppmärksammade lämningarna och fynden på platsen var dels den välbevarade och formrika keramiken, dels gjuterifynden i form av ugnar, deglar, gjutformar och gjutspill. Just bronsgjuteriet med anläggningar som tolkades som ugnar för bronssmältning har sedan 1970-talet blivit omskrivna och omtolkade i både skandinavisk och europeisk litteratur. På Hallunda 13 tolkades tolv anläggningar som ugnar, samlade inom Zon 2. De låg inom en stenkonstruktion som tolkades som ett mindre hus. På Hallunda 69 hittades två anläggningar som tolkades som ugnar. Ugnskonstruktionerna och gjuteriverksamheten blev mycket uppmärksammade redan under fältundersökningen. Totalt undersöktes nio eller tio av dessa ugnar i fält. De hade alla en likartad konstruktion som fanns i två varianter. Den första var något större, ovala ugnar med en kraftig stenskoning. Anläggningarna i den andra gruppen var rundade i plan, något mindre både till längd och djup samt hade en glesare stenskoning. Båda typerna hade stora mängder med förglasad och sintrad lera i framför allt den övre delen av fyllningen. Utifrån spridningen av leran tolkades de som kupolugnar, där en kupol av lera hade täckt själva härden.

Fenomenet med den här typen av möjliga kupolugnar från bronsåldern var så pass ovanligt att tre av anläggningarna togs in i sin helhet som preparat till Statens Historiska Museers (SHM) magasin. Meningen var att de skulle kunna under-

sökas noggrannare i framtiden. I texten kommer begreppet degelugn att användas för härdar eller ugnar där man har smält koppar, tenn eller färdig brons för gjutning. Degelugnar har i modern tid en helt annan betydelse men för att lättare kunna särskilja ugnar för reduktion av kopparmalm från de härdar eller ugnar där man smälter färdig metall i deglar, används detta begrepp här.

Ett av de tre preparaten, A42, som förvarades i SHM:s magasin hade skador och kunde inte bevaras. En projektgrupp bildades med medlemmar från Stiftelsen Upplandsmuseet, SHM och en av fältarbetsledarna från de tidigare undersökningarna, Gunnel Vahlne. Projektet erhöll medel från Birgit och Gad Rausings Stiftelse för Humanistisk Forskning för forskningsundersökningen och naturvetenskapliga analyser av det förmodade ugnspreparatet A42. Därutöver har SHM och Stiftelsen Upplandsmuseet bidragit med personaltid och Inga Ullén och Gunnel Vahlne har bidragit med tid för att fullfölja projektet.

Undersökningsresultaten visar att anläggningen användes under 800-talet f. Kr. och att den tillhör den något mindre ugnsvarianten på platsen. Fynden utgjordes till största delen av bränd och sintrad lera. De kemiska analyserna ger inga klara indikationer på att anläggningen har varit använd för metallhantering. Fynd, fyndspridning och konstruktion tyder dock på att det rör sig om en degelugn eller en förvärmningsugn för gjutformarna, de bör vara upphettade när man håller ned bronset. Den enda alternativa tolkningen är att det rör sig om ett stolphål i ett hus där man har gjutit, men det framstår som mindre troligt. Varken de större anläggningarna eller mindre som har tolkats som två typer av ugnar är typiska stolphål från perioden.

# Inledning

---

Den här rapporten behandlar undersökningen av det förmodade ugnspreparat som var intaget till SHM år 1971 från undersökningen av Botkyrka 13:1/L2017:2252. Platsen kommer att kallas Hallunda 13 i fortsättningen. Preparatet har förvarats i SHM:s magasin sedan 1970-talet men var i dåligt och sönderfallande skick. Preparatet är nu destruerat genom undersökningen och hade förvärvsnummer SHM 29458 och fyndidentitet 46147\_HST.

En projektgrupp bildades med medlemmar från Stiftelsen Upplandsmuseet, SHM och en av fältarbetsledarna från Hallunda-undersökningarna, Gunnel Vahlne, för att utföra undersökningen. Gruppen bestod av personer från Stiftelsen Upplandsmuseet (UM) och Statens Historiska Museer, Avdelningen för Samlingar och Forskning (SHM). Projektmedlemmar har varit docent Torun Zachrisson (Projektledare, UM), fil. Dr. Thomas Eriksson (ansvarig för bronsålder- och äldre järnålderssamlingarna, SHM), Inga Ullén (tidigare 1:e antikvarie, SHM), fil. lic. Per Frölund (UM) och Gunnel Vahlne (tidigare Riksantikvarieämbetet, RAÄ). Projektgruppen sökte forskningsmedel för ett större projekt om Mälardalens äldsta metallhantering, som även omfattade material från

Bredåker, Skälby, Ryssgårdet, Apalle och Håga i Uppland. Detta större projekt erhöll dock inga medel. Glädjande nog beviljades medel för ett delprojekt, nämligen forskningsundersökning och naturvetenskapliga analyser av det förmodade ugnspreparatet A42, av Birgit och Gad Rausings Stiftelse för Humanistisk Forskning. Därutöver har SHM och Stiftelsen Upplandsmuseet även bidragit med personaltid, och Inga Ullén och Gunnel Vahlne har bidragit med tid för att kunna fullfölja projektet. Merparten av rapporttexten har utformats av Thomas Eriksson, SHM med bidrag från övriga projektmedlemmar.

Rapporten redovisar tidigare analyser och nya analyser som har gjorts av preparatet och dess närområde. För att kunna förstå anläggningens funktion diskuteras dessutom kontexten inom Zon 2 på Hallunda 13 med fyndspridning och anläggningsspridning. Zonen låg på den södra halvan av Hallunda 13 och där fanns merparten av gjuterifynden. De naturvetenskapliga analyserna redovisas och diskuteras dels i rapporten, dels i separata bilagor.

Slutligen görs olika tolkningar av platsen och A42 i sin kontext.

# Bakgrund



Figur 2. Utdrag ur ekonomisk karta med Botkyrka 13:1/L2017:2252 markerad med röd cirkel och ljusblå färg. Data Lantmäteriet och Riksantikvarieämbetet.

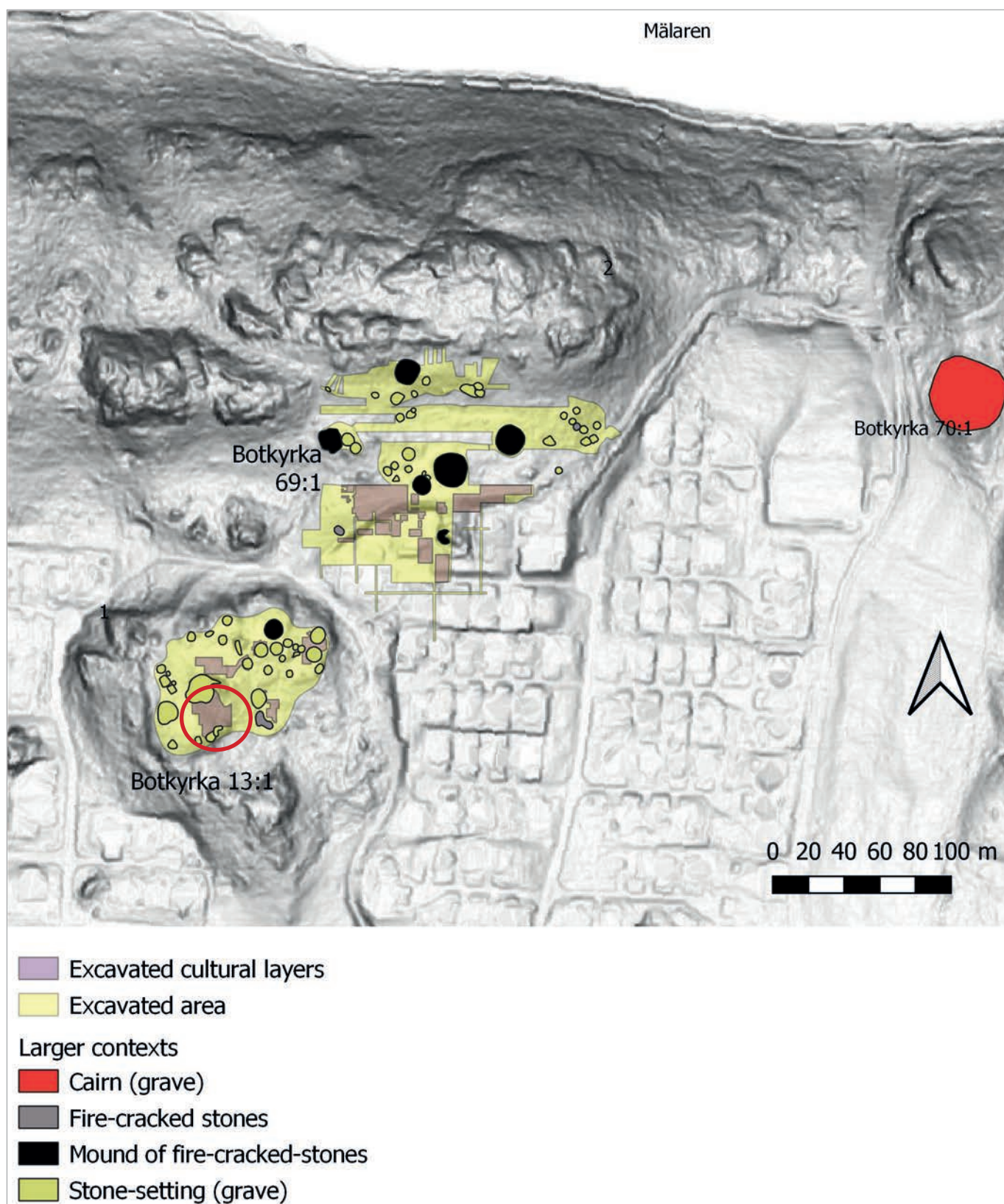
## Topografi och fornlämningsmiljö

Hallunda gård består idag av en herrgårdsbyggnad med anor från 1700-talet. Fram till och med 1600-talet var enheten en by med två eller tre gårdar som ombildades till ett säteri. Mangårdsbyggnaden ligger 500 m öster om Botkyrka 13:1. Enheten är omnämnd för första gången år 1442 som *Halunde*. Efterleden är antingen ett *-und*, i betydelsen stenig mark och förleden hall-, klippa, håll, sten, med betydelsen stenig mark. Alternativt har det syftat på en lund vid hällen. Ortnamn med *-lund* brukar anses syfta på en 'skogsdunge' och kan, beroende på sitt sammanhang, syfta på en helig lund, men behöver inte göra det (Wahlberg 2016, 117; Vikstrand 2001, 283).

Området från Hallunda, Eriksberg och Slagsta ned till Skrävsta i söder har en mycket utpräglad och rik fornlämningsbild. Under bronsålder har Mälaren, eller dåvarande Östersjön, legat direkt norr om den bergsrygg som i dag utgör Mälarskogens naturreservat. På sydsidan av bergsryggen ligger boplat- och gravkomplexet Botkyrka 69:1, i fortsättningen kommer platsen benämnas Hallunda 69. På terrasserna nedanför bergsryggen ligger gravar från brons- och järnålder, stora skärvtenshögar och rika boplatslämningar. Fornlämningen delundersöktes 1969–71 (Jaanusson, Löfstrand, & Vahlne 1978; Jaanusson 1988). På en morän- och bergskulle strax sydväst om Hallunda 69 låg gravfältet, gjuteriområdet och boplatsten på Botkyrka 13:1. Större delen av kullen undersöktes och gravfältet kunde dateras till yngre bronsålder och äldre järnålder. Delvis under gravarna framkom boplatslämningar och ett område med gjuterifynd och ugnar (Jaanusson 1988; Jaanusson & Vahlne 1975a). En av dessa ugnar, A42, från Hallunda 13:1, är det anläggningspreparat som beskrivs här.

Några av de viktigaste lämningarna i närområdet är annars det "fuskröse" som ligger på andra sidan en mindre dæld från Hallunda 69:1 mot öster. Fuskrösen är stensättningar eller rösen där man medvetet har utnyttjat naturliga kullar som drape-rats med sten för att anläggningen skulle framstå mer monumental (Aspeborg 2005; Eriksson & Nelson 2013). Röset är delvis utrasat men är från dalsidan ett av Södermanlands till synes största rösen (Botkyrka 70:1). På en bergsrygg söder om boplatserna har flera bronsåldersrösen undersökts, däribland ett av Södermanlands och Mälardalens få gravfunna svärd (Hemmendorff 1973; 1978). Ytterligare längre söderut finns ligger Skrävsta. Platsen är känd en mycket rik vendeltida grav med en intilliggande större hallbyggnad och för den ytterst fina bronsålderskeramik som framkom under en skärvtenshö (Jaanusson 1981, 34). Längre mot öster finns en av Sörmlands största bildristningar, vid Slagsta (Broström, Ihrestam, & Wikell 2021, 172ff.).

Hallunda låg kommunikationsmässigt mycket bra till under bronsåldern. Vattenvägarna från Södertälje kanal och Stockholms ström har mötts här i ett skyddat fjärdlandskap. Mindre fjärdar och våtmarker har funnits direkt öster och sydöst om boplatsten. Hallunda med sin fornlämningsbild och rika fynd har med stor sannolikhet varit en av noderna för bronsålderns handelsnätverk i Mälardalen med ett kontaktnät som sträckt sig över hela Östersjöområdet (Eriksson 2022, 69f. & fig. 15; Jaanusson 1981).



Figur 3. Topografin runt Hallunda 69 och 13. De gula ytorna är de som avtorvades 1969–71 och de ljusbruna är de ytor med kulturlager som undersöktes. Anläggningen A42:s läge är utmärkt med en cirkel. Antagligen har boplatslämningar funnits i ytorna söder om Hallunda 69. Till höger syns det "fuskroset", Botkyrka 70:1, som markerar ett inlopp till en mindre våtmark eller lagun under bronsålder. Alla fornlämningar är inte markerade här. Underlag Lantmäteriverket.

## Historiska kartor

Området ligger under Hallunda gårds ägor. På ägomätningen från 1808 ligger både fornlämningarna Botkyrka 13:1 och 69:1 inom Västerhagen (G på kartan, se fig. 4). Hagen beskrivs som "til det mesta bergsbunden, dock wackra dälдер emellan, som med gammal Björk skog bewäxter är." Ingen bebyggelse syns på kartan. Även på de geometriska kartorna från 1636 och 1699 är området angivet som hagmark. På häradskartan från 1901-6- och generalstabskartan från 1919 finns ett torp, Lugnet, norr om vägen som skär

genom hagen. På platsen finns ett torp än idag. Däremot finns inte några större byggnader markerade inom undersökningsplatsen. Inte heller på den ekonomiska kartan över Norsborg från 1953 finns någon bebyggelse på platsen för Botkyrka 13:1. På flygfotona från runt år 1970 över undersökningarna syns en mindre byggnad omedelbart norr om höjden med Hallunda 13. Enligt Gunnel Vahlne var detta en äldre ekonomibyggnad eller smedja. Men troligen har platsen för Hallunda 13 aldrig varit uppodlad under efterreformatorisk tid.



Figur 4. Utdrag ur historiska karta, en ägomätning över Hallunda 1-3 från 1803 av Johan Ström. Lantmäteristyrelsens arkiv A9-9:2. Undersökningsområdet för Botkyrka 13:1 är markerad med röd cirkel och ligger söder om brukningsvägen G. Botkyrka 69:1 norr om vägen på G.



Figur 5. Flygfoto över Botkyrka 13:1 centralt i bilden, vid vägen i skogsbrynet syns torpet Lugnet. Nedtill i bildens vänstra hörn syns delar av Botkyrka 69:1. I bildens förgrund ligger husplattor för husen på Bronsgjutarvägen. Foto från ostsydost av Björn Ambrosiani 1971-05-18. Bild Riksantikvarieämbetet KMB\_16001000541926\_BAI710518\_015. CC BY.

## Tidigare undersökningar

Hallundaundersökningarna som utfördes av 1969–71 var epokgörande för förståelsen av bronsåldern i Mälardalen. De var länge de största yttäckande undersökningarna av ett grav- och boplatsskomplex med tjocka kulturlager, skärvtenshögar och delvis överlagrande gravar från sen bronsålder och äldre järnålder. Undersökningarna föranleddes av att Botkyrka stad skulle byggas ut. De norra delarna med Botkyrka 69:1 skulle bebyggas med bostadshus och Botkyrka 13:1 skulle bli lekpark. De mycket omfattande lämningarna gjorde dock att delar av området med de mest synliga lämningarna undantogs från byggplanerna. Medel från Riksantikvarieämbetet sköts i stället till för att delundersöka ytorna.

Undersökningarna omfattade två olika grav- och boplatssområden, Botkyrka 69:1–2/L2017:277 och L2017:2769, området ligger cirka 100 meter nordnordost om Botkyrka 13 i en sydsluttning på den bergsrygg som skiljer Mälaren från dalgången runt Hallunda och Tomtberga. På platsen var

sedan tidigare fem gravar och en skärvtenshögar kända. Vid en inledande begränsad förundersökning framkom ytterligare gravar och skärvtenshögar samt ett kulturlager, men omfattningen av lämningarna var svår att beräkna när slutundersökningen påbörjades. På platsen fanns och kvarligger delvis skärvtenshögar och gravar från yngre bronsålder till och med yngre järnålder. Idag är lämningen registrerad som två stensättningar, fem skärvtenshögar, tre skärvtensförekomster, och fyra boplatss- eller husterrasser, men är med stor sannolikhet betydligt mer omfattande. Sannolikt har det funnits boplatssaktiviteter i det område som idag är bebyggt mellan Hallunda 13 och 69. Under det som var synligt ovan torven framkom ett cirka 16000 m<sup>2</sup> stort kulturlager som var mellan 0,1–0,6 meter tjockt. Kulturlagret var mycket rikt på skärvtens och delundersöktes. I lagret påträffades stora mängder keramik, deglar och gjutformar, stenredskap och bronser. I området fanns även stolphål, härdar, kokgropar och ugnar. Platsen kom tidigt att uppmärksammas för sitt rika och mångfacetterade fyndmaterial och komplexitet (Jaanusson 1971). Keramikmaterialet

har publicerats inom ramen för Hille Jaanussons avhandling och gjuteriet har presenterats av Gunnel Vahlne. (Jaanusson 1981; 1988; Vahlne 1974; Jaanusson, Löfstrand, & Vahlne 1978; Vahlne 1989) Endast de sydligaste delarna av komplexet, Botkyrka 69:1, kom att bebyggas. Kvar ligger fler av skärvstenshögar, boplatssdelar och gravar samt Botkyrka 69:2.

Samtidigt med undersökningarna av grav- och boplatsskomplexet Botkyrka 69:1 undersöktes Botkyrka 13:1–2/L2017:2252, L2017:2110. Botkyrka 13 ligger på en morän- och bergskulle som är skild från Hallunda 69 genom en mindre dæld. På sydsidan av Hallunda 13 finns dessutom flera terrasseringsar, gravar och skålgropsförekomster som kvarligger utanför undersökningsområdet. Hela undersökningsområdet ligger kvar sedan undersökningen och kom inte att bebyggas. Före undersökningen var cirka 20 gravar kända, varav 5 bedömdes som osäkra. Avtorvningen visade att det rörde sig om totalt 30 gravar, skärvstenshögar och -flak som överlagrade en boplat. Gravarna och skärvstensanläggningarna kan dateras till yngre bronsålder och de yngsta anläggningarna till romersk järnålder (Jaanusson 1988; Jaanusson & Vahlne 1975a).

Totalt avbanades 4500 m<sup>2</sup> på Botkyrka 13:1 och 1000 m<sup>2</sup> undersöktes av kulturlagret. Delar av ytorna kom inte att kunna undersökas men ligger kvar. Kulturlagret var 0,1–0,3 meter tjockt med rikligt av skärvsten och fynd. Även i gravarnas fyllning och under dessa framkom fynd av boplatsskaraktär. Hela ytan delades in i sex olika zoner. På den centrala delen, zon 4 framkom en koncentration av stolphål, härdar och kokgropar. Strax söder om denna låg zon 2 med rikliga fynd av keramik, deglar, gjutformar, bronser och föremål av bergart. Här återfanns även tolv eller tretton anläggningar som tolkades som ugnar och stora mängder sintrad och bränd lera och lerklining. Zon 2 kom att uppmärksammas som gjuteriområdet på grund av sina rika fynd av ugnsvägg, bronssmältor, deglar och gjutformar (Jaanusson 1988; Jaanusson & Vahlne 1975b, 13; Vahlne 1974; 1989). Tre av ugnsanläggningar kom dessutom att tas in som preparat för framtida mer noggranna undersökningar. Anläggning A42 är en av dessa ugnar. Inom zon 2 och 4 fanns även olika stenramar och stensträngar som har satts i samband med olika typer av huskonstruktioner. Inga tydliga treskeppiga hus går dock att rekonstruera, antagligen beroende på att de kulturlagergrävda ytorna inte var tillräckligt stora.



Figur 6. Översiktsfoto på Zon 2 med ugnarna. Marken är mättad med rödbränd lera och till vänster syns stenramen A107 och i mitten den stenskodda ugnen A36. A42 syns något till höger om bildens centrum. Foto från 1970 av Gunnel Vahlne.



Figur 7. Foto över zon 2 med stenramen A107 i förgrunden och den stenskodda ugnen A36 snedd till höger. A42 ligger bakom A36. Foto från öster av Sören Hallgren 1970 (Jaanusson 1971, Fig. 4).

När platsen undersöktes runt år 1970 var fältmetodiken för boplatser och kunskapen om stolpbyggda långhus från bronsålder ännu i sin linda, speciellt i Mellansverige. Den vetenskapliga diskursen var ännu att regionens bronsålderssamhälle var byggt på halvnomadiserande herdar som bodde i mindre hyddor (Hjärthner-Holdar, Eriksson, & Östling 2008, 42f). Det var först på 1980-talet med undersökningarna för motorvägen E18 mellan Bålsta och Enköping som man hade utvecklat metoder för att förstå och tolka boplatser och långhus från brons- och järnålder (K. Andersson 1994; Hamilton, Karlenby, & Fagerlund 1995; Ullén 2003). Hallundaundersökningarna innebar ett paradigmskifte i förståelsen av vikten av att bana av större ytor på fornlämningarna och mellan de synliga gravarna. Detta gjordes delvis med motstånd både från exploitörer och antikvariskt verksamma. Kunskaperna från Hallunda om rikedomerna på fynd på bronsåldersboplatser

och vad keramiken kunde berätta om kontaktnätet var helt nytt, även om mindre ytor hade undersökts inom bland annat Brobykomplexet i centrala Uppland (Jaanusson 1981; Schönback 1959). Även de flitigt utnyttjade naturvetenskapliga analyserna berikade kunskaperna om bronsålderns jordbruk och boskapsskötsel (Ekman 1988; Hjelmqvist 1988; Lahtiperä 1988; Robertsson 1988)

Gjuteriområdet i Zon 2 framstår ännu som ett unikum med sina många anläggningar som tolkades som ugnar och fynd som kan kopplas samman med bronsgjutning. Undersökningarna var på många sätt mycket framsynta, bland annat genom beslutet att ta in tre av ugnarna som preparat. Det är ett av dessa preparat, som hade förvarats i olika magasin sedan 1970, som denna undersökning gäller.

## Bakgrund till magasinerade preparat från fornlämning 13 och 69 av Gunnel Vahlne

Redan i början av grävningen av det som senare kom att kallas för verkstadsplatsen, förstod vi (grävningsledarna Hille Jaanusson och Gunnel Vahlne) att det rörde sig om lämningar av speciell karaktär och i stor omfattning. Det innebar att vi (grävningsledarna) ställde vi oss frågan hur vi bäst tar till vara och förmedlar kunskapen för framtiden. Utgrävningen var en exploateringsgrävning och tid och kostnader var begränsade.

Tre anläggningar på Hallunda 13 med ca 1,5 meter i diameter med kraftig stenskoning i flera lager hade koncentration av bränd och bitvis slaggad lera samt sotlager i botten. Den sintrade leran analyserades preliminärt och uppskattades ha tillkommit vid en temperatur klart över 750 grader till eventuellt 1000–1200 grader. Tillsammans med andra fynd på platsen bedömdes de som möjliga smältugnar för brons.

En av dem, A37, uppmättes sten för sten, monterades ner och bevaras på SHM. "Innanmätet" med bränd lera och sot delades i fyra delar och transporterades in i kartong. Avsikten var att det skulle vara möjligt att rekonstruera anläggningen för museibruk.

Dessutom valdes bottenkonstruktionen av två mindre anläggningar, A42 och 43 från Hallunda 13, med koncentration av bränd lera ut. De gipsades och plastades in för transport in till Historiska museet. Dessa två anläggningar har ingen tydlig stenskoning och var inte så djupt nedgrävda, vilket gjorde det möjligt att skjuta in en plåt under lermassan. De är alltså delvis av annan karaktär än de större ugnarna. Syftet var att förvara preparaten för framtiden för kommande undersökning, när ny forskning och teknik kan ge möjlighet till ökad förståelse av verksamheten på platsen. Ytterligare en anläggning från Hallunda 69, A86, togs in i sin helhet.

Det är A42 som nu har undersökts. Preparatet var i dåligt skick, så en undersökning var angelägen. A43 återstår ännu oundersökt. Den har i botten en djupare nedgrävning med mörk jord synlig på platsen under preparatet. A86 från Hallunda 69 återstår också.

Analysen av A42 och de uppmätta resultaten blir viktiga för bedömningen av anläggningen och verksamheten. Fortsatt hantering för de övriga preparaten kan också diskuteras.

Gunnel Vahlne, dec 2024



Figur 8. Ingipsning av ett av ugnspreparaten A86 på Hallunda 69 år 1970. Preparatet förvaras på SHM under fid 45673\_HST. Foto Gunnel Vahlne.

## Syfte, metod och genomförande

Hallunda 13 och 69 är ännu drygt 50 år efter undersökningen en av landets fyndrikaste och mest komplexa bronsålderslokaler. Redan vid under fältundersökningen uppmärksammades det att en omfattande bronsgjutning hade skett på bägge fornlämningarna. De faktorer som lyftes fram var mängden av degel- och gjutformsfragment, bronsmältor och -tappar från ingöt, den ställvis rika förekomsten sintrad lera och inte minst de tolv anläggningar på Hallunda 13 som två anläggningar på Hallunda 69 som tolkades som kupolugnar för bronsgjutning. Av ugnarna på Hallunda 69 togs A86 in i form av lösa stenar och skärvstenar samt som ingipsat preparat. Från Hallunda 13 togs två anläggningar in som ingipsade preparat (A42 och A43). Orsaken till att man tog in preparaten man i framtiden skulle ha möjlighet att göra mer noggranna undersökningar för att studera anläggningarnas konstruktion och funk-

tion. De lösa stenarna och skärvstenarna togs in bland annat för att möjliggöra rekonstruktioner av anläggningarna. En översiktlig okulär besiktning gjordes år 2023 av materialet och inga av stenarna kan klassificeras som koppar- eller järnmalm.

De ingipsade preparaten har förvarats i olika magasin hos Historiska Museet och flyttats ett antal gånger sedan början av 1970-talet. Preparaten består av hopspikade trälådor med delvis öppna sidor och botten förstärkta med gips, armeringsjärn och tidningspapper samt skydd av halm. Preparatet A42 hade skadats och innehållet hade börjat läcka ut från träkonstruktionen. Ett av de viktigaste syftena av undersökningen av A42 var därför att rädda kunskapen om preparatet innan alltför stora skador hade skett. Framför allt hade preparatet börjat läcka jord, fyllning och fynd i det nordvästra hörnet.

## Frågeställningar

| Frågeställning                                                                 | Metoder för att besvara frågor                                                                                                                                                                                                                                                                          | Bakgrund och implikationer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Har anläggningarna använts som degelugnar vid bronsgjutning?                   | -XRF för att studera förhöjda halter av<br>-Cu och Sn<br>-Fynd av gjuteriavfall<br>-Kartläggning av sintrade lerväggar<br>-Fyndstratigrafi och fyndspridning<br>- <sup>14</sup> C-analyser                                                                                                              | Hallunda har tolkats som ett av de mer betydande centra i Mälardalen för bronsgjutning. Omanläggningarna som har tolkats som degelugnar verkligen är sådana framstår platsen som ett storskaligt hantverkscentrum.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Hur kan verksamheten och anläggningarna dateras?                               | - <sup>14</sup> C-analyser<br>-Fynddateringar<br>-OSL-dateringar av den sintrade och brända leran                                                                                                                                                                                                       | Få dateringar är gjorda och dessa har långa dateringsintervall. Nya dateringar kan snäva in aktiviteterna i tid. Är de stora ugnslänkande anläggningarna från yngre bronsålder eller kan de vara stolphål till ett hus? Vilken datering har i så fall huset?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Är anläggningarna stora stolphål med lerklining från husväggar?                | - <sup>14</sup> C-analyser<br>-Utgrävning i syfte att se fyndstratigrafi (Var ligger den brända leran? Finns stolpfärgningar? etc)<br>-XRF som inte visar förhöjda halter av Cu och Sn<br>-Omtolkning av anläggningarna i närområdet utifrån planer, ritningar, tornfoton och anläggnings-beskrivningar | Vissa av ugnsanläggningarna ligger parvis i rader, något som kan indikera ett stolpburet hus. Är det huskonstruktioner kan det finnas utrymme för två huvudteser:<br><br>Huset eller husen är kulthus/samlingshus med omgivande stenrader från yngre bronsålder. (Goldhahn 2007, 293ff; Sörman 2018, 118ff)<br><br>Huset eller husen är stenramshus med stora stolphål från mellersta eller yngre järnåldern. En vikingatida datering av A41 skulle kunna tyda på detta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Är anläggningarna använda som kremationsugnar?                                 | -Utgrävning i syfte att se fyndstratigrafi: Var ligger eventuella brända ben?<br>-Finns brända människoben i preparaten<br>-analyser av jorden                                                                                                                                                          | Det har föreslagits att ugnarna skulle ha använts som kremationsanläggningar (Goldhahn 2007, 302f; Goldhahn & Oestigaard 2008). Den aktuella undersökningen syftar till att se om denna tes kan verifieras.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Är anläggningarna som reduktionsugnar för framställning av koppar- eller järn? | -XRF för att studera förhöjda halter av<br>-Cu och Sn<br>-Fynd av slagg<br>-Kartläggning av sintrade lerväggar<br>-Fyndstratigrafi<br>- <sup>14</sup> C-analyser                                                                                                                                        | Ett fynd av en slagg från kopparproduktion av sulfidmalm finns. Analyser tyder på att malm från Bergslagen kan ha använts (Ling et al. 2014, 108). Fyndet kommer dock inte från en säker kontext. Undersökningen ska vara observant på eventuella fynd av slagg som kan tyda på framställning av koppar men även järn i preparatet.<br><br>Skulle det visa sig att man har framställt koppar på platsen under bronsålder skulle detta var unikt för hela Skandinavien.<br><br>Det har även diskuterats om det finns tidig järnhantering på platsen.<br><br>På både Botkyrka 13 och 69 påträffades föremål av järn som i flera fall undersökarna har ansett som recenta men som kan ha en äldre datering. Det har hittats enstaka fragment av järnslag på platsen. Sannolikt är dock denna slagg densamma som idag anses vara kopparslag. (Hjärthner-Hol-dar 1993, 149–51; Arrhenius et al. 1988, 54) |
| Är anläggningarna använda som någon annan typ av ugn?                          | -Fyndstratigrafi<br>-Fyndsammansättning<br>-Makroprover                                                                                                                                                                                                                                                 | Anläggningarna kan även ha fungerat för exempelvis brödbak, rostning av säd, rökning av livsmedel och keramikbränning under reducerande förhållanden.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

# Metoder

## 1. Arkeologisk undersökning

Preparatet undersöktes för hand med hjälp av skärslev och grävkniv. Preparatet delades in i kvadratdecimeter stora rutor som numrerades 1 till 11 från söder mot norr och A till H från väster mot öster. Fynd och prover fördes sedan till de olika rutorna enligt systemet till exempel E3, C8 etcetera. Undersökningen gjordes i 5 centimeter tjocka stick med stick 1 överst och stick 5 underst. Preparatet undersöktes i torrt tillstånd. Fyllningen bestod av moigt och sandigt material där färgningar syntes väl och var förhållandevis lättgrävd. Lodfoton togs vid före och efter undersökningen av varje stick. Lodfotona har bildat grund för digitalisering i GIS-miljö av stenar och färgningar. En sektionsritning i skala 1:10 upprättades utifrån planritningen. Det var inte möjligt att snitta anläggningen i en halva på grund av preparatets dåliga kondition. Delar av fyllningen samlades in i påsar som torrsållades utomhus för att hitta eventuella fynd. En grävdagbok upprättades under arbetet (se bilaga 1).

## 2. GIS-bearbetning

För att kunna analysera och bearbeta undersökningen i samma geografiska kontext som undersökningen 1969–71 har delar av fältdokumentationen från den äldre undersökningen av Hallunda 13 och då framför allt zon 2 digitaliserats i ett geografiskt informationssystem (GIS). Fältdokumentationen bestod av renritade planer och lodfoton. De lodfoton som togs 2023 av preparatet A42 har rektifierats med utgångspunkt av ritningar och foton. Det program som har utnyttjats är QGIS 3.14.0. Koordinatsystemet från den äldre fältundersökningen har återanvänts för att kunna utnyttja fyndspredningar och förenkla identifieringen av preparatets plats.

## 3. Metalldetektering

För att hitta metaller (kopparlegeringar, tenn, och järn eller slagg) användes fortlöpande en pinpointer av modellen Garret Pro Pointer II. Metoden gav utslag för armeringsjärnen och vissa fall även den brända leran. I de sistnämnda fallen hade järnet i leran antagit magnetiska faser på grund av upphettning. Inga förhistoriska metaller påträffades med hjälp av metalldetektorn.

## 4. Fotografering

Preparatet fotograferades fortlöpande med sned- och lodfoto före, under och även efter under-

sökningen. Lodfoton togs med mobiltelefon före undersökningen samt när varje 5 centimeters skikt hade avlägsnats. Bilderna har sedan rektifierats för att kunna användas i QGIS.

## 5. Fyndhantering

De fynd som gjordes under undersökningen av A42 gjordes rena och registrerades fortlöpande i Statens Historiska Museers fynddatabas Adlib. Samtliga fynd tillfördes samma förvärvsnummer (fd. inventarienummer) som fynden från 1969–71 har. De finns därför under SHM 29458. Föremålen består nästan uteslutande av bränd lera och har unika fyndidentiteter i Adlib (Fid 3178701–3233392 med avbrott i numrering). Totalt rör det sig om 24 fyndenheter med föremål, främst bränd lera men också kolprover, från undersökningen 2023. Även kolprover har hanterats på samma sätt och registrerats.

## 6. Vedartsbestämningar och <sup>14</sup>C-dateringar

Förhållandevis många <sup>14</sup>C-dateringar gjordes redan på 1970-talet av träkol och harts från boplat- och gravkontexterna på Hallunda 13. Totalt gjordes då 18 dateringar vid Naturhistoriska museet i Stockholm (St-3335-4271 med avbrott i numreringen). De äldre dateringarna har alla en mycket hög standardavvikelse på mellan ±100 och ±145 år innan kalibrering. Nya dateringar på material från undersökningen 2023 samt några referensprover från närområdet har valts ut för nya dateringar med tandemaccelerator vid Uppsala universitet. Både de nya och de äldre dateringarna har omkalibrerats i OxCal. (se bilaga 4)

Före dateringen gjordes vedartsbestämningar av träkolet för att utröna vilka träslag som hade använts och egenåldern på kolet. Vedartsbestämningarna utfördes av Ulf Strucke, Antraco (se bilaga 3).

## 7. Korologiska analyser av fyndspredningen på Hallunda 13 och zon 2

Bronshanteringen på Hallunda uppmärksammades redan i början av fältundersökningarna, det var tack vare rikedomerna på deglar, gjutformar, sintrad lera, bronser och inte minst de anläggningar som tolkades som ugnar. Man ska komma ihåg att detta var vid en tidpunkt då Helgöundersökningarna, på andra sidan Mälarsundet, var i gång sedan några år. På Helgö var samma typ av verkstadsfynd uppmärksammade och stod i fokus för forskningen runt 1970 (Clarke & Lamm 2017; Grandin, Clarke, & Lamm 2008; Stilborg 2008).

Däremot var kunskapen om hur man skulle tolka lämningar efter treskeppiga hus från brons- och järnålder ännu i sin linda. Det var först på andra halvan av 1980-talet som stolphål och hus började tolkas i fält, med några få äldre undantag. Inom Zon 2 finns flera anläggningar som är stolphålsliknande men det är svårt att få ihop trovärdiga treskeppiga hus av de typer som numera är kända från samtida boplatser. Även direkt norr om verkstadsområdet, inom zon 4, fanns flera tydliga stolphål men det är idag svårt att urskilja tydliga hus.

Den noggranna undersökningen av Hallunda 13 ger dock ett bra underlag för att tolka fyndspridningar i förhållande till de anläggningar som påträffades.

## 8. Osteologi

Endast ett möjligt litet fragment av ett bränt ben(?) gjordes vid undersökningen 2023. Fragmentet har inte gått att vare sig art- eller könsbedömas och tolkningen som ben är osäker.

Därför har de osteologiska bedömningarna från de äldre undersökningarna använts vid analysen (Ekman 1988; Lahtiperä 1988).

## 9. Keramiska analyser

Inga nya keramiska analyser av exempelvis smältningstemperaturer eller gods har gjorts. Tunnslip av keramik har gjorts tidigare och även analyser av bränd lera (Arrhenius et al. 1988; Nordström 1988; Stilborg 2009). Även lerslagg har analyserats för att se om den innehöll rester efter järnhantering (Nilsson 1987). Nya mätningar med handhållen XRF har gjorts av den kemiska sammansättningen i gjutformar, deglar och bränd lera (se bilaga 2 och nedan).

## 10. XRF-analyser

För att söka efter indikationer på metallhantering i preparatet och ett antal fynd som är knutna till närområdet gjordes XRF-analyser av Hans Ahlgren och Sven Isaksson vid Arkeologiska forskningslaboratoriet, Stockholms universitet (se bilaga 2). Handhållen XRF (X-ray fluorescence) är en enkel och snabb metod att kunna analysera den kemiska sammansättningen på olika material. Metoden är i dag framför allt kvantitativ men ger kvalitativa data.

Syftet med analysen var att se om det dels fanns rester av framför allt kopparlegeringar och tenn i form av mindre partiklar eller fragment, som

skulle kunna tyda på att metallhantering har ägt rum. En förhoppning var också att det om möjligt skulle kunna finnas rester av koppar eller andra metaller som förångats vid smältningen i de förmodade kupolugnarna. Om sådana rester skulle finnas kvar bör de vara i mycket låga halter. De mycket stora mängderna av den sintrade leran på Zon 2, om den härrör från kupolugnar, skulle kunna tyda på att gjutningen har varit omfattande.

Analyserna gjordes på två huvudgrupper av material:

- Den första gruppen var jordprover som samlades i alla stick per kvadratdecimeterruta i preparatet av A42. Det översta sticket analyserades dock inte på grund av sentida kontaminationer i form av halm, animala rester och andra föroreningar. Analyserna gjordes för att se om det fanns förhöjda metallhalter i det horisontella planet, i eller utanför anläggningen och om det fanns skillnader i det vertikala planet. Totalt analyserades 181 jordprover på detta sätt.
- Den andra gruppen utgjordes av referensprover i form av olika typer av fynd. Totalt analyserades 31 fynd i magasinet i Tumba. Fynden var:
  - Föremål som måste ha varit i kontakt med bronsanteringen, såsom gjutformar och deglar av bränd lera.
  - Föremål som kan ha påverkats av bronsanteringen, såsom den sintrade leran
  - Föremål som inte bör ha varit i kontakt med brons, såsom mer ordinär lerklining och keramik.

## 11. OSL-analyser

En av de viktigaste faktorerna som sedan 1969 har utgjort basen för tolkningen av zon 2 på Hallunda 13 är mängden av sintrad och bränd lera. Totalt ska omkring 1260 kg sintrad och bränd lera hittats på fornlämning 13 (Jaanusson 1981, 16). För att utröna om den brända leran är samtida med A42 och om den tillhör en eller flera faser har ett urval prover skickats till Lund Luminescence Laboratory, vid Geologiska Institutionen vid Lunds universitet. OSL (optically stimulated luminescence) används för att datera mineraler i form av kvarts genom att mäta den radioaktivitet

som finns kvar sedan provet upphettades senast till mer än 400°C. Urvalet av prover består både av lera som hittades i A42 och av referensprover från området nordväst om anläggningen.

## 12. Metallanalyser

Inga metallföremål hittades vid undersökningen år 2023. Analyser av ett antal föremål av brons och slagg finns sedan tidigare och kan utnyttjas i den här studien (Arrhenius et al. 1988; Ling et al. 2014; Vahlne 1974, 20ff). De undersökningar som gjordes på 1970-talet visar att man på platsen både har haft mer ren koppar, kanske i form av råämnen, samt olika proportioner mellan tenn-bronser.

## Förutsättningar

Eftersom preparatet av A42 var i dåligt och sönderfallande skick kunde inga längre transporter ske. Därför fick projektet dispens av Enheten för Arkeologiska samlingarna (SOF-a) vid Statens Historiska museer att utföra undersökningen i det magasin som har härbärgerat preparatet de senaste decennierna. Undersökningen utfördes därför i Sten- och benmagasinet i Tumba, ett magasin som egentligen inte är anpassat för den här typen av undersökningar som avsätter stora mängder damm, smuts och avfall. Ingen sållning kunde därför ske inomhus utan delar av fyllningen togs ut utanför magasinbyggnaden för att torrsällas.

## Publika insatser

Undersökningen under sommaren 2023 presenterades på Stiftelsen Upplandsmuseets och Historiska museets hemsidor och på Facebook-sidor.

De preliminära resultaten har presenterats i augusti 2024 på *European Association of Archaeologists* (EAA) i Rom av Thomas Eriksson under titeln *New Analysis of the Bronze Casting in Hallunda* på en session med temat *Metals and Metalworking II: Production and Technology* ledd av Heide Nørgård med flera. Resultaten nådde en bred internationell publik.

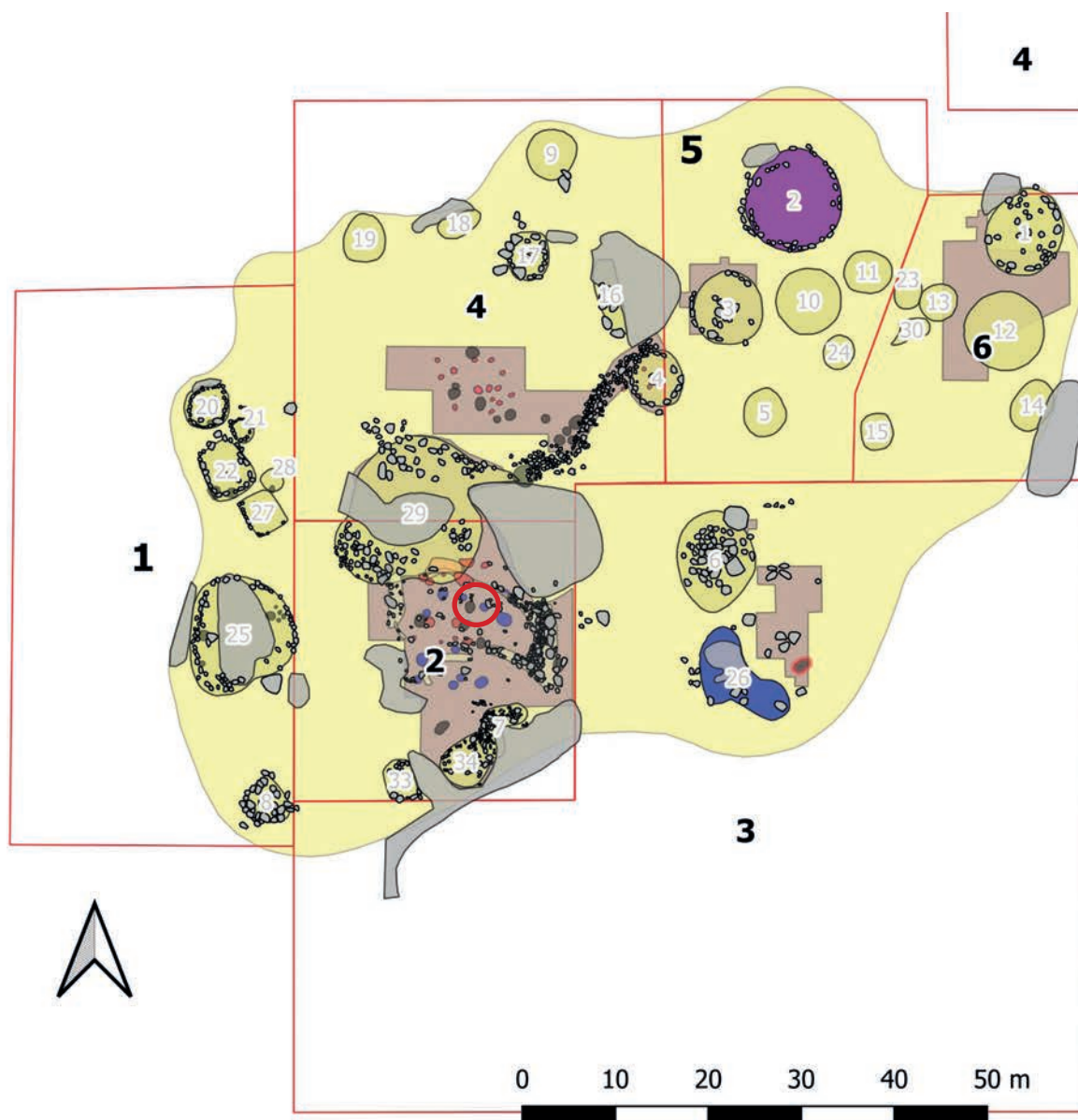
Hallunda och resultaten av undersökningen har också presenterats på ett seminarium på Institut for arkeologi, konservering og historie vid Oslo Universitet i oktober 2024. Titeln på seminariet var *Hallunda - en centralplats under bronsåldern*. Resultaten nådde en publik bestående av studenter, forskare och anställda vid Kulturhistorisk Museum, Universitetet i Oslo.

En artikel om Hallunda planeras att insändas till Fornvännens redaktion.



Figur 9. Deltagarna i undersökningen av preparatet A42 år 2023. Från vänster syns Gunnel Vahlne (en av grävledarna 1969–71), Inga Ullén, Thomas Eriksson, Torun Zachrisson och Per Frölund. Foto Elin Ahlin Sundman, SHM.

# Undersökningsresultat

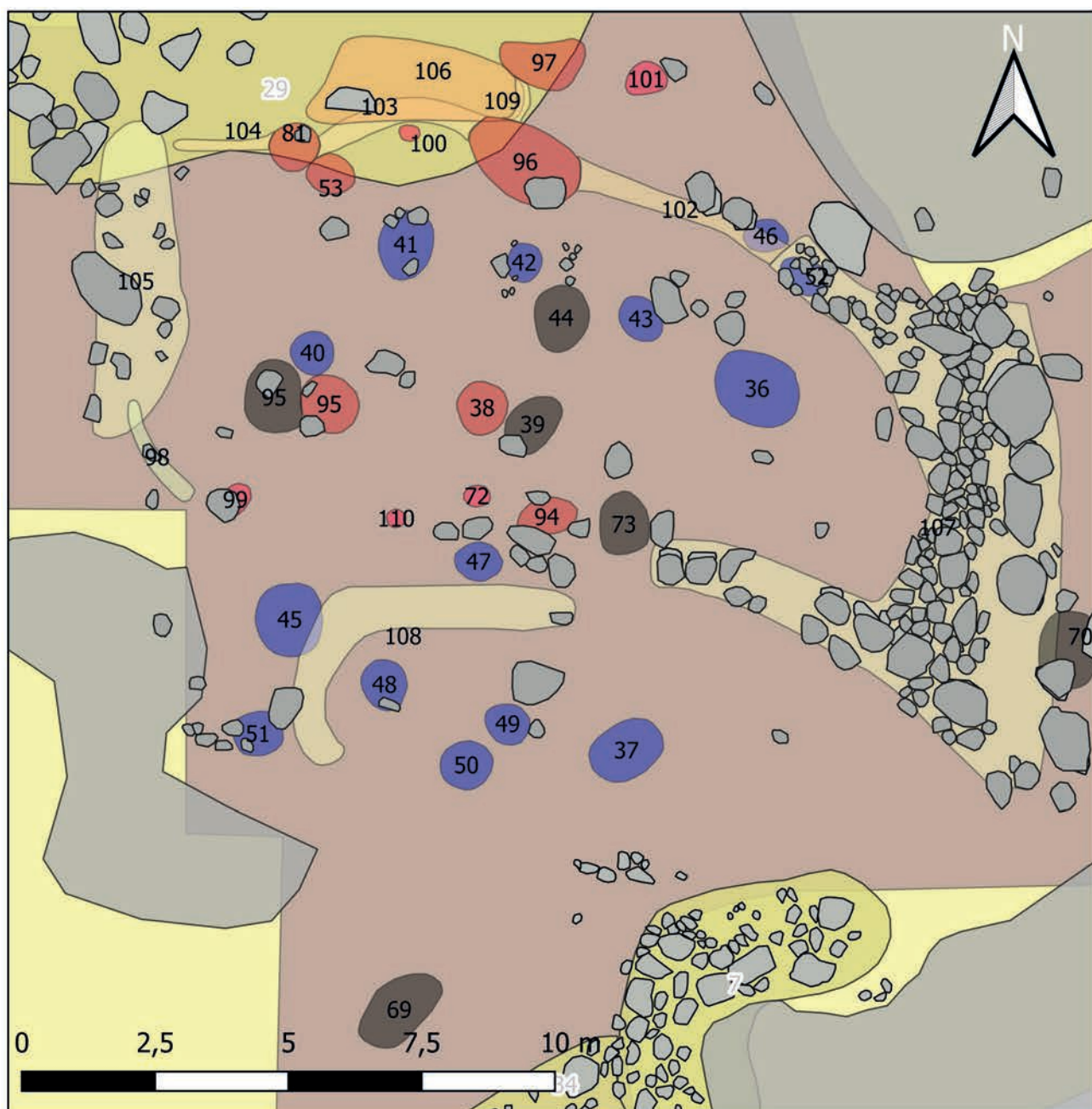


- Anläggning**
- grop, Nedgrävning
  - Härd
  - Kokgrop
  - Lerlins
  - Ränna
  - Stensträng
  - Stensträng med ränna
  - Stolphål, Stolphål?
  - Ugn, Ugn/härd

- Gravar yta**
- Skärvestensflak
  - Stensättning
  - Stensättning/skhög
  - sten gravfält hallunda 13
  - Berg
  - Hallunda zoner
  - Kulturlagerundersökning

Schakt

Figur 10. Översikt över Botkyrka 13:1 med schakt och de olika zonerna som undersökningen delades in i 1969–71. A42:s läge har markerats med en röd cirkel. Karta T. Eriksson, SHM.



- |                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: grey; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> sten gravfält hallunda 13 | <b>Anläggning</b>                                                                                                                                                    | <b>Gravar yta</b>                                                                                                                                                |
| <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: lightgrey; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Berg                 | <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> grop, Nedgrävning           | <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Stensättning         |
|                                                                                                                                                                     | <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: darkgrey; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Härd                   | <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: purple; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Kulturlagerundersökn |
|                                                                                                                                                                     | <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: orange; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Lerlins                  | <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Schakt               |
|                                                                                                                                                                     | <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Ränna                    |                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                     | <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: lightyellow; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Stensträng          |                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                     | <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Stensträng med ränna |                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                     | <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: pink; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Stolphål, Stolphål?        |                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                     | <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: blue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> Ugn, Ugn/härd              |                                                                                                                                                                  |

Figur 11. Översikt över zon 2:s centrala del med ugnarna. A42 är utmärkt med en cirkel. Karta T. Eriksson, SHM.

# Undersökningen av A42

## 1. Anläggningsbeskrivningen från 1970-talet

I rapporten över boplatslämningarna på Hallunda 13 beskrivs anläggningen på följande sätt (Jaanusson & Vahlne 1975b, 160):

### ANLÄGGNING 42

OVAL UGN, 0,5–0,5 m diameter. Lerklining och bränd lera begränsat av ett fåtal småstenar. Stödsten i V. Belägenhet x296 y 548

Anläggningen var belägen i N delen av zon 2 och framträdde i LI av boplatslagret. Den var orienterad i N-S riktning.

Ugnsmaterialet begränsades av ett antal småstenar, ca 0,1–0,2 m stora främst i N och S. I N ingick bland dessa en liten skiva av röd sandsten, som var kantställd. Omedelbart V om ugnsmaterialet fanns en stödsten, 0,2 x 0,3 x 0,5 m stor, som var ställd på kant med sin längdriktning i N-S.

Själva ugnsmaterial utgjordes av lerklining främst i form av tunna skivor sintrade på ena sidan, men även hårt brända klumpar med grenavtryck förekom. Dessutom fanns bränd lera i en lös finkornig form.

Myllan närmast omkring ugnen var något sotblandad och även kolsplitter fanns.

Anläggningen har ej undersökts i sin helhet utan upptagits för senare undersökning.

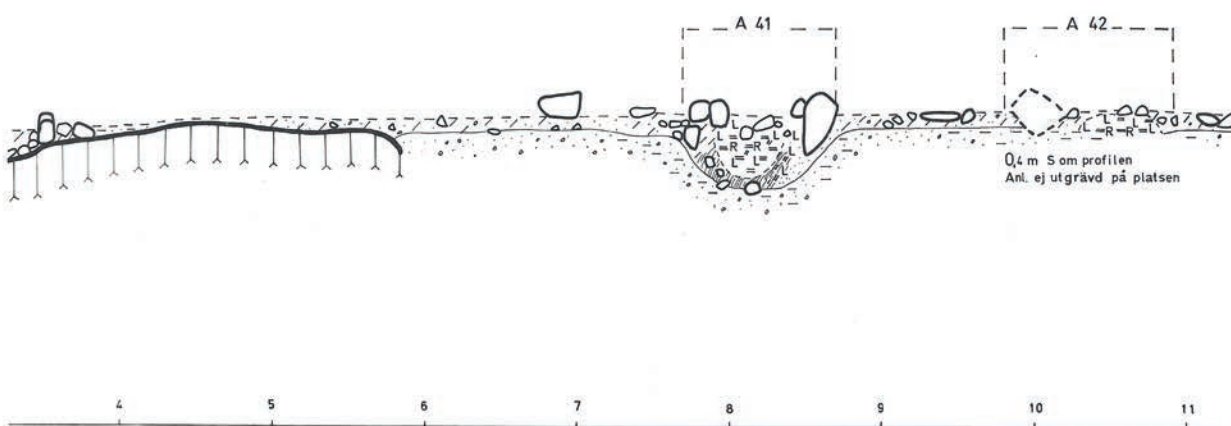
Vid upptagningen kunde iakttas att ugnen troligen ej varit djupt nedgrävd i steril mark, utan snarast kan jämföras med anläggning 40 och anläggning 48.

Steril mark utgjordes av lerblandad morän.

### FYND

|           |     |                    |
|-----------|-----|--------------------|
| X296 y548 | LI  | LERKLINING, ca 8 l |
| "-        | LII | LERKLINING, ca 2 l |

(Jaanusson & Vahlne 1975b, 160)



Figur 12. Del av profil x297 y538-x297 y 559 med ugnarna A41 och 42. Märk att kulturlagret är tunt och att en berghäll ligger i väster. Jämför med fig 18 och 19 för A41:s utseende. Profilen är ritad från söder (Jaanusson & Vahlne 1975b, 65, fig. 48).



Figur 13. En av de större ugnsanläggningarna, A36, under undersökning. Den rikliga mängden av bränd och sintrad lera i fyllningen syns klart. Digitaliserad diabild från 1970/71. Foto Gunnel Vahlne, Riksantikvarieämbetet.



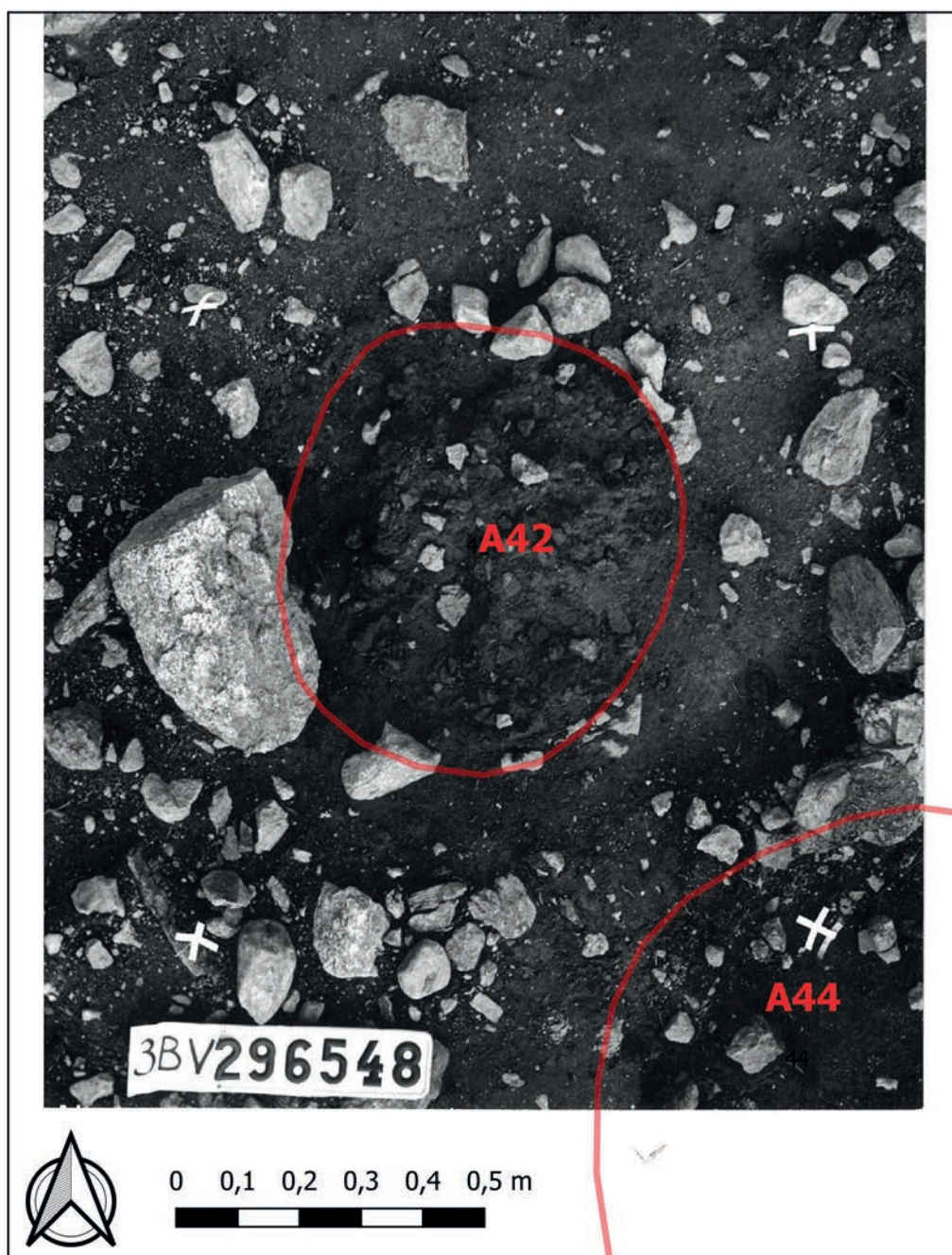
Figur 14. A41 i profil från söder. Här syns tydligt den kraftiga stenskoningen, kolhorisonten i botten samt den brända leran i anläggningens centrum. Den kraftiga kolhorisonten i botten är inte typisk för stolphål utan uppvisar stora likheter med rekonstruerade degelugnar ett år efter användningen (jfr Armigliato 2023:fig. 3). Foto Gunnel Vahlne, Riksantikvarieämbetet.



Figur 15. Inscannad diabild av A42 under undersökning runt år 1970. Den stora stödstenen syns till vänster och mängden med bränd och sintrad lera utmärker själva anläggningen. Stödstenen togs inte in tillsammans med preparatet. Foto från söder av Gunnel Vahlne, Riksantikvarieämbetet.



Figur 16. Närbild av A43 runt år 1970 med alla sintrade lerskivor i toppen av fyllningen. Foto från nordöst av Gunnel Vahlne, Riksantikvarieämbetet.



Figur 17. Lodfoto från undersökningen runt år 1970. I mitten syns A42 och i sydöstra hörnet en del av härden A44. Skylten i sydvästra hörnet anger koordinaterna x 296 y 548. Foto UV/RAÄ i ATA.

## Undersökningen av preparatet år 2023

Preparatet var täckt med skräp, tidningspapper, gips, någon typ av trolldag. Den yttre ramen bestod av glesa plankor med armeringsjärn. Preparatet var i dåligt skick och på nedre och vänstra sidan hade jorden kollapsat och har runnit ut genom lådans botten (se bilaga 1, grävdagbok).

Undersökningen påbörjades med att löst material ovanpå anläggningen togs bort. Ett fristående koordinatsystem om decimeterrutor upprättats med A-H på kortsidorna (öst-väst) och 1–11 (nord-syd) på långsidorna. Fem större stenar syns 0,18 x 0,08 och 0,12 m hög, stenarna är 0,1–0,2 stora.

A42 är rundad 0,57x0,55 meter stor med stensko- ning i övre vänstra hörnet och nedre kanten. Den vänstra kanten är skadad och utrunnen. Rikligt med bränd, sintrad lera i form av lerklumpar och skivor. Lerfragmenten är 0,02–0,1 m stora. An-

läggningen upptog den norra halvan av prepara- tet. Den södra delen bestod av ett tunt kulturlager och därunder steril moränlera.

Undersökningen gjordes sedan i 5 cm tjocka stick med plangrävning. Varje stick dokumenterades med lodfoto. I varje kvadratdecimeter och stick tas jordprover för XRF-analys. Den övre delen av ugnen hade rikligt med rödbränd lera och frag- ment av sintrad och bränd lera. Ingen tydlig rest efter en lermantel kunde dock iaktas. Leran av- tog mot botten av anläggningen. Spridd i anlägg- ningen och dess kanter och botten fanns enstaka kolbitar och sothorisonter. Ingen stensko- ning fortsatte nedåt och ingen bottensten fanns heller.

Anläggningen var ca 0,2 meter djup och nedgrävd i steril moränlera. För utförlig beskrivning se bilaga 1.



Figur 18. Preparatet i magasinet innan rensning. Här syns tydligt hur preparatet har sjunkit ihop från det stödjande gipset och att det är omrört och täckt med halm, gips, tidningspapper, musbon och andra störningar. Nedtill i bild syns träramen runt preparatet. A42/46147\_HST. Foto T. Eriksson, SHM.



Figur 19. A42 efter rensning. Ytan av stick 1. Anläggningen domineras av den rödbrända lera i den övre, norra delen. Anläggningen ca 0,55 meter i diameter. I anläggningens södra del ligger större fragment bränd, sintrad lera. I nordvästra hörnet en kantsten. I söder syns tunt kulturlager och sotstråk. I sydvästra hörnet syns ljus, steril morönlera. På kanten av preparatet syns koordinatsystemet för decimeterrutorna. Foto T. Eriksson, SHM.



Figur 20. Lodfoto A42, ytan av stick 2. Foto T. Eriksson, SHM.



Figur 21. A42, ytan av stick 3. Anläggningen syns som rödbränd lera. I söder framkom flera naturligt förekommande stenar i den ljusa moränleran. Foto T. Eriksson, SHM.



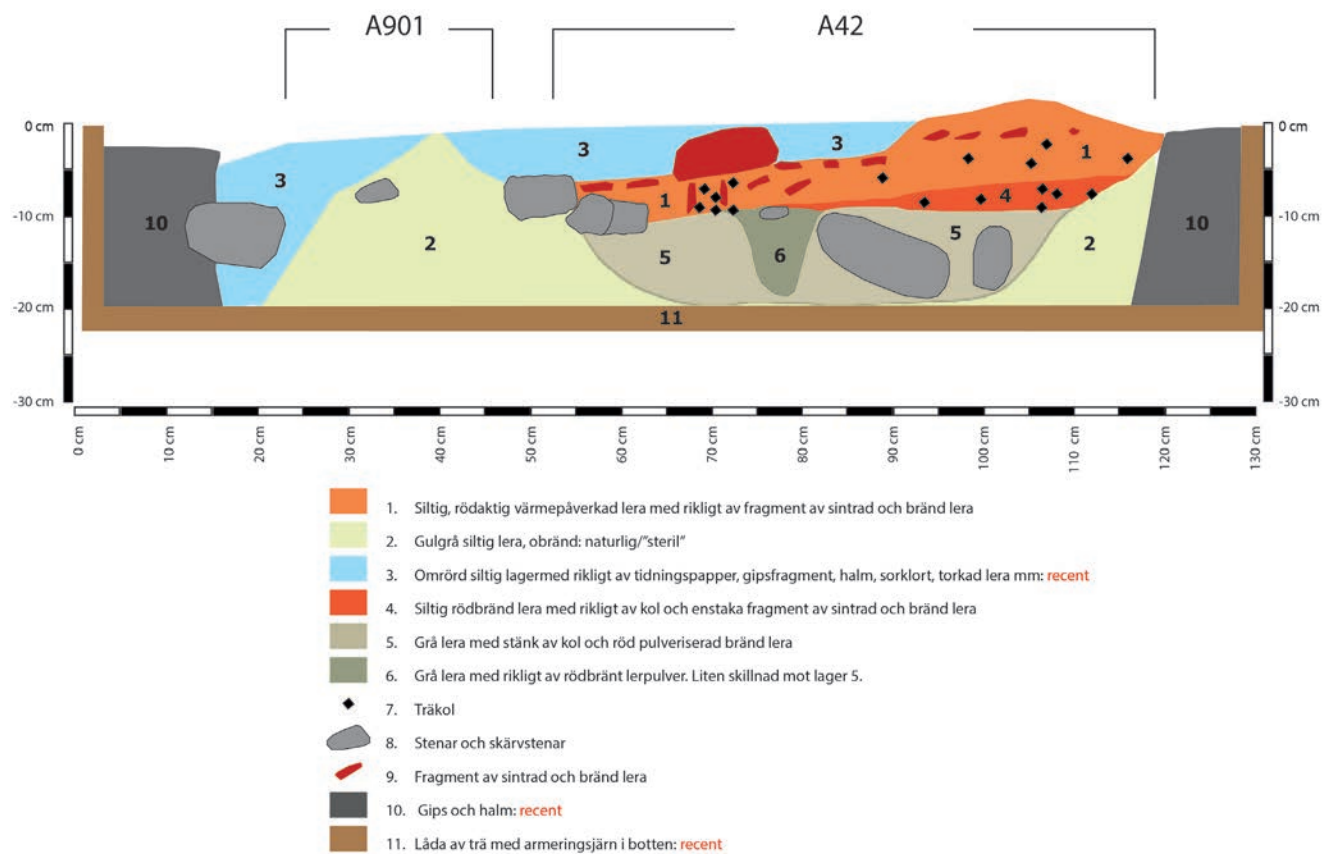
Figur 22. A42, toppen av stick 4. Fasta fragment av bränd lera är nu sällsynta men fyllningen består av smulad rödbränd lera. I östra delen ett sotstråk. I södra delen steril moränsand. Foto T. Eriksson, SHM.



Figur 23. A42 i stick 5. Den rödbrända leran har nu tagit slut och i botten syns en tunn sothorisont med enstaka kolbitar. Foto T. Eriksson, SHM.



Figur 24. Detalj av fyllningen i den norra delen av stick 2 i A42. Här syns tydligt den rödbrända lera, fragment av sintrad lera och sotstråk i kanten. Foto I. Ullén.

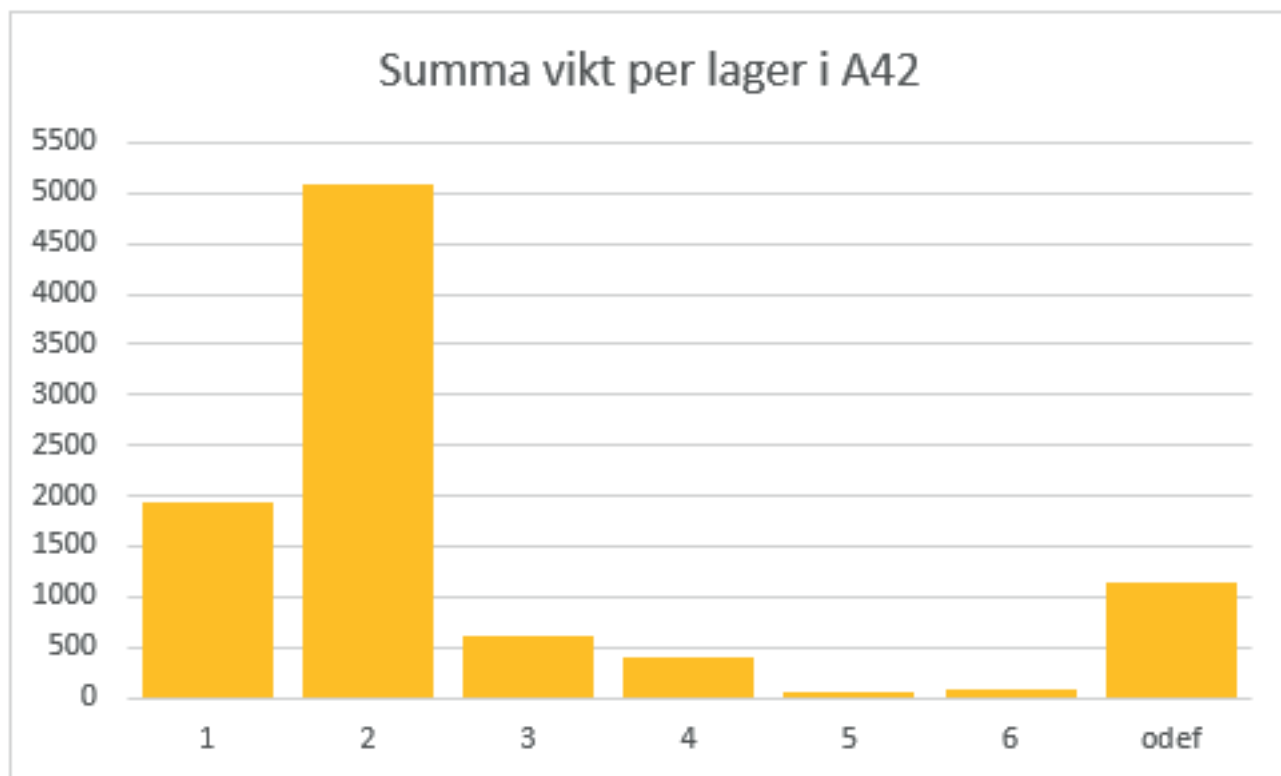


Figur 25. Nord-sydlig sektion av A42 sedd från öster. Upprättad och renritad av T. Eriksson, SHM.

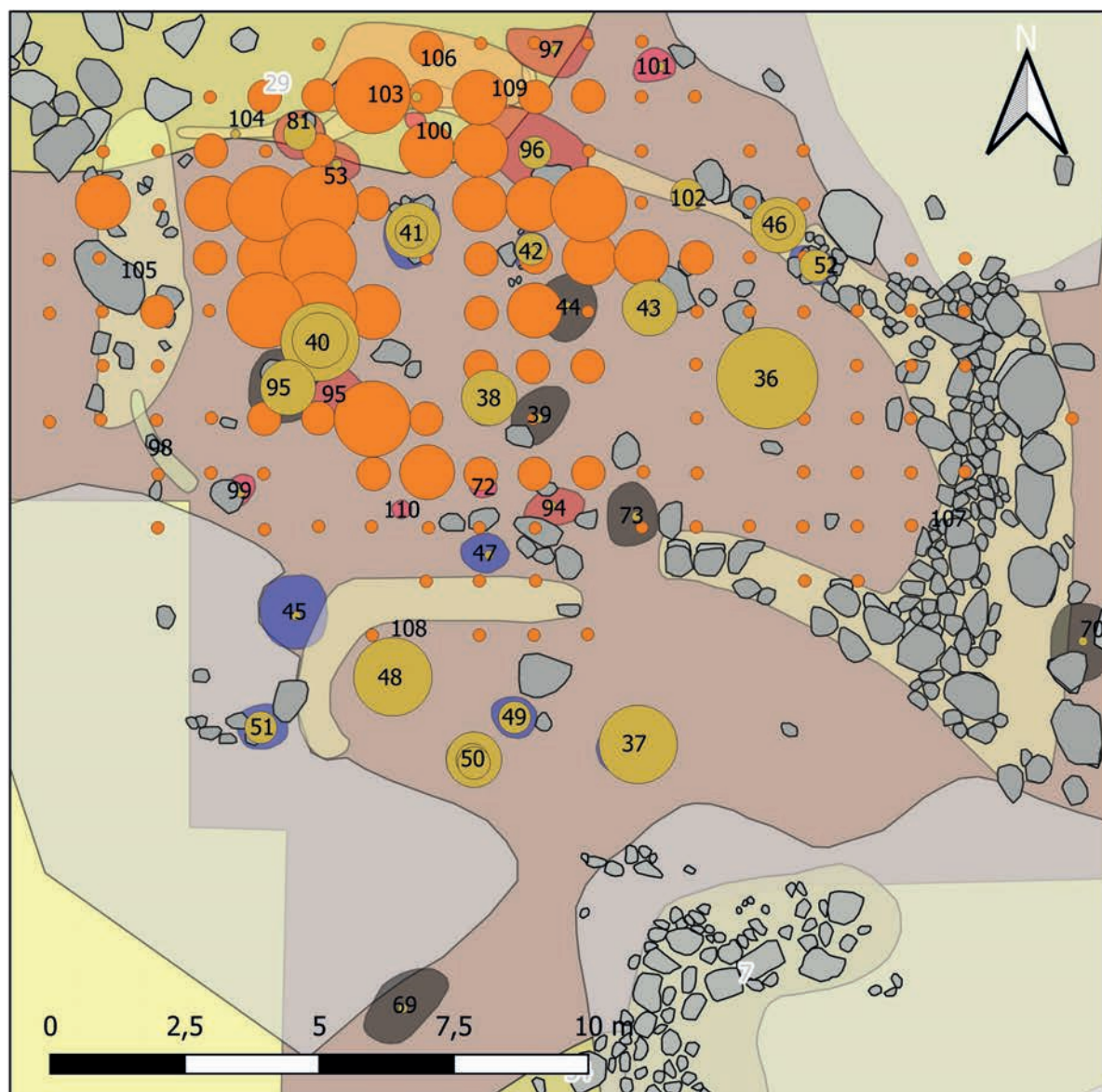
## Fynd

Den stora andelen av fynd från A42 liksom i de andra, liknande ugsanläggningarna runt A42, var sintrad lera, lerklining och förglasad lera. Stora mängder hade redan tillvaratagits i fält från toppen av A42 (bilaga 5). Merparten av den lera som framkom vid undersökningen 2023 kom i toppen av fyllningen (bil. 6). Där fanns några 0,08–0,12 meter stora större fragment. En viss tendens var

att de större låg i kanterna av anläggningen, men ingen krans av fast, bränd lera fanns i A42 eller i någon annan av de tidigare undersökta ugnarna. I blästerugnar från järnålder brukar det inte sällan finnas kvar delar av ett nedgrävt lerschakt (Eriksson 1986). Här förekom i stället merparten av leran i toppen på anläggningen (se fig. 26–28).

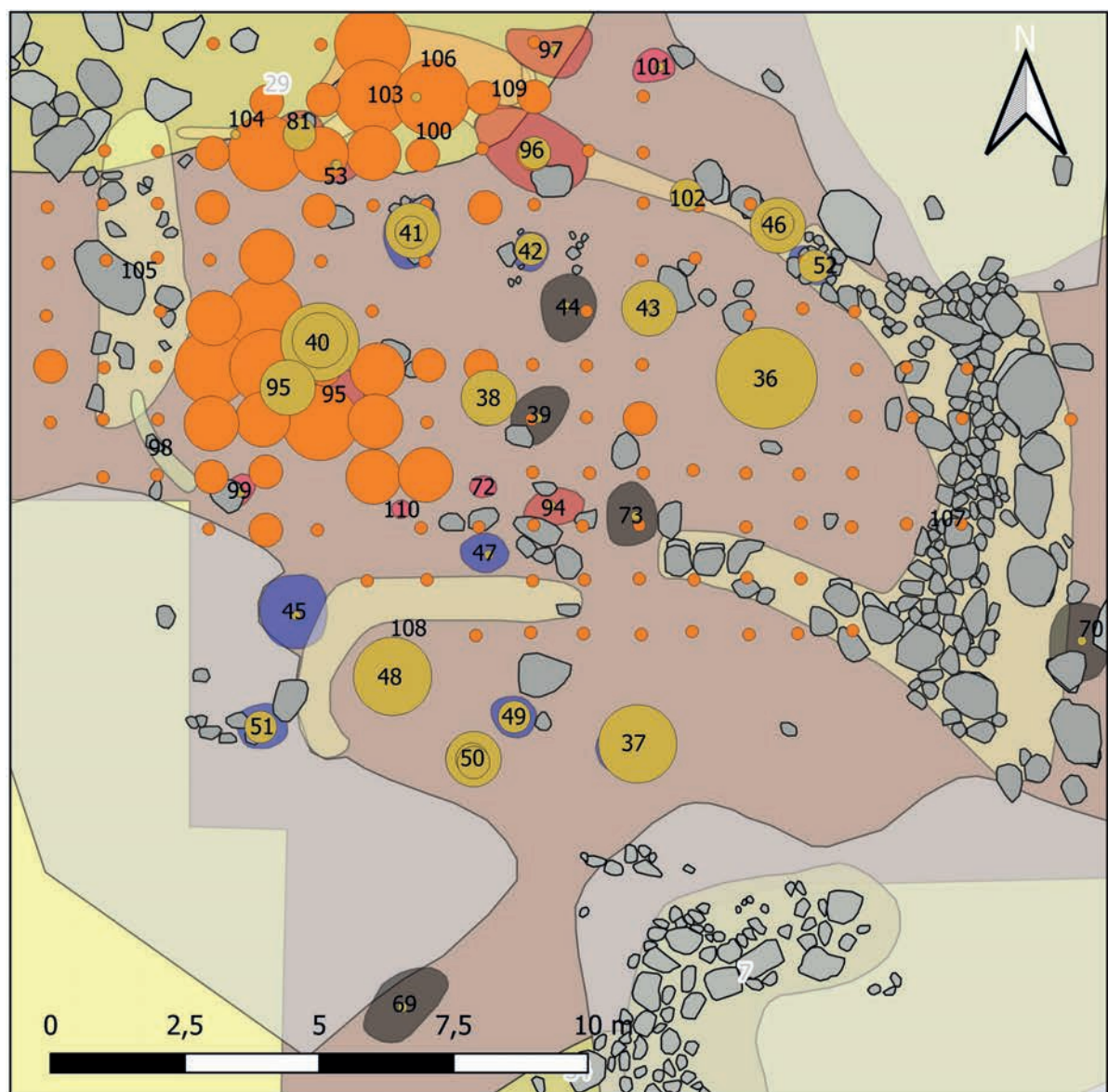


Figur 26. Bränd och sintrad lera tillvaratagen 2023 per lager sammanräknat i gram. Merparten av den sintrade och brända leran fanns i ugnens övre del. Under undersökningen 1971 uppmättes dessutom 9,1 liter bränd lera i lager 1 och 8,4 liter lager 2. Dessa mängder är inte med i diagrammet.



| Br lera liter anl | Bränd lera, kg | Anläggning           |                           |
|-------------------|----------------|----------------------|---------------------------|
| • 0,1 - 3,2       | • 1 - 2,5      | grop, Nedgrävning    | □ Berg undergrav          |
| ● 3,2 - 8,4       | ● 2,5 - 4      | Härd                 | □ Gravar yta              |
| ● 8,4 - 20        | ● 4 - 5,5      | Lerlins              | □ Stensättning            |
| ● 20 - 33         | ● 5,5 - 7      | Ränna                | □ Kulturlagerundersökning |
| ● 33 - 67         |                | Stensträng           | □ Schakt                  |
|                   |                | Stensträng med ränna |                           |
|                   |                | Stolphål, Stolphål?  |                           |
|                   |                | Ugn, Ugn/härd        |                           |
|                   |                | Stenar               |                           |

Figur 27. Spridningen av den brända och sintrade lera i lager 1 från undersökningen 1969–71. Underlag från Gunnel Vahlne. Den brända lera har inte delats upp i lerklining eller andra typer och inte heller utifrån bränningsgrad. I kvadratmeterrutorna har den brända lera angivits i vikt medan den i ugnarna har angivits i liter. Den stora mängden av bränd lera i det nordvästra hörnet av Zon 2 framstår klart liksom de stora mängderna med framför allt sintrad lera i ugnarna.



| Br lera liter anl | Bränd lera, kg | Anläggning           |                           |
|-------------------|----------------|----------------------|---------------------------|
| ● 0,1 - 3,2       | ● 1 - 2,5      | grop, Nedgrävning    | ■ Berg undergrav          |
| ● 3,2 - 8,4       | ● 2,5 - 4      | Härd                 | ■ Gravar yta              |
| ● 8,4 - 20        | ● 4 - 5,5      | Lerlins              | ■ Stensättning            |
| ● 20 - 33         | ● 5,5 - 7      | Ränna                | ■ Kulturlagerundersökning |
| ● 33 - 67         |                | Stensträng           | ■ Schakt                  |
|                   |                | Stensträng med ränna |                           |
|                   |                | Stolphål, Stolphål?  |                           |
|                   |                | Ugn, Ugn/härd        |                           |
|                   |                | Stenar               |                           |

Figur 28. Spridningen av den brända och sintrade lera i lager 1 från undersökningen 1969–71. Underlag från Gunnel Vahlne. Den brända lera har inte delats upp i lerklining eller andra typer och inte heller utifrån bränningsgrad. I kvadratmeterrutorna har den brända lera angivits i vikt medan den i ugnarna har angivits i liter. Den stora mängden av bränd lera i det nordvästra hörnet av Zon 2 framstår klart liksom de stora mängderna med framför allt sintrad lera i ugnarna.

# Analys

## Vedartsbestämningar

Sex vedartsanalyser gjordes på kol från A42 och ytterligare fyra från kontexter i anläggningens närhet. Analysen utfördes av Ulf Strucke, Antraco innan proverna sändes för <sup>14</sup>C-analys (se bilaga 3). Det kol som påträffades i A42 var enstaka mindre fragment, ingen kollhorisont fanns i anläggningen. En mer markant kollhorisont i anläggningens botten skulle annars kunna vara ett utmärkande drag för en degelugn. Det träkol som fanns bevarat i anläggning bestod av ekkol. Samma sak gäller det kol som togs ut från prover tagna runt år 1970 i den stenskodda gropen A38 och ugnen A40. Ek har ett bra energivärde om det används som bränsle men har även bra egenskaper som byggmaterial för stolpburna hus. Ek har använts flitigt som bränsle även på an-

dra bronsålderskomplex, till exempel Ryssgårdet (Hjärthner-Holdar, Eriksson, & Östling 2008, 392). De pollenanalyser som utfördes i samband med de äldre undersökningarna tyder också på att miljön runt Hallunda dominerades av träslag som björk, en och ekblandskog (Robertsson 1988, 41 & fig. 2–5).

I lager 2 i kulturlagret på zon 2 togs ett kolprov på material vid undersökningen omkring år 1970. Materialet i detta prov visade sig bestå av björkkol och förkolnad näver. Det vill säga också ett träslag som var vanligt i närområdet under bronsålder och hade många användningsområden, bland annat som bränsle.

Tabell 1. Vedartsbestämningar av Antraco av material utvalt för <sup>14</sup>C-analys 2023.

| FID     | Anläggnings-<br>typ | Anlnr | Provnr        | Vikt | Analyserad<br>vikt | Fragment | Analyserat<br>antal | Antal | Art        |
|---------|---------------------|-------|---------------|------|--------------------|----------|---------------------|-------|------------|
| 3178705 | Ugn                 | A42   | F8-F9         | 1,1  | 1,1                | 13       | 13                  | 13    | Ek         |
| 3178714 | Ugn                 | A42   | C7            | 0,3  | 0,3                | 10       | 10                  | 10    | Ek         |
| 3178717 | Ugn                 | A42   | F9            | 0,1  | 0,1                | 21       | 21:                 | 21    | Ek         |
| 3179041 | Ugn                 | A40   | X294/544      | 3    | 3                  | 37       | 37                  | 37    | Ek         |
| 3179042 | Lager               | A38   | X293/547      | 9,7  | 4,2                | 192      | 60                  | 60    | Ek         |
| 3179526 | Ugn                 | A42   | F8            | 1,2  | 1,2                | 31       | 31                  | 31    | Ek         |
| 3179527 | Ugn                 | A42   | E9            | 0,1  | 0,1                | 4        | 4                   | 4     | Ek         |
| 3179528 | Ugn                 | A42   | G9            | 0,2  | 0,2                | 22       | 22                  | 22    | Ek         |
| 3179539 | Kulturlager         | L2    | X285 y<br>548 | 7,7  | 6,9                | 69       | 56                  | 6     | Björknäver |
| 3179539 | Kulturlager         | L2    | X285 y<br>548 | 7,7  | 6,9                | 69       | 56                  | 50    | Björk      |

## **<sup>14</sup>C-analyser**

Alla dateringar har omkalibrerats i Oxcal 4.4 och dateringarna har sedan korrelerats med de nya-  
re jämförelser mellan artefaktdaterade kontexter  
och <sup>14</sup>C-resultat (Olsen et al. 2011). I samtliga fall  
använts 1 sigma med 67 % sannolikhet.

### **Dateringarna från 1969–71 års undersök- ningar**

En av de viktigaste analyserna för att förstå hela  
boplots- och bronsålderskomplexet är givetvis  
dateringarna. De behövs för att se tidsdjupet på  
platsen, vad som är samtida och om det finns  
olika användningsfaser. Redan stratigrafien med  
gravar som överlagrar kulturlager och de tjocka  
och fyndrika skärvstenslagren lagren tyder på  
omfattande aktiviteter under en längre tid.

I samband med de äldre undersökningarna  
gjordes ett för tiden stort urval av <sup>14</sup>C-dateringar.  
Totalt daterades 18 prover från Hallunda 13 och 8  
prover från Hallunda 69. Dateringarna gjordes då  
med konventionell metod där förhållandevis stora

mängder organiskt material behöves. Alla date-  
ringar utfördes vid Naturhistoriska riksmuseet och  
har långa sannolikhetsperioder på mellan  $\pm 100$   
och  $\pm 160$  år. De långa tidsintervallen beror delvis  
på att man behövde stora provmängder, som ofta  
innehöll olika trädslag med skilda egenåldrar,  
men också på att metoden var mindre precis.

Dateringarna som gjordes på Hallunda 13 ligger  
när de kalibreras från mellaneneolitikum in i mo-  
dern tid med en tyngdpunkt i bronsålderns peri-  
od III-VI. De neolitiska dateringarna bör ses med  
viss försiktighet och inkluderas inte här. Kulturlager  
och anläggningar under gravarna har dateringar  
till period IV-V och i ett fall är en härd under den  
rektangulära stensättningen A22 daterad till äldre  
järnålder. Kol från graven A25 har datering till  
yngre bronsålder. De bronser som påträffades i  
gravarna, en svanhalsnål i A3, en spirallhuvudnål  
med toppig spiral i A4 samt ett nålfragment med  
delvis vriden nål eller del av halsring från A18  
är samtliga av ovanligare former och kan snarast  
dateras till övergången mellan bronsålder och  
järnålder.

UPPLANDSMUSEETS RAPPORTER 2025:14

På zon 2 kom en av dateringarna under en stensträng i väster att hamna i senneolitikum. Övriga dateringar ligger från period IV in i äldre förromersk järnålder. Från toppen av ugnen A41 finns dessutom en datering i yngre vikingatid-äldre medeltid. Bland annat den dateringen gjorde att projektet kunde misstänka att delar av anläggningarna på Zon 2 kunde vara från yngre järnålder (Jaanusson 1981, 25ff; Jaanusson & Vahlne 1975b, 32f; 1975a).

## Dateringar gjorda i samband med 2023 års undersökning

Nya analyser av material från undersökningen 2023 samt referensprover från undersökningen på Zon 2 gjordes med tandemaccelerator vid Uppsala universitet (se bilaga 4). Den nya metoden i kombination med vedartsanalys gör analyserna säkrare och noggrannare med betydligt lägre standardavvikelser. De nya analyserna har standardavvikelser på  $\pm 30$  till  $\pm 31$  år.

För att få klarhet i dateringen på A42 togs sex kolprover från stick 3–5 för att utröna om anläggningen var från yngre bronsålder eller om det möjligen kunde röra sig om till exempel stolphål i ett hus från yngre järnålder, något som en av de äldre dateringar antydde (se ovan). Allt kol från ugnen var av ek men egenåldern var svår att uppskatta. Samtliga sex dateringar från A42 låg i spannet 924–806 BC (kalibrerat med 1 sigma). Det innebär att den är daterad med största sannolikhet till bronsålderns period V och att det inte finns några tydliga tecken på vare sig äldre eller yngre störningar i anläggningen (Olsen et al. 2011, 270f).

För att få en uppfattning om de äldre dateringarna var riktiga och hur förhöll sig mot de nya togs även material från undersökningarna 1969–71 ut för nya analyser. Två av proverna var bestod av organiska beläggningar på rabbig keramik. Det ena fragmentet kommer från kulturlagret 10

meter söder om A42, det andra från ugnen A37, cirka 9 meter söder om A42. De organiska beläggningarna har mycket låga halter av  $^{13}\text{C}$ , något som tyder på ett terrestriskt ursprung. Fragmentet från kulturlagret är samtida med A42 medan fragmentet från A37 är något äldre och från period IV. Även ett kolprov samlat från ytan söder om gjuteriområdet är samtida med A42. Ytterligare en av ugnarna, A40, blev daterad till ca 1011–927 BC, dvs period IV/V. Kol från ytan av A40 daterades på 1970-talet till vikingatid och tidig medeltid, men antagligen är denna datering inte relevant för dateringen av anläggningen utan en senare störning (st-3591).

Slutligen fanns rester från ett av de prov som daterades på 1970-talet som därmed kunde få en ny och jämförbar datering. Det var stolphålet A38, mitt i gjuteriområdet som hade material kvar för en ny datering. Dateringen från 1970-talet hade givit en datering till 898–548 BC, det vill säga period V-VI. Den nya dateringen på återstående material från A38 ligger i stället tidigare, 1110–990 BC. Använder man 2 sigmas sannolikhet överlappar de båda dateringarna varandra i spannet 971–926 BC. Om skillnaderna i dateringar beror på skillnaderna i metoderna eller att kolet var heterogent och innehöll äldre eller yngre kontaminationer är svårt att säga.

En sammanfattning av tendenserna är att gjuteriverksamheten och flertalet av konstruktionerna på Zon 2 ligger i period IV-V. Både fyndmässigt och utifrån de äldre dateringarna finns antagligen även äldre och yngre aktiviteter på platsen, men A42 förefaller vara säkert daterad till ca 900–800 f. Kr. Även OSL-dateringar har gjorts på bränd och sintrad lera från A42 och dess närområde, se nedan och bilaga 7. Resultaten är delvis samtida med  $^{14}\text{C}$ -dateringarna men uppvisar även både äldre och yngre dateringar, till neolitikum och förromersk järnålder. Från båda perioderna finns även  $^{14}\text{C}$ -analyser gjorda på 1970-talet från Hallunda 13.

Tabell 2. Samtliga <sup>14</sup>C-dateringar från Hallunda 13. Här sorterade efter undersökningszon och laboratorienummer.

| Zon | Fid     | Typ                            | Und. år | Labnr    | Datering, BP | AnlNr | Anlägningstyp                | X   | Y   | Beskrivning             |
|-----|---------|--------------------------------|---------|----------|--------------|-------|------------------------------|-----|-----|-------------------------|
| 1   | Saknas  | Träkol                         | 1969-71 | St-3335  | 2695±100     | 25    | Stensättning                 |     |     | Sotgrop under grav      |
| 1   | Saknas  | Träkol                         | 1969-71 | St-3337  | 260±100      | 8     | Sot i botten av grav         |     |     |                         |
| 1   | Saknas  | Träkol                         | 1969-71 | St-3338  | 1955±100     | 22    | Härdgrop under sten-sättning |     |     |                         |
| 2   | Saknas  | Träkol                         | 1969-71 | st-3587  | 2605±100     | 38    | Stolphål                     | 293 | 547 |                         |
| 2   | Saknas  | Träkol                         | 1969-71 | St-3590  | 2570±100     | 40    | Ugn                          | 294 | 294 | TaTget intill ugn A40   |
| 2   | Saknas  | Träkol                         | 1969-71 | St-3592  | 1010±100     | 41    | I fyllning ovanpå ugn        |     |     |                         |
| 2   | Saknas  | Träkol                         | 1969-71 | St-4014  | 3915±100     | 105   | Botten av stensträng         |     |     |                         |
| 2   | Saknas  | Träkol                         | 1969-71 | St-4015  | 2435±135     | 102   | Ränna                        |     |     | Ränna med mörk mylla    |
| 2   | Saknas  | Träkol                         | 1969-71 | St-4032  | 2735±115     | 46    | Ugn?                         |     |     |                         |
| 2   | Saknas  | Träkol                         | 1969-71 | St-4270  | 2462±100     | 73    | Härd                         |     |     |                         |
| 2   | Saknas  | Träkol                         | 1969-71 | St-4271  | 2705±100     | 96    | Stolphål                     |     |     | Stenskodd grop          |
| 2   | 3178705 | Träkol, ek                     | 2023    | Ua-83747 | 2733±30      | 42    | Ugn                          | f   | 8-9 | Ruta F8-F9, Lager 4.    |
| 2   | 3178714 | Träkol, ek                     | 2023    | Ua-83748 | 2684±30      | 42    | Ugn                          | C   | 7   | Ruta C7 i lager 3       |
| 2   | 3178717 | Träkol, ek                     | 2023    | Ua-83749 | 2737±30      | 42    | Ugn                          | F   | 9   | Ruta F9 lager 5         |
| 2   | 3179041 | Träkol, ek                     | 1969-71 | Ua-83750 | 2823±31      | 40    | Ugn                          | 294 | 544 | Taget intill ugn A40    |
| 2   | 3179042 | Träkol, ek                     | 1969-71 | Ua-83751 | 2865±30      | 38    | Stolphål                     | 293 | 293 |                         |
| 2   | 3179526 | Träkol, ek                     | 2023    | Ua-83752 | 2754±30      | 42    | Ugn                          | F   | 8   | Lager 3 ruta F8         |
| 2   | 3179527 | Träkol, ek                     | 2023    | Ua-83753 | 2731±30      | 42    | Ugn                          | E   | 9   | Ruta E9 lager 4         |
| 2   | 3179528 | Träkol, ek                     | 2023    | Ua-83754 | 2685±30      | 42    | Ugn                          | G   | 9   | Ruta G9 Lager 4         |
| 2   | 3179539 | Förkolnad näver                | 1969-71 | Ua-83755 | 2785±30      |       | Kulturlager                  | 285 | 548 | X285 y 548 lager 2      |
| 2   | 3221158 | Organisk beläggning på keramik | 1969-71 | Ua-83756 | 2773±31      |       | Kulturlager                  | 294 | 542 | Rabbad keramik x294y542 |

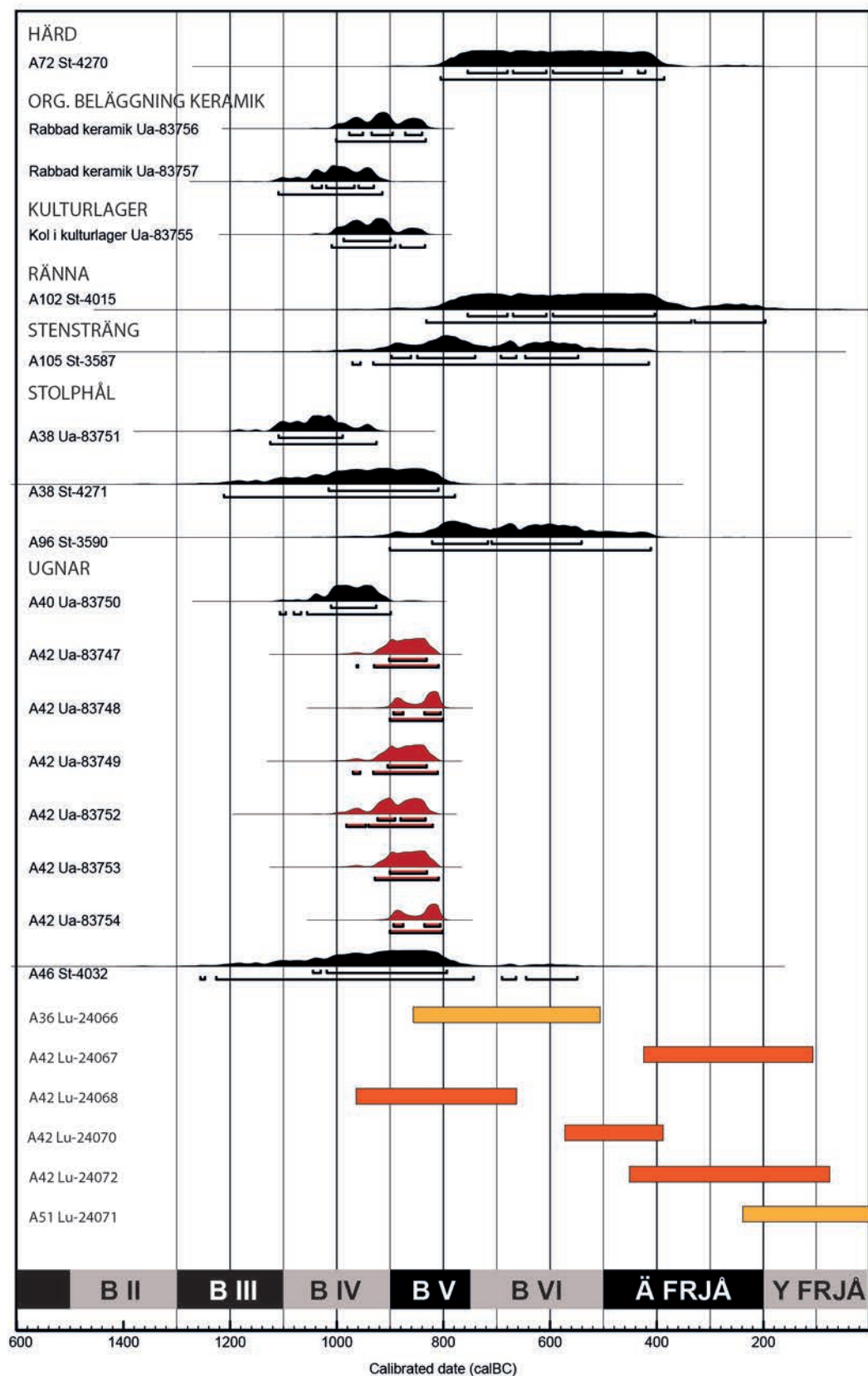
| Zon | Fid     | Typ                 | Und. år | Labnr    | Datering, BP | Anlnr | Anläggningstyp                | X   | Y   | Beskrivning                          |
|-----|---------|---------------------|---------|----------|--------------|-------|-------------------------------|-----|-----|--------------------------------------|
| 2   | 3221159 | Organisk beläggning | 1969-71 | Ua-83757 | 2840±31      | 37    | Kulturlager                   |     |     | Rabbad keramik A34                   |
| 3   | Saknas  | Träkol              | 1969-71 | st-3591  | 2765±100     | 82    | Härd                          | 288 | 288 | Från härd, lager III                 |
| 4   | Saknas  | Träkol              | 1969-71 | St-3589  | 2570±130     | 55    | Stolphål                      |     |     |                                      |
| 4   | Saknas  | Träkol              | 1969-71 | St-4004  | 4510±145     | 4     | Boplatzlager under A4 grav    |     |     |                                      |
| 4   | Saknas  | Träkol              | 1969-71 | St-4269  | 2475±110     | 64    | Härd                          |     |     |                                      |
| 5   | Saknas  | Harts               | 1969-71 | St-3340  | 2740±100     | 3     | Kulturlager understensättning |     |     | Hartskaka under grav                 |
| 5   | Saknas  | Träkol              | 1969-71 | St-4268  | 2812±100     |       | Sotlager i botten             |     |     | sotlager i botten av profil, zon 4/5 |
| 6   | Saknas  | Träkol              | 1969-71 | St-3336  | 2730±100     | 12    | Kulturlager                   |     |     | kulturlager under grav               |

Tabell 3. OSL-dateringar utförda på material från A36, A42 och A51 och deras närområde. Kalibrerade värden utifrån en antagen genomsnittlig fuktighetsgrad (w.c.) å 20 %. Mean Age är ålder i år före 2023. Värdena är omkalibrerade av Helena Alexanderson och Amber Hood 2025-03-18. Jfr. bilaga 8 och fig. 29.

| Lab no. Lund | SHM nr  | Mean age | Kalibrerad ålder | Period      | Ruta/lager     | Anl | Bränningsgrad |
|--------------|---------|----------|------------------|-------------|----------------|-----|---------------|
| 24066        | 3233385 | 2710±180 | 867–507 BC       | B V-VI      | Ruta x293 y553 | 36  | Bränd         |
| 24067        | 3233386 | 2290±160 | 427-107 BC       | Ä Frjä      | Lager 1-2      | 42  | Sintrad       |
| 24068        | 3233388 | 2790±200 | 967-567 BC       | B IV-VI     | Lager 2        | 42  | Sintrad       |
| 24069        | 3233389 | 4410±390 | 2777-1997 BC     | MN-SN       | Lager 1-2      | 42  | Sintrad       |
| 24070        | 3233390 | 2410±190 | 577-197 BC       | B VI-Ä Frjä | Lager 4        | 42  | Sintrad       |
| 24071        | 3233391 | 2100±160 | 237 BC-87 AD-    | J2-J4       | Ur ugn         | 51  | Sintrad       |
| 24072        | 3233392 | 2290±190 | 457-77 BC        | J1-3        | Ur ugn         | 42  | Bränd         |

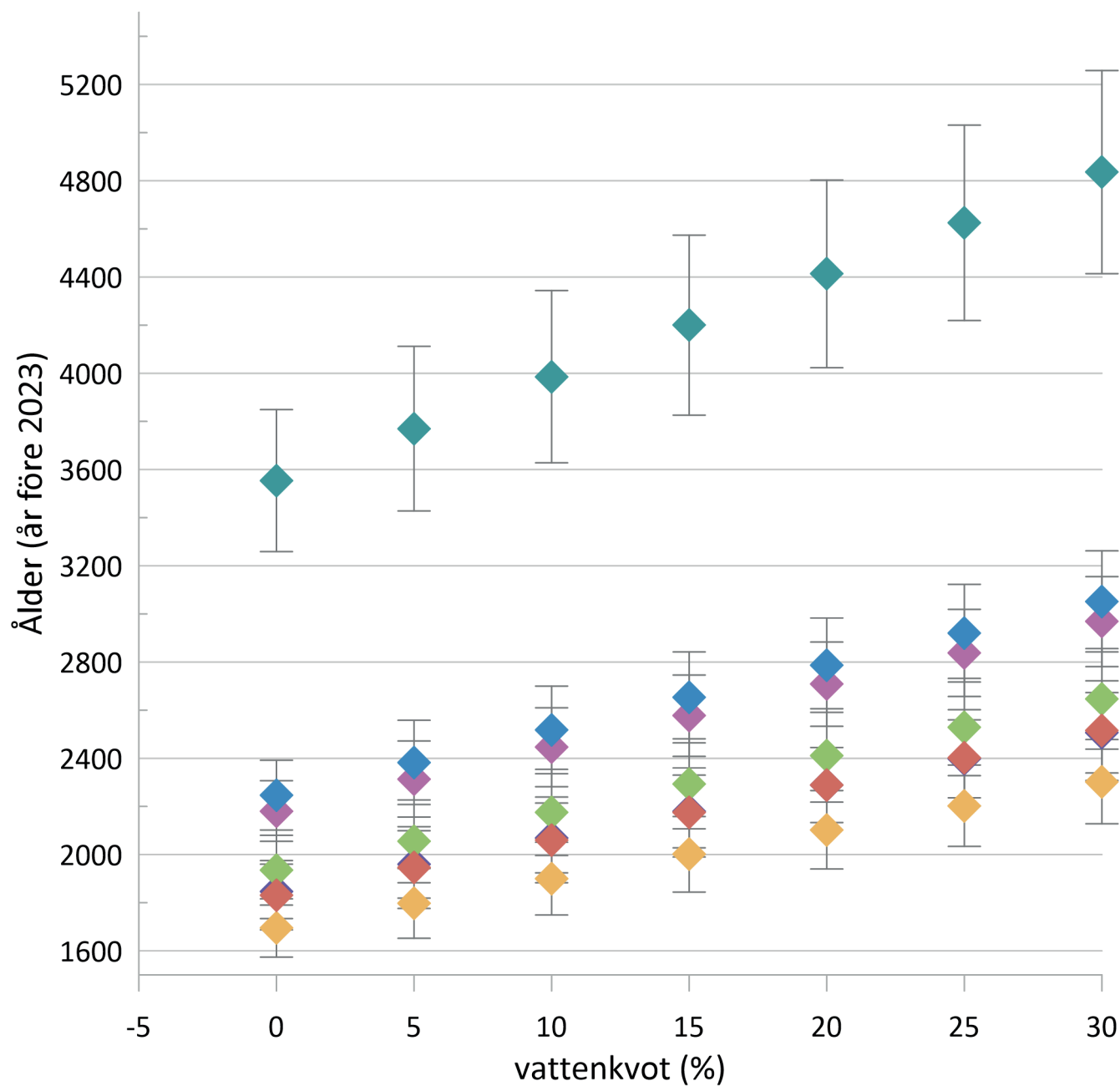
Tabell 4. Kalibreringar utifrån flera antagna medelvärden av vatteninnehåll i proverna. Ålder angiven som år före 2023 (avrundat till närmaste tiotal). wc = water content Värdena är omkalibrerade av Helena Alexanderson och Amber Hood 2025-03-18. Jfr. bilaga 8.

| wc (%) | 24066      | 24067      | 24068      | 24069      | 24070      | 24071      | 24072      |
|--------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 0      | 2180 ± 130 | 1850 ± 110 | 2250 ± 150 | 3550 ± 300 | 1940 ± 150 | 1700 ± 120 | 1830 ± 140 |
| 5      | 2310 ± 160 | 1960 ± 140 | 2380 ± 180 | 3770 ± 340 | 2060 ± 170 | 1800 ± 150 | 1950 ± 170 |
| 10     | 2450 ± 160 | 2070 ± 150 | 2520 ± 180 | 3990 ± 360 | 2180 ± 180 | 1900 ± 150 | 2060 ± 180 |
| 15     | 2580 ± 170 | 2180 ± 150 | 2650 ± 190 | 4200 ± 370 | 2290 ± 190 | 2000 ± 160 | 2180 ± 190 |
| 20     | 2710 ± 180 | 2290 ± 160 | 2790 ± 200 | 4410 ± 390 | 2410 ± 190 | 2100 ± 160 | 2290 ± 190 |
| 25     | 2840 ± 180 | 2400 ± 160 | 2920 ± 200 | 4630 ± 410 | 2530 ± 200 | 2200 ± 170 | 2400 ± 200 |
| 30     | 2970 ± 190 | 2510 ± 170 | 3050 ± 210 | 4840 ± 420 | 2650 ± 210 | 2300 ± 180 | 2520 ± 210 |



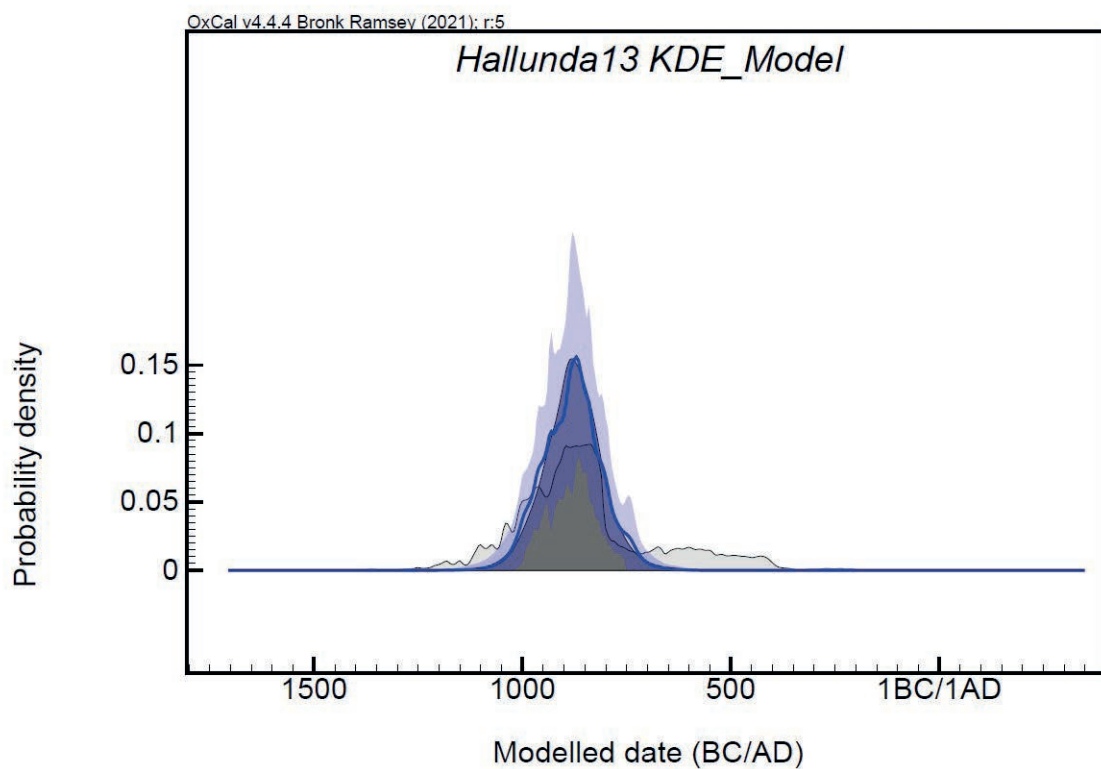
Figur 30.  $^{14}\text{C}$ -dateringarna från zon 2 förutom de vikingatida och neolitiska dateringarna. Dateringarna är sorterade på kontext och de på A42 markerade med rött. Nederst syns OSL-dateringarna av bränd och sintrad lera från ugnsområdet. De kalibrerade OSL-dateringarna av A36 och A51 är markerade med gult och de från A42 med tegelrött. Kalibrering av  $^{14}\text{C}$  i OxCal 4.4 och bearbetning T. Eriksson, SHM.

## Ålder i förhållande till vattenhalt



| Teckenförklaring |         |         |  |  |  |
|------------------|---------|---------|--|--|--|
| ◆ 24066          | ◆ 24069 | ◆ 24071 |  |  |  |
| ◆ 24067          | ◆ 24070 | ◆ 24072 |  |  |  |
| ◆ 24068          |         |         |  |  |  |

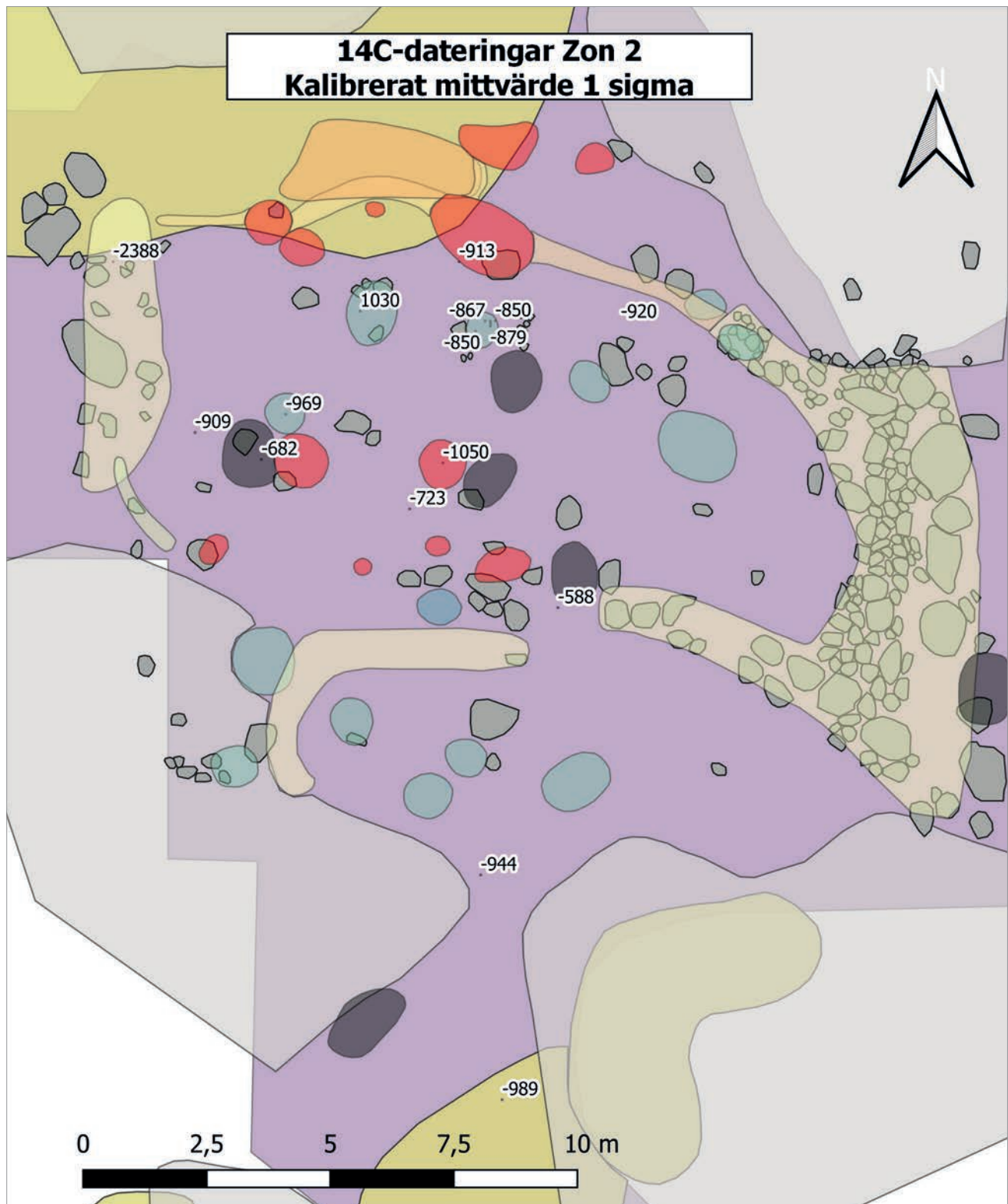
Figur 31. Graf som visar hur olika vattenhalter i jorden påverkar kalibreringen av OSL-dateringarna. Numren är analysnumren från Lund, jämför tabell. 2. Överst syns de olika kalibreringarna av den äldsta dateringarna, 24069. Övriga dateringarna ligger i bronsålder och äldre järnålder. Diagram av Helena Alexanderson, Geologiska Institutionen, Lunds universitet.



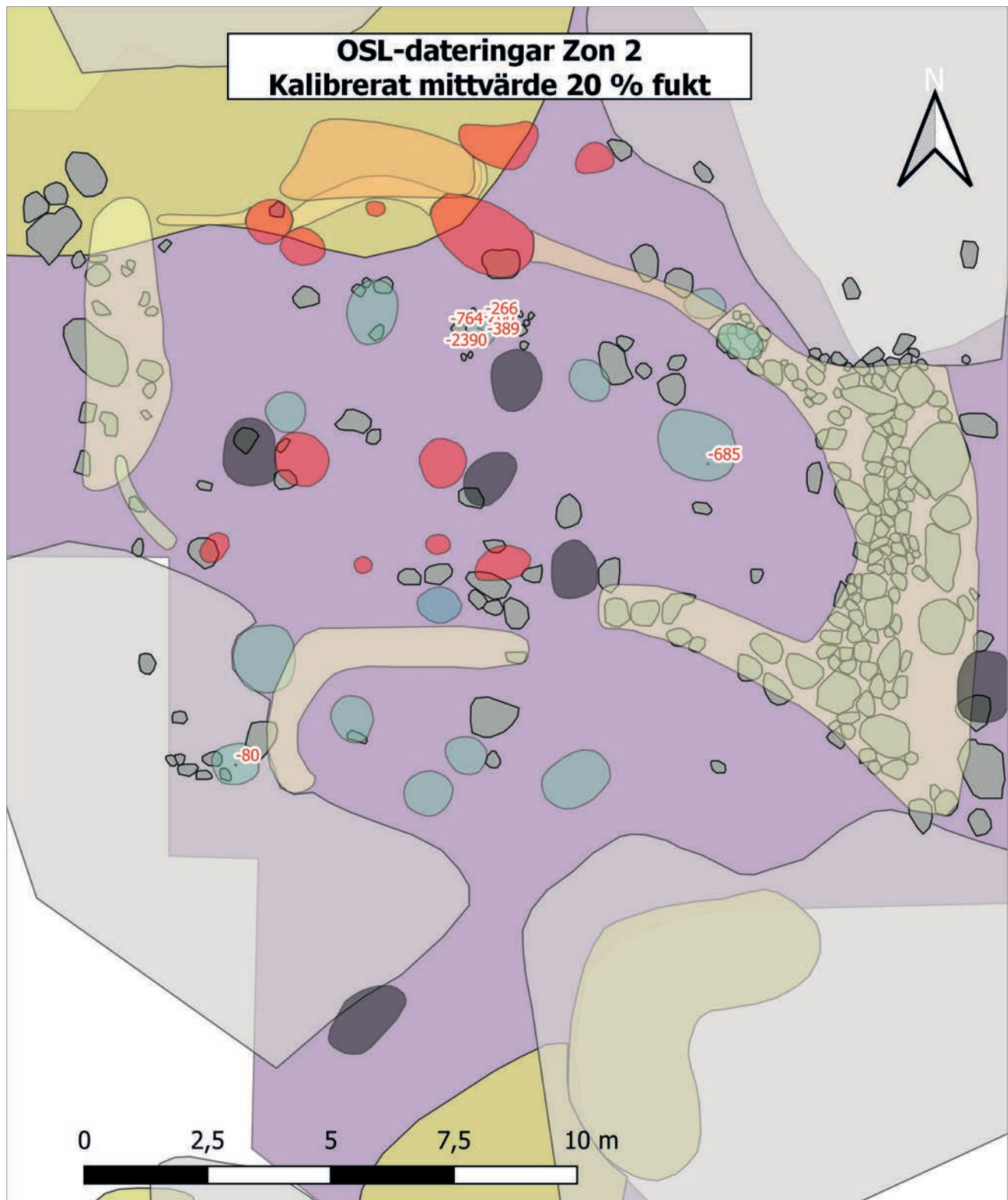
Figur 32. Bayesisk samkalibrering av dateringarna med tandemaccelerator från 2024. Dateringarna av A42 och kontexterna i närheten ligger samlade i bronsålderns period IV och V. Bearbetning Per Frölund.



Figur 33.  $^{14}\text{C}$ -dateringarna från A42 i plan med BP-värden markerade. Samtliga prover hade en felmarginal på  $\pm 30$  år. Samtliga dateringar ligger inom intervallet 924–806 BC (med största sannolikhet mellan 902–832 BC), det vill säga inom bronsålderns period V. Värdena anges kalibrerade med ett sigma (Randsborg 2006). Bild T. Eriksson, SHM.



Figur 34. Samtliga <sup>14</sup>C-dateringar gjorda på zon 2. Här anges dateringarna som kalibrerat mittvärde. Dateringarna ligger samlade i yngre bronsålder med två undantag: ett prov daterat till senneolitikum i botten av stensträngen i väster och en datering till sen vikingatid i lagret ovanpå en ugn i nordväst. Plan T. Eriksson, SHM.



Figur 35. OSL-dateringarna på zon 2. Dateringarna ger en mer komplex bild av användningsfaserna. Flera av dateringarna ligger i yngre bronsåldern men en av ugnarna, A51, i sydväst har en datering till yngre förromersk järnålder och från A42 har dateringarna en vid spridning från neolitikum till och med förromersk järnålder. Åldern kan inte korreleras mot stratigrafien. Plan T. Eriksson, SHM.

## OSL-dateringar

Sju prover med bränd och sintrad lera från A42 samt ugnarna A36 och A51 och deras närområde har daterats med OSL-datering vid Geologiska Institutionen, Lunds universitet (bilaga 7). Optiskt stimulerad luminescens (OSL)-datering eller optisk datering ger ett mått på tiden sedan mineralkorn utsattes för ljus- eller värmeexponering. Denna teknik är en utveckling av den äldre tekniken termoluminescens som ursprungligen utvecklades på 1950- och 1960-talen för att datera brända arkeologiska material, till exempel keramik. Metoden är flitigt använd bland både geologer och arkeologer för att datera sediment och bränd lera. Men i Sverige har den inte använts lika ofta. Målet med dateringarna var att utröna om de mycket stora mängderna av bränd och sintrad lera inom zon 2 kom från en enda användningsfas eller om det kunde finnas flera användningsfaser inom zonen (fig 25 & 27). Utifrån stratigrafi och spridningen av möjliga stolphål har det inte gått att utesluta att det även finns en yngre husfas inom zonen. Dessa faser skulle då vara yngre än bronsgjuteriet. Bland den brända leran finns både mer normal lerklining som den brukar se ut under bronsåldern, från lerklinade husväggar med avtryck av vidjor och gräs i leran. Men framför allt de sintrade tunna lerplattorna är inte typiska för husväggar utan tyder snarast på aktiviteter som krävt höga temperaturer och tolkades redan i fält som rester efter lerklädda konstruktioner för bronsgjuteri. Å andra sidan kan lerklädda ugnar ha varit byggda med samma teknologi som husväggarna, det vill säga att den sedvanliga lerklining skulle kunna vara rester av de delar av ugnarna som inte har utsatts för samma temperaturer.

Resultatet från OSL-dateringarna ger en komplex och divergerad bild av faserna och aktiviteterna inom zonen. En av dateringarna ligger i mellan-neolitikum-senneolitikum (prov 24069) och bör vara felaktig. Å andra sidan fanns en liknande <sup>14</sup>C-datering gjord på 1970-talet från västra delen av verkstadsplatsen (se 33 & 34). Det provet togs under en stensträng. Den nya OSL-dateringen gjordes på ett prov från de övre delarna av de lager som undersöktes 1970–1 ovanpå A42. Övriga dateringar ligger från bronsålderns period V till övergången mellan yngre förromersk järnålder och äldre romersk järnålder (tab. 3, fig. 29, bilaga 7).

Två av dateringarna, en ifrån A36 och en från A42 ligger i samma tidsspann som <sup>14</sup>C-dateringarna och de daterbara bronserna inom zonen. Tre av dateringarna från A42 samt från en från A51 ligger i senare delen av bronsålderns period VI och framför allt i förromersk järnålder. A51 är en anläggning som är tolkad som ugn och låg i en bergsskrev i sydvästra ytterkanten av området. Problemet är dock att dateringarna inte korrelerar med stratigrafin på platsen. A42 uppvisade inga tecken på störningar och alla <sup>14</sup>C-dateringarna från anläggningen ligger samlade i period IV-V. OSL-dateringarna från de undre delar av anläggningen som undersöktes 2023 ligger både i bronsålderns period V och förromersk järnålder. De lager som täckte ugnen med bränd lera som insamlades från dessa övre lager år 1970–1 har dateringar allt från neolitikum till yngre förromersk järnålder.

Några källkritiska aspekter är att kalibreringen av OSL-metodens värden är avhängig av två faktorer: platsens bakgrundsstrålning och markens och provets fuktighetsinnehåll. Bakgrundsstrålningen är förhållandevis lätt att uppskatta. En jämförelse mellan halterna av kalium (K) och det radioaktiva ämnet torium (Th) från XRF-mätningarna och de från OSL-mätningar visar liknande värden, vilket är bra. XRF-data visar viss rumslig variation så det är rimligt att även dosraterna för OSL-proverna (bakgrundsstrålningen) varierar något (jämför bilaga 2). Det är dock inga stora skillnader i dosrater. Värt att notera är att ca 70 % av bakgrundsstrålningen är alfa- och betastrålning som har kort räckvidd. Gammastrålningen, som kan komma längre ifrån (<30 cm), utgör i medeltal 26 %, i OSL-mätningarna, det vill säga en mindre andel av den totala dosraten och påverkan från "okänt" material (bortom det laboratoriet har mätt) har därmed en mindre påverkan på resultatet. Laboratoriet menar därför att det är vatteninnehållet som är den stora osäkerheten här.

Vatteninnehållet under de senaste 3000 år är svårare att uppskatta. Vatteninnehållet har fluktuerat under de långsamma klimatförändringar som har skett under perioden men även under året med årstidsväxlingarna. Flera olika kalibreringar finns därför av materialet och här har vi antagit att vatteninnehållet har varit cirka 20 % (tab. 3 & 4). De olika kalibreringarna skiljer sig både från den första som finns i rapporten, bilaga 8, och kan ge värden som varierar utifrån antaget vatteninnehåll

(ett stort tack till professor Helena Alexanderson och PhD Amber Hood för givande diskussioner). En ytterligare källkritisk aspekt är att materialet under de senaste 50 åren har förvarats i torra magasin. Den perioden är dock kort i förhållande till materialets ålder och har därför sannolikt en i sammanhanget försumbar inverkan på resultatet. Lerklumparna var dock täta och analysmaterialet togs från det inre av dem, minst 1-2 cm från ytan, dit ljuset inte bör ha nått. Enligt rapporten ska dock framför allt fältspatskornen uppvisat tillförlitliga referensvärden, något som ändå tyder på att metoden har trovärdighet (bilaga 5).

Sammantaget är de källkritiska aspekterna svåra. Troligast är att den brända leran inom zonen inte uppstått enbart från gjuteriverksamheten under yngre bronsålder utan även härrör från yngre huskonstruktioner som kan dateras till förromersk järnålder. Både anläggningsspridningen och den brända lerans olika utseende tyder på att det finns flera användningsfaser inom zon 2 även om bronsgjuteriet verkar vara från yngre bronsålder.

## Osteologi

Endast ett litet fragment av ett möjligt bränt ben hittades vid undersökningen av A42 år 2023. Det har inte gått att bestämma ytterligare. Ytterligare två obrända ben hittades vid undersökningarna 1969–71 i toppen av anläggningen. Inte heller dessa har gått att artbestämma (se bilaga 5 & 6).

Det har framförts att man under bronsålder skulle kunna ha använt ugnarna i Hallunda för att krekmera de döda (Goldhahn 2007, 302f; Goldhahn & Oestigaard 2008). Två separata osteologirapporter finns från undersökningarna runt 1970. Den ena rapporten behandlar de brända ben som hittades i anläggningar, tolkade som gravar (Lahtiperä 1988). I skärvstenspackningen A29, som låg omedelbart norr om ugnsområdet, påträffades 151,5 gram brända ben som kommer från en vuxen individ. Gravarna A8 och A33, som låg väster om området, innehöll också brända människoben medan de närbelägna gravarna A6, A25, A26 och A34 saknade bestämbara människoben (Lahtiperä 1988, 20ff).

Det benmaterial som kom i kontexter tolkade som boplatzlämningar och kulturlager analyserades i en separat rapport (Ekman 1988). På Hallunda 13 påträffades totalt 2991 gram obrända djurben och 8508 gram brända ben. Inga ben bedömdes i detta material som människoben, utan

merparten kommer från tama djur med mindre inslag av vilda däggdjur och fisk. Nötboskap och får/get dominerar bland tamdjuren tillsammans med enstaka ben av svin, häst och hund.

I SHM:s databas över det osteologiska materialet finns 24 fyndposter med brända djurben från ugnarna A36, A37, A40, A41, A42, A45, A50, A51 och A52. En fyndpost är bedömd som ben av get och en som svin. Det brända benet från toppen av A42 var inte möjligt att artbestämma. Ytterligare åtta fyndposter består av obrända ben från ugnarna A36, A37, A41 och A48. Två av fynden från ugnen A41 var obrända ben och tand av nötboskap. Inga bestämbara ben av människa framkom alltså i någon av ugnarna. Att anläggningarna skulle ha använts som kremeringsplatser är därmed inte styrkt av någon osteologisk analys. Även anläggningarnas storlek skulle göra dem mycket opraktiska som kremeringsanläggningar. Däremot måste kremeringsbål ha funnits någonstans, antingen på den undersökta ytan eller i direkt anslutning till Hallunda 13.

Den rika förekomsten av brända djurben kan tolkas på flera sätt. Ett är att man har utnyttjat benen som bränsle eller flussmedel vid gjutningen. Ben kan genom sitt innehåll av till exempel fosfor eller genom sina egenskaper som bränsle ha utnyttjats i gjutningen (Eklöv-Pettersson 2016). En annan tolkning av de brända djurbenen är att man har kastat dem i hårdarna för att bränna dem och undvika att man drar åt sig skadedjur till boplatsten. En tredje förklaring kan vara att de brända djurbenen är rester efter olika typer av rituella brandoffer som har skett i samband med fester, slakt och andra sammankomster. Den här typen av brandoffer var en mycket vanlig rit i de skrivna källor som finns från perioden, till exempel Illiaden, Odyssén och Gamla Testamentet. Arkeologiska exempel på liknande brandoffer finns från Hallstattkulturen och den östra kullen med sitt kulthus på Ryssgärdet, Tensta socken i Uppland (Eriksson 2008b, 196ff; Tomedi 2010). Den rikliga förekomsten av keramik på Hallunda 13 visar att man har haft stora måltider och sammankomster på platsen, måltider som med stor sannolikhet också haft rituella förtecken.

## XRF-analyser och andra analyser av fynd av bränd lera

### Karteringen av preparatet A42

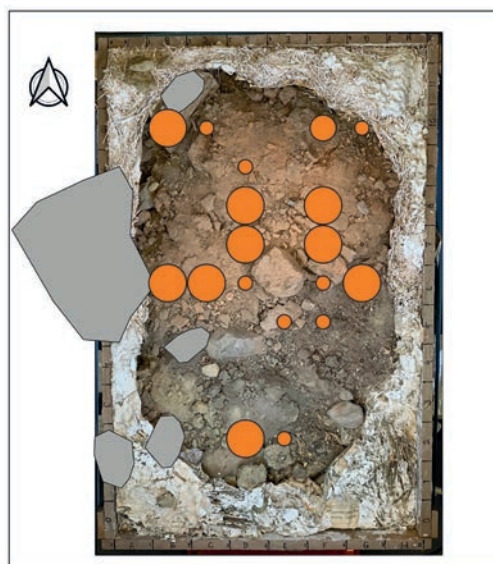
För att studera om preparatet A42 hade använts för att smälta brons eller möjligen för järnhantering gjordes en kartering av varje kvadratdecimeter ruta i 5 cm tjocka stick. Ett jordprov togs ut från varje ruta och har sedan analyserats på Arkeologiska forskningslaboratoriet, AFL (se bilaga 2). Det översta sticket, stick 1, bedömdes vara alltför stört av moderna aktiviteter för att en analys skulle vara befogad. Värdena har behandlats olika här och i AFL:s rapport. Här har samtliga värden från alla stick grupperats i kvartiler, med samma kvartilindelning för att man både ska kunna se skillnader i plan- och i djupled. Värdena har bearbetats i GIS och presenteras här på ett underlag av det rektifierade lodfotot för varje stick. Anläggningen med den brända leran upptog den norra halvan av preparatet medan den södra delen bestod överst av kulturlager och ned mot botten av steril moig moränlera. I det understa sticket, stick 5, karterades endast den norra anläggningsdelen. De vanligare ämnena uppmättes i procent (hundra delar), medan ovanligare ämnen mättes i ppm (miljondelar).

Att använda sig av kvartilindelningar, det vill säga att man ordnar analysresultatet i storleksordning i fyra lika delar, har den fördelen att man kan se små variationer i mängderna av det aktuella ämnet. Därigenom kan man se om det finns rumsliga skillnader i sid- och höjddled som kan indikera, i det här fallet, metallhantering. Nackdelen är att om variationerna i uppmätbara halter är mycket små kan skillnaderna bli överdrivna eller slumpmässiga. XRF-analyser med handhållen mätare kan producera något lägre kvalitet än mer avancerade mätningar.

## Metaller

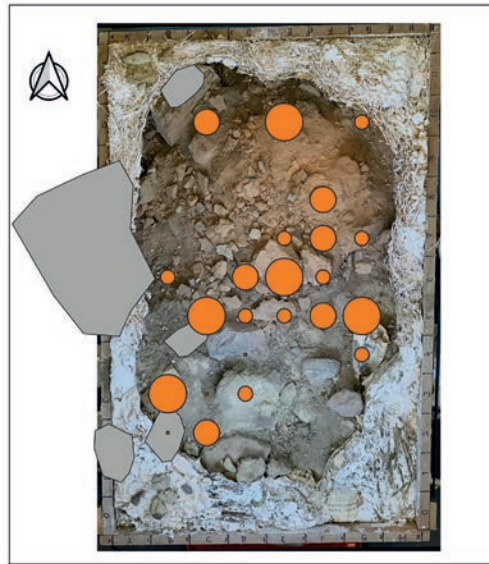
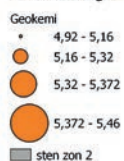
### Aluminium, Al

Aluminium är vanligt förekommande i de flesta svenska jordarter. Inga större skillnader i aluminium kan ses utan värdena ligger runt 5 %. Skillnaderna på planerna är därmed förstärkta och kan vara inom felmarginalerna.



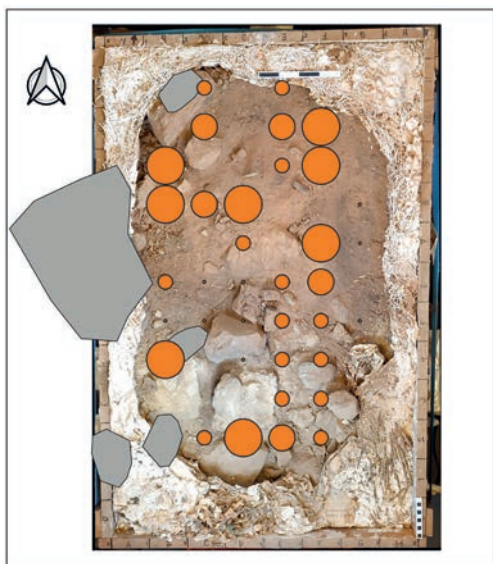
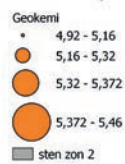
Al-halt % lager 2: kvartiler

0 0,1 0,2 m



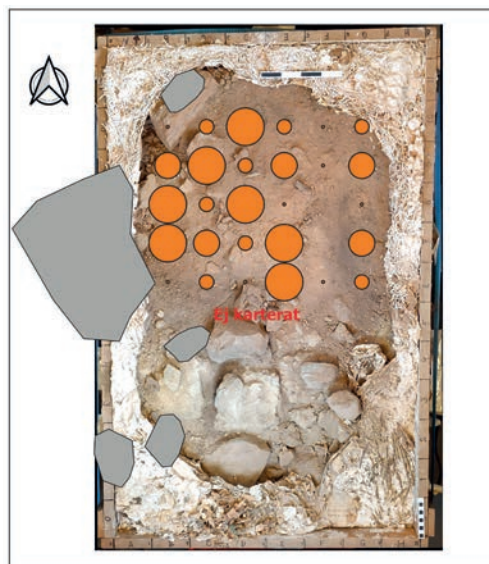
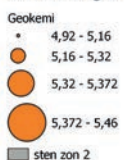
Al-halt % lager 3: kvartiler

0 0,1 0,2 m



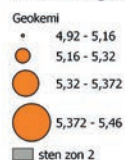
Al-halt % lager 4: kvartiler

0 0,1 0,2 m



Al-halt % lager 5: kvartiler

0 0,1 0,2 m

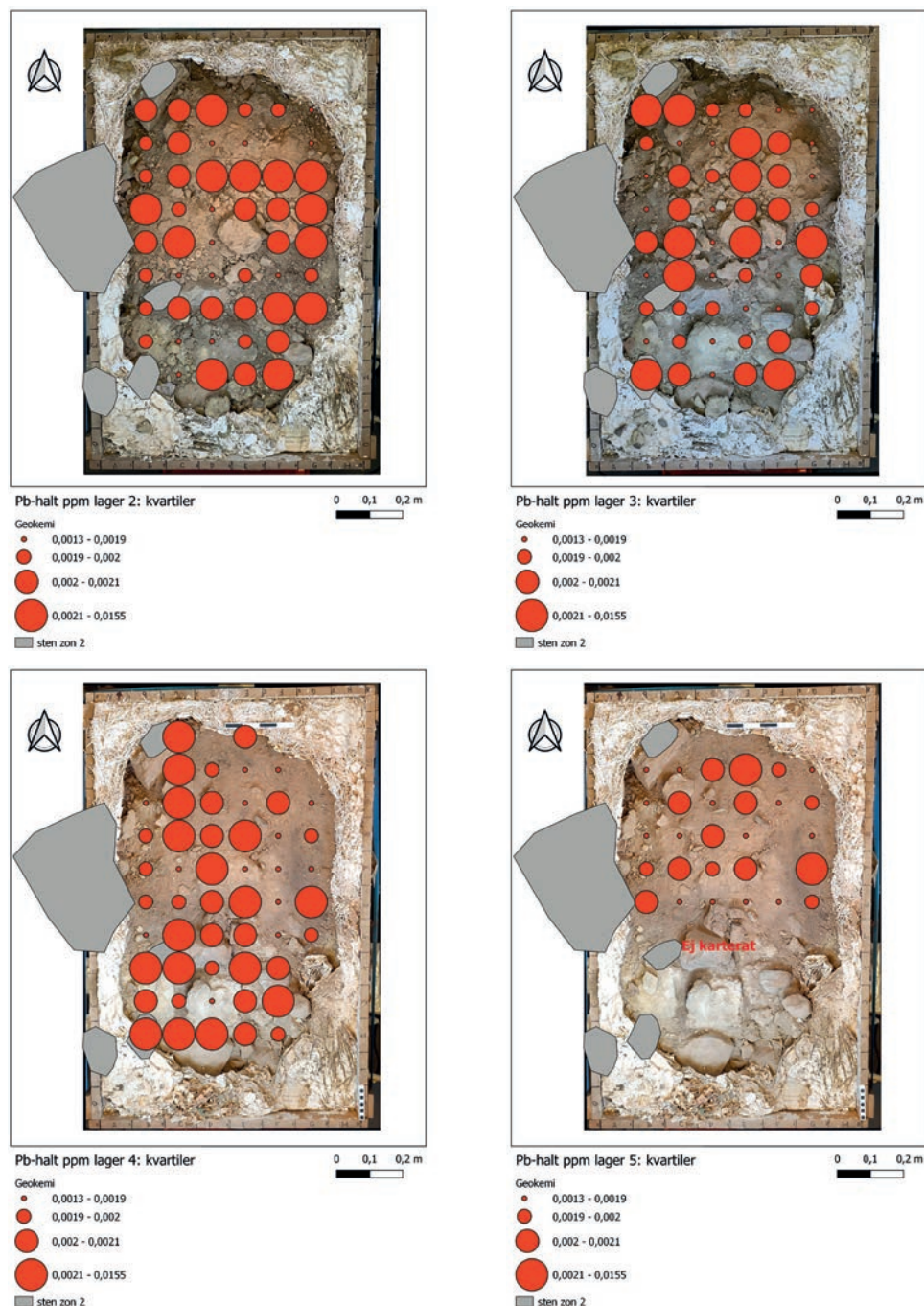


Figur 36. Spridning av aluminium i de olika lagren i A42. Något förhöjda värden finns där den brända leran har varit koncentrerad och beror antagligen på denna. Karta T. Eriksson, SHM.

## Bly, Pb

Bly är i låga halter förekommande i naturen men kan också ha förekommit i låga halter i kopparlegeringarna som användes under bronsålder.

Inga signifikanta förhöjningar utanför eller i A42 kan ses i karteringen. Samtliga värden uppmättes i ppm.

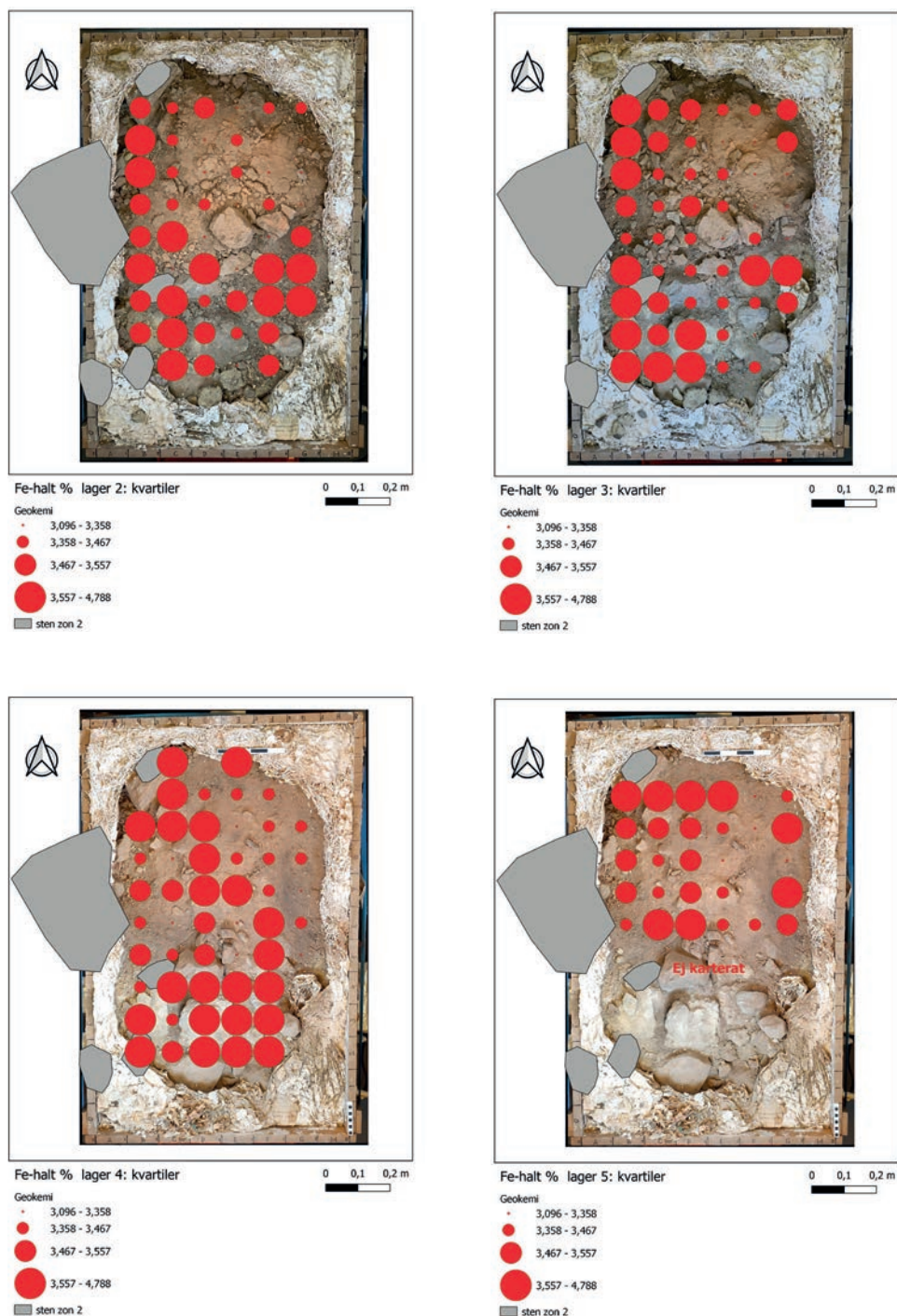


Figur 37. Spridning av bly i de olika lagren i A42. Inga klara förhöjningar finns i anläggningen som skulle kunna tyda på bronsgjutning. Karta T. Eriksson, SHM.

## Järn, Fe

Järn är en av de vanligaste förekommande metallerna i jord. Den röda färgen hos den brända och sintrade leran på platsen beror till större delen just på lerans järninnehåll. Karteringen av preparatet visade dock på motsatt förhållande, att järnmängderna var något högre i omkringliggande lager än i den rödbrända anläggningen. Men skillnaderna är låga. En något högre järnhalt märktes

i botten av anläggningen A42. Halterna är dock så låga att det är i det närmaste uteslutet att man skulle ha använt anläggningen för framställning av järn ur limonitmalmer eller ha haft den som en smideshård för järn. Varken järnföremål eller slagg efter reduktion, glödska eller smidesslagg påträffades vid undersökningen.

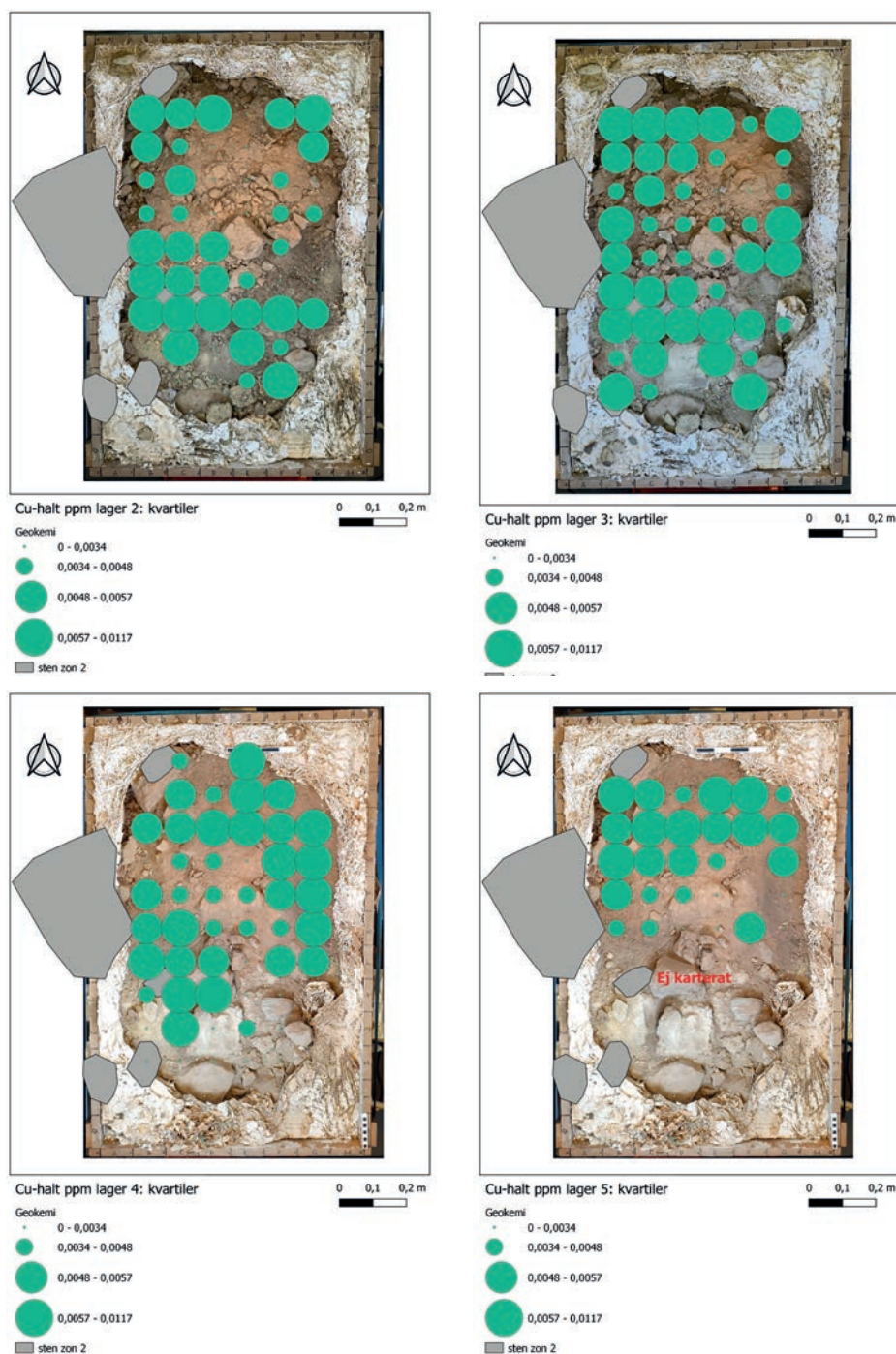


Figur 38. Spridning av järn i de olika lagren i A42. Inga klara förhöjningar finns i anläggningen som skulle kunna tyda på järnhantering. Karta T. Eriksson, SHM.

## Koppar, Cu

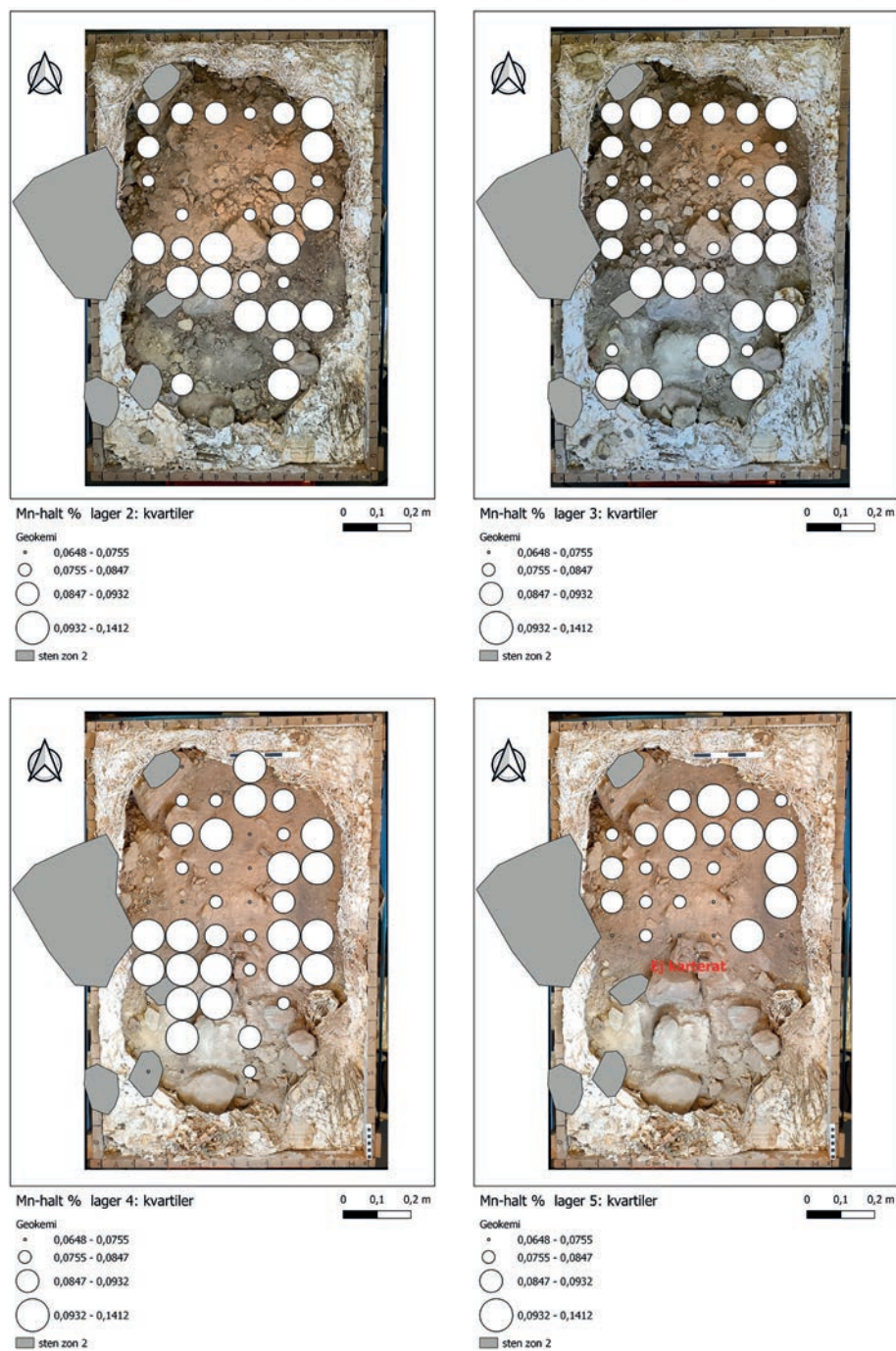
Ytterst låga halter uppmättes av koppar vid karteringen, samtliga värden ligger mellan 1 och 117 ppm. Vid indelningen av värdena visar det sig att mängden koppar är något högre utanför och under A42 än i centrum av anläggningsfyllningen. Värdena är klart lägre än de i deglarna men inte helt annorlunda än de i gjutformarna. De uppmätta värdena är dock för låga för att man

ska kunna säkerställa bevis för att någon kopparhantering eller bronssmältning har ägt rum i anläggningen. Vid SGU:s kartering av moränen i området förefaller dock de naturligt förekommande halterna i området vara mellan 14–36 ppm, dvs. delvis lägre än de halter som uppmättes här (M. Andersson et al. 2014, 165f).



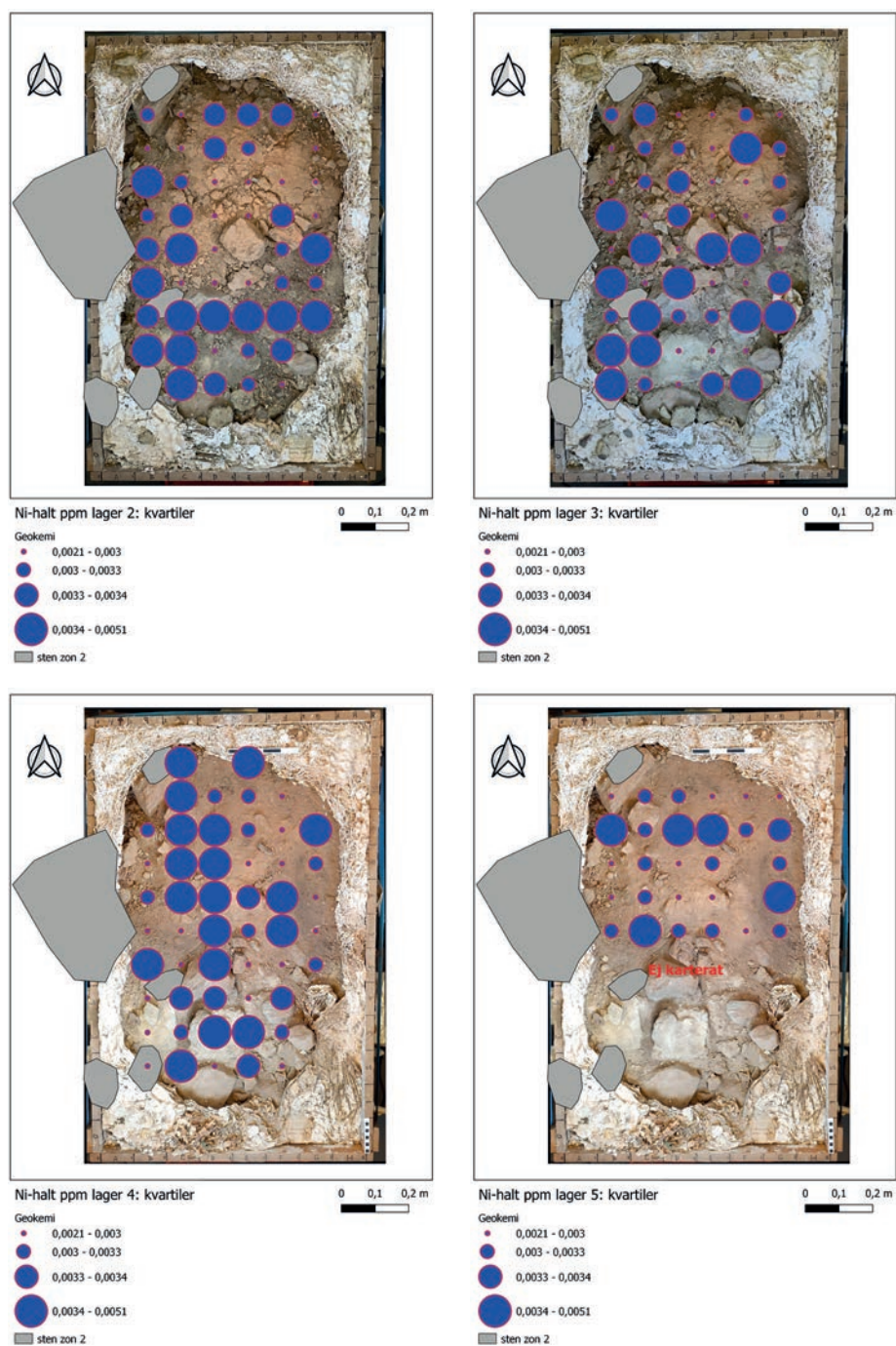
Figur 39. Spridning av koppar i de olika lagren i A42. Inga klara förhöjningar finns i anläggningen som skulle kunna tyda på bronsgjutning i större skala eller kopparframställning. Karta T. Eriksson, SHM.

## Mangan, Mn



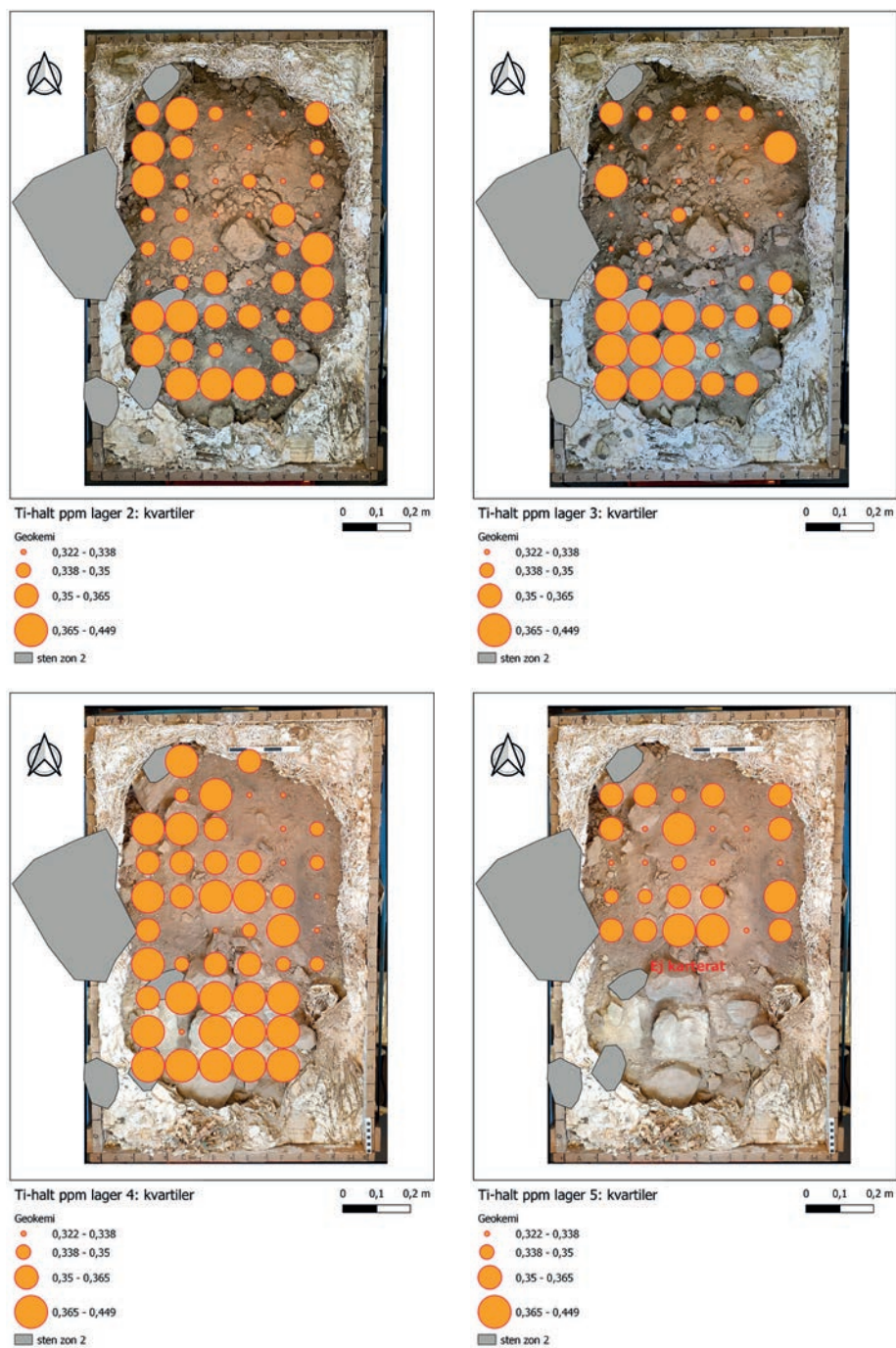
Figur 40. Spridning av mangan i de olika lagren i A42. Inga klara förhöjningar finns i anläggningen. Karta T. Eriksson, SHM.

## Nickel, Ni



Figur 41. Spridning av nickel i de olika lagren i A42. Värdena är lägre i anläggningen än utanför i moränen. Karta T. Eriksson, SHM.

## Titan, Ti

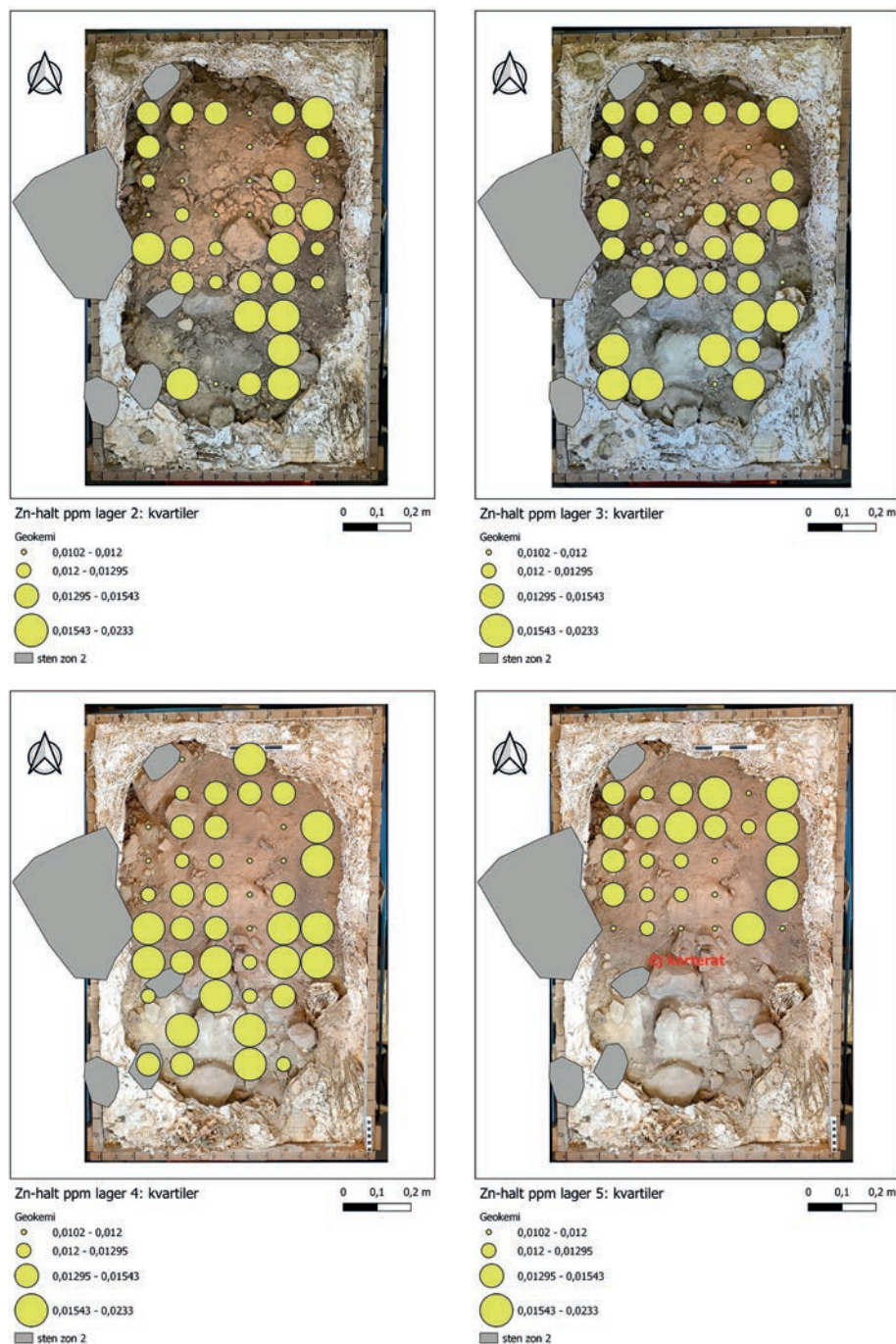


Figur 42. Spridning av titan i de olika lagren i A42. Värdena är lägre i anläggningen än i den omgivande jorden utanför. Karta T. Eriks-son, SHM.

## Zink, Zn

Zink kan användas som en legeringsmetall om man ska smälta mässing och malm. Det är dock inte troligt att man har använt sig av zink och tillsatt metallen under bronsåldern i Skandinavien. Däremot kan zink förekomma i låga, naturliga halter i bronserna. Zink i ren form har en betydligt lägre smältpunkt än ren koppar, den ligger på 419,5° C. Rent hypotetiskt skulle zink kunna förångas i högre utsträckning än koppar och

därmed ge utslag i närområdet runt smältningen. Zinkhalterna i karteringen är genomgående låga och förefaller att vara något högre utanför anläggningen. Vid SGU:s kartering av moränen i området förefaller dock de naturligt förekommande halterna i området vara mellan 37–74 ppm, dvs lägre än de halter som uppmättes här (M. Andersson et al. 2014, 165f)



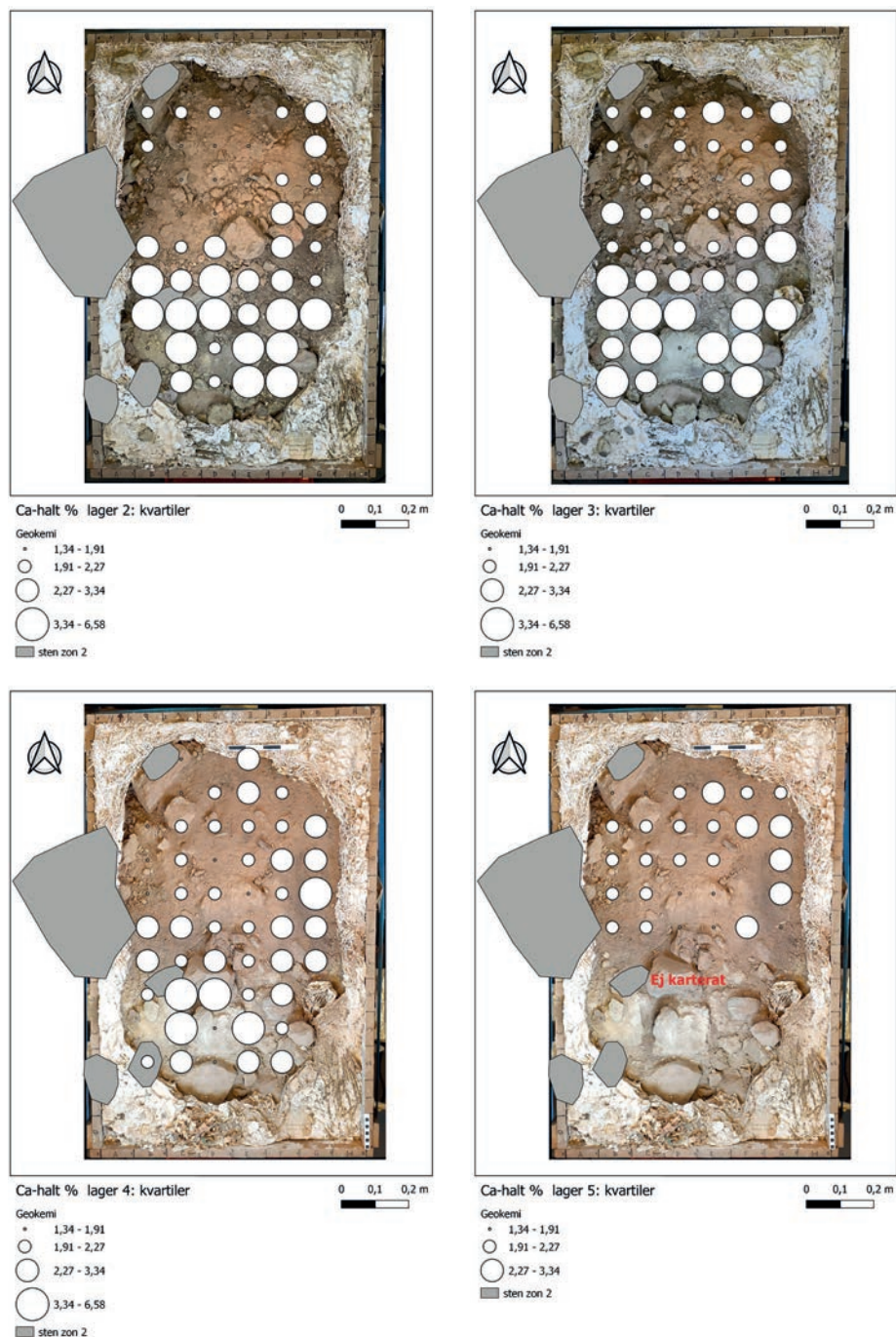
Figur 43. Spridning av zink i de olika lagren i A42. Värdena är lägre i anläggningen än utanför och inget tyder på metallhantering i större skala. Karta T. Eriksson, SHM.

## Alkaliska jordartsmetaller

### Kalk, Ca

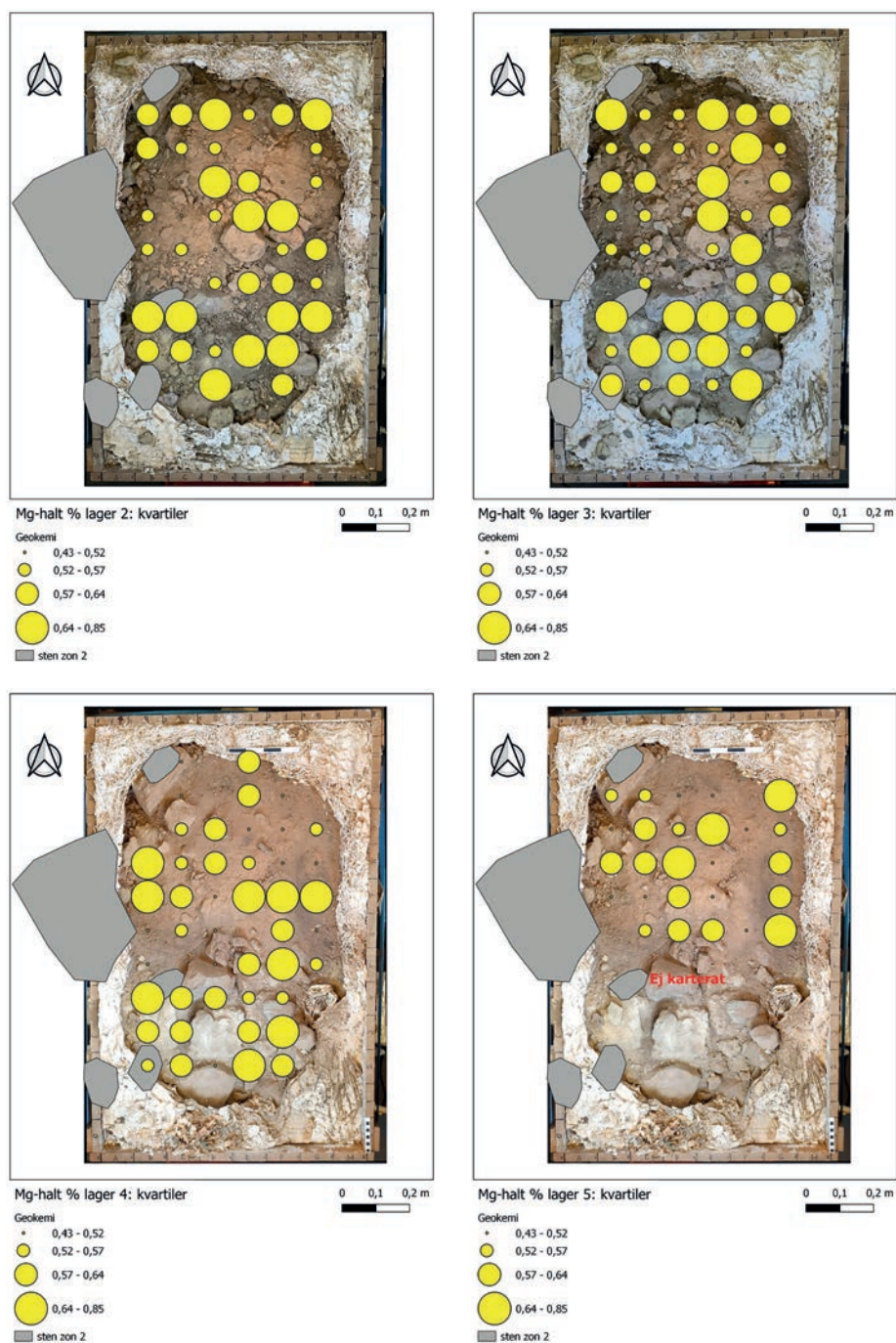
Kalk förekommer i östra Mellansverige med relativt höga värde även om Botkyrka inte tillhör dem med högst kalkhalt (M. Andersson et al. 2014, 64f). Vid karteringen framstår det klart att anläggningsfyllningen har en lägre kalkhalt än de omgivande lagren. Det beror med största sannolikhet att man har undvikit en kalkhaltig lera

för lerklining, antagligen för att den har bedömts vara av sämre kvalitet. En annan möjlig tolkning av de låga kalkhalterna är att man inte har bränt ben av djur eller människa i anläggningen. Det är även osannolikt att man har använt ben som bränsle utifrån de låga kalkhalterna i anläggningen (jfr Eklöv-Pettersson 2016).



Figur 44. Spridning av kalk i de olika lagren i A42. Värdena är lägre i anläggningen än i moränen utanför. Avsaknad av förhöjda värden visar att man inte kan ha använt sig av ben som bränsle. Karta T. Eriksson, SHM.

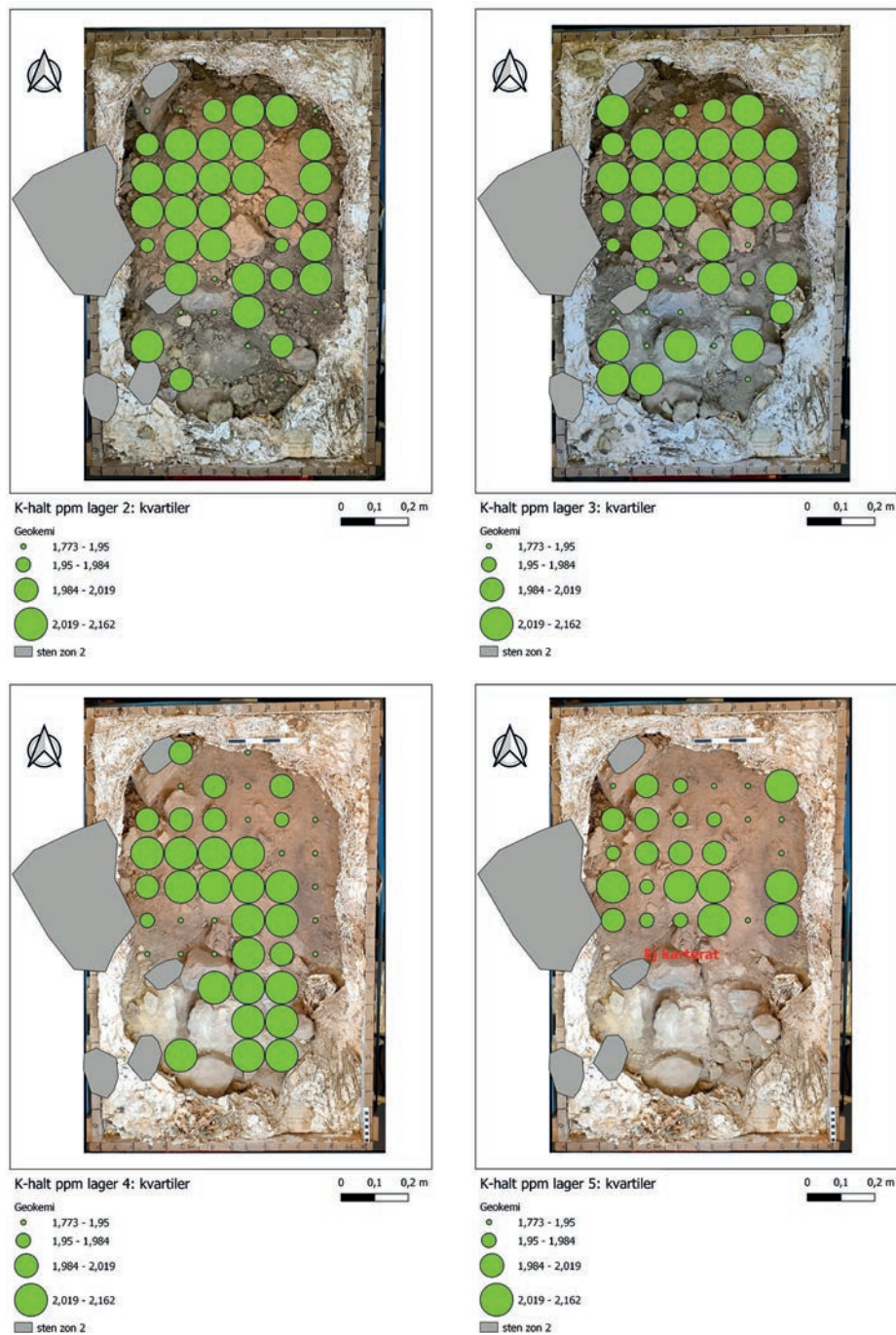
## Magnesium, Mg



Figur 45. Spridning av magnesium i de olika lagren i A42. Karta T. Eriksson, SHM.

# Alkalimetall

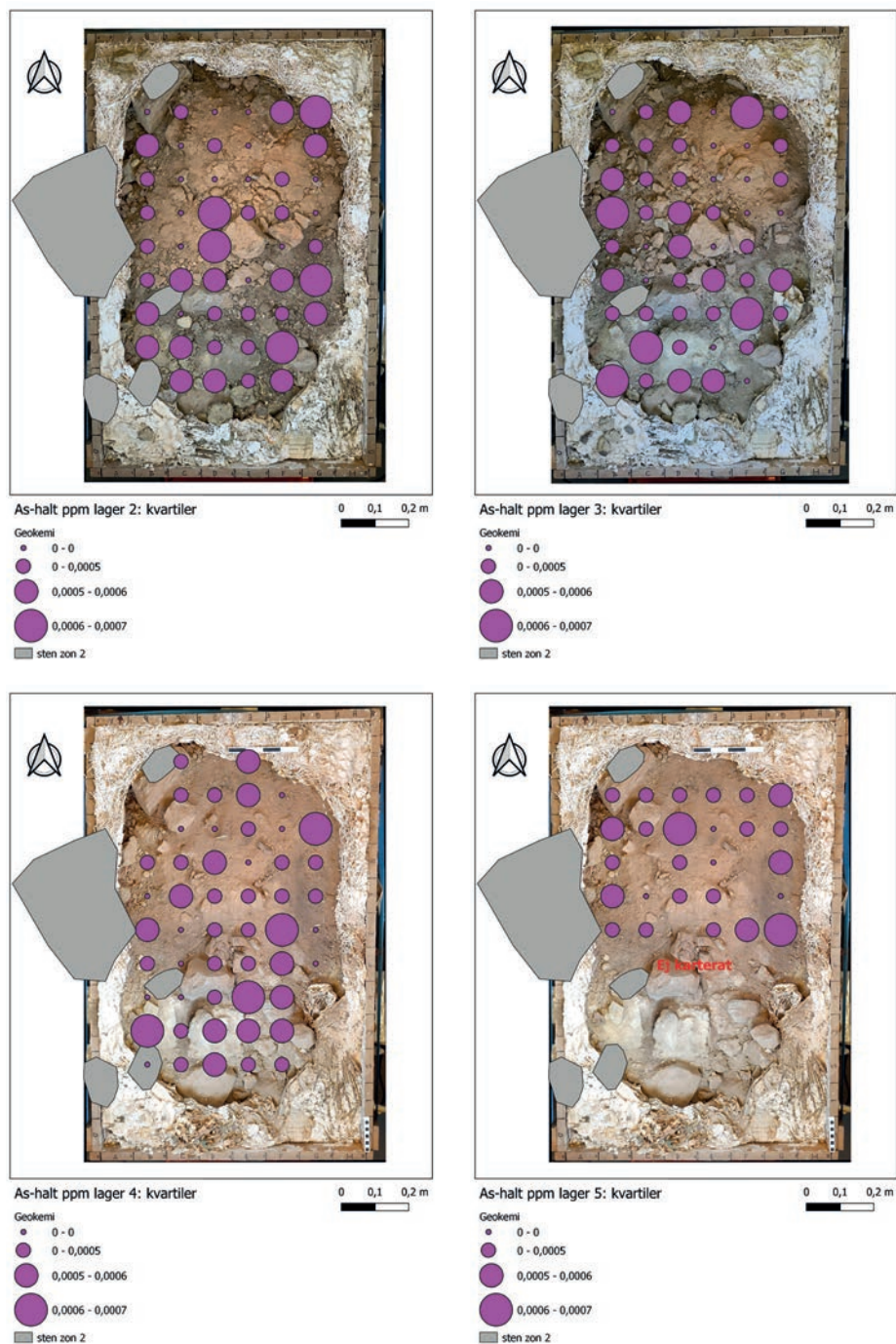
## Kalium, K



Figur 46. Spridning av kalium i de olika lagren i A42. Värdena är något högre i anläggningen än utanför. Karta T. Eriksson, SHM.

# Halvmetaller

## Arsenik, As

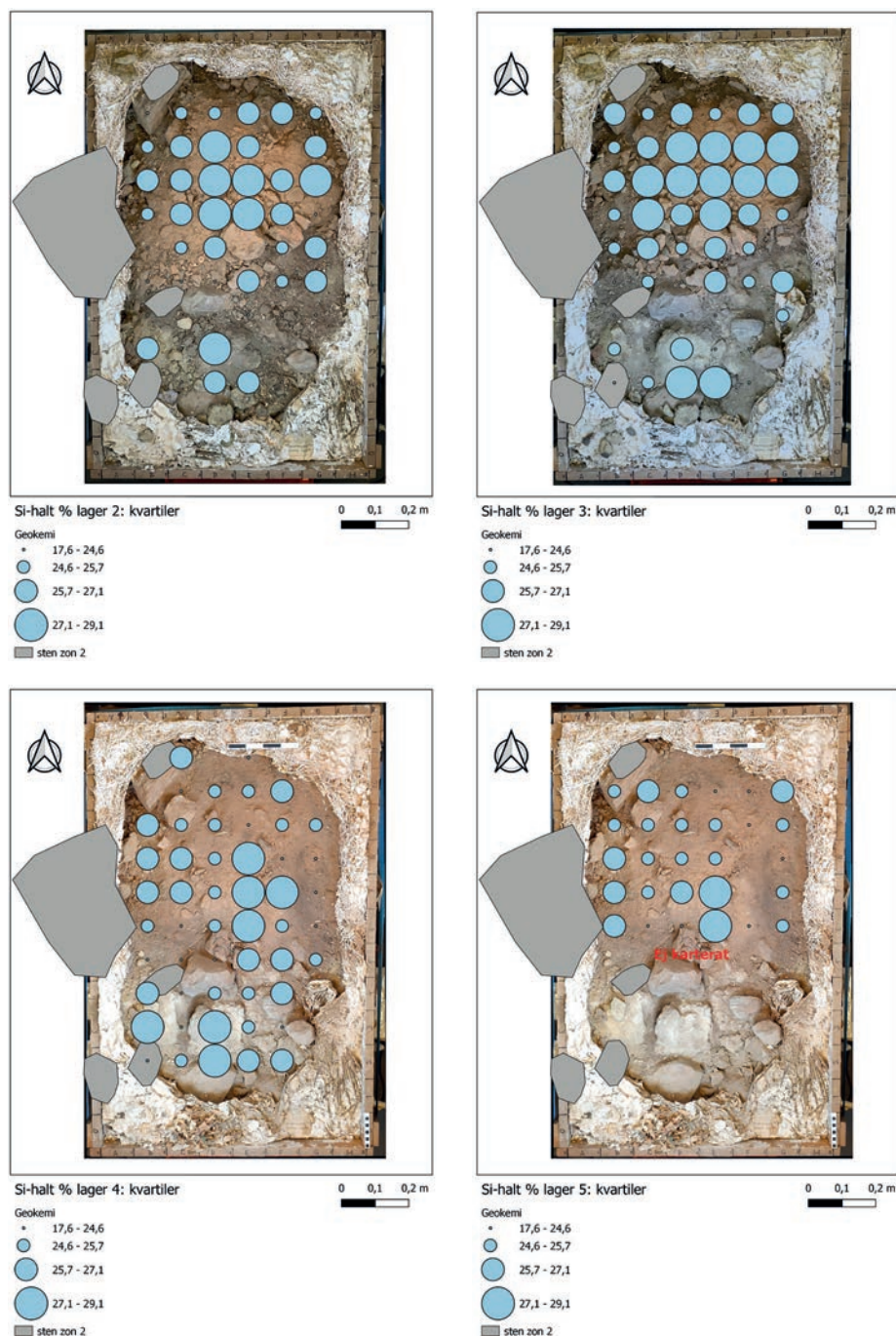


Figur 47. Spridning av arsenik i de olika lagren i A42. Inga förhöjningar tyder att man har använt sig av arsenikhaltig koppar. Karta T. Eriksson, SHM.

## Kisel, Si

Det enda ämne som har en markant högre halt i anläggningen än i det omgivande materialet är kisel. Med största sannolikhet är det den brända leran som har innehållit rikligt med kisel, som ger detta avtryck. En möjlighet är att man har valt ut en

naturligt grov och kvartsrik lera eller blandat det finkornigare materialet med kvartsrik sand för att kunna bemästra lerbodringens termiska egenskaper. Hög kiselhalt brukar innebära att materialet blir mindre känsligt för höga temperaturer.



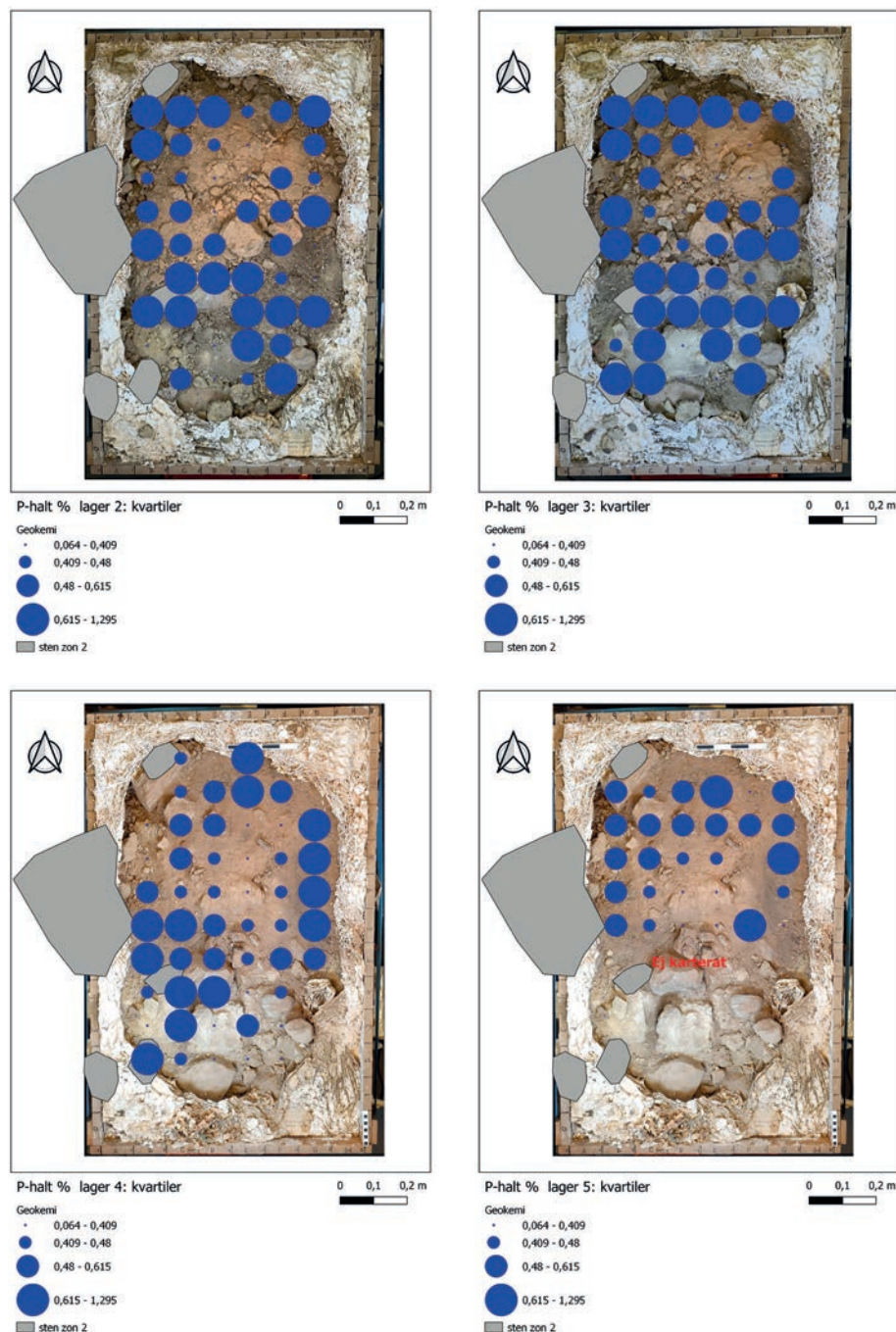
Figur 48. Spridning av kisel i de olika lagren i A42. Kisel är ett av de vanligaste ämnena i lera och förhöjningar finns i anläggningens övre del. Karta T. Eriksson, SHM.

## Icke-metaller

### Fosfor, P

Om anläggningen skulle ha använts som kreameringsugn eller ha en stark påverkan av olika avfallsprodukter borde detta ses i förhöjda fosfor/fosfathalter. Anläggningen uppvisar lägre fosfor-

halter än det omgivande kulturlagret och den sterila leran. De låga värdena tyder på att man inte har använt sig av ben som bränsle i anläggningen (jfr. Eklöv-Pettersson 2016).

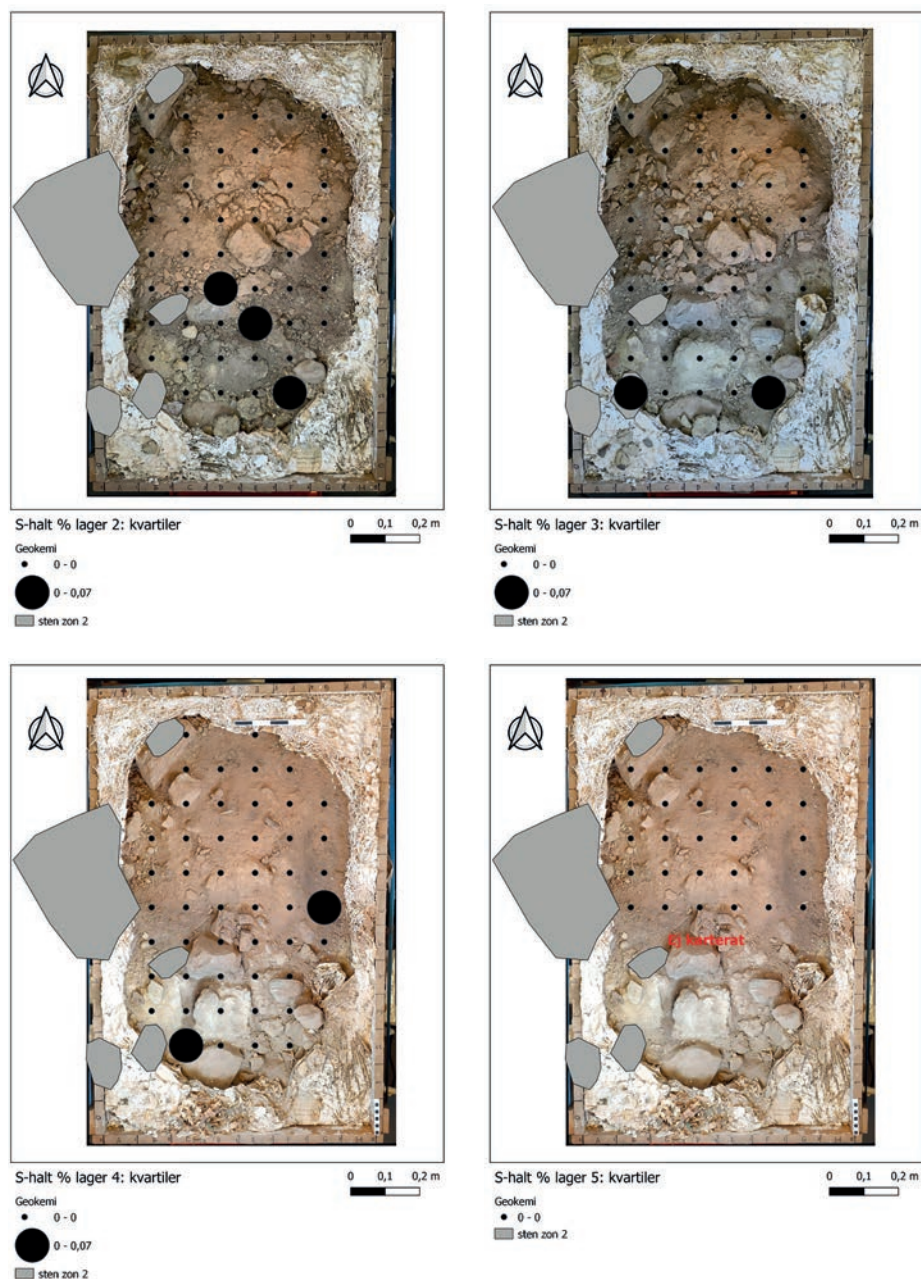


Figur 49. Spridning av fosfor i de olika lagren i A42. Avsaknad av förhöjda värden visar att man inte kan ha använt sig av ben som bränsle. Karta T. Eriksson, SHM.

## Svavel, S

Det finns ett fragment av slagg framställt ur en sulfidmalm i fyllningen på skärvstenspackningen A29. Slaggen skulle kunna komma från kopparframställning av en malm från Bergslagsområdet, men fyndet är det enda på platsen och kan

vara av yngre datum (Ling et al. 2014, 125). Om anläggningen skulle ha använts i något steg av kopparframställning från sulfidmalm borde detta ses i förhöjda koppar- och svavelhalter. Det finns dock inga förhöjda svavelhalter i anläggningen.



Figur 50. Spridning av svavel i de olika lagren i A42. Inget tyder på att man har hanterat svenska sulfidmalmer i anläggningen. Karta T. Eriksson, SHM.

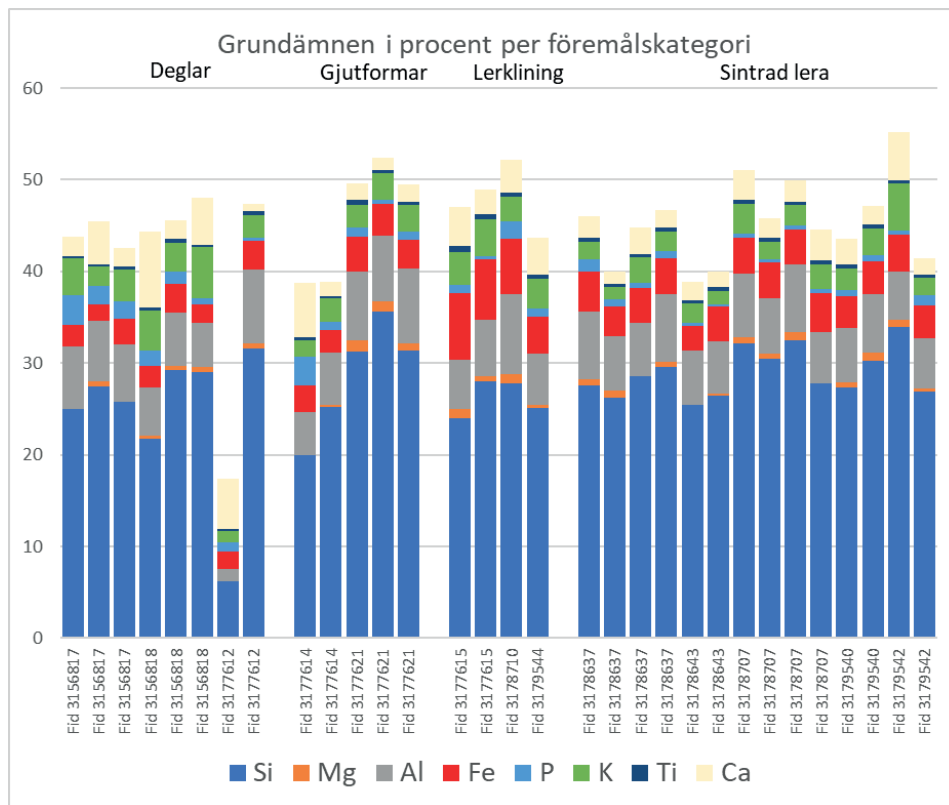
## XRF-analyser av föremålsfynd

För att sätta mätningarna av metallförekomsterna i jordproverna från A42 i relation till olika föremål som vi antingen vet har varit i kontakt med metaller eller inte bör ha varit det, valdes det ut ett antal referensföremål som analyserades. Det är fynd som framkom vid den ursprungliga

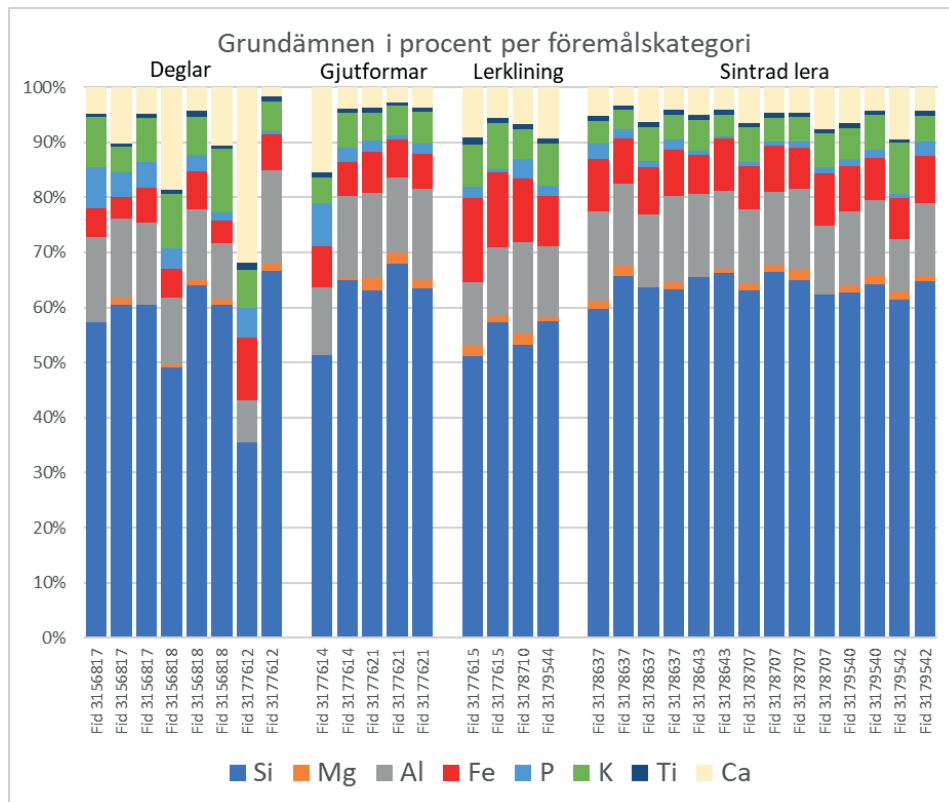
undersökningen runt år 1970 och inte vid undersökningen år 2023 (deglar, gjutformar och bränd lera) samt föremål i form av sintrad och bränd lera som hittades i anläggningen vid den senaste undersökningen (se bilaga 2).



Figur 51. Mätning med handhållen XRF av ett fragment av en degel. Mätningarna var icke-destruktiva och gjordes i SHM:s magasin. Foto T. Eriksson, SHM.



Figur 52. Grundämnen som gått att mäta i procent. Märk att vanligtvis bara 40–55 % har registrerade procentsatser. Stora andelar är olika oxider eller består av andra föreningar. Diagram T. Eriksson, SHM.



Figur 53. De grundämnen som har gått att mäta i procent omräknade till 100 %. Den sintrade lera har förhållandevis homogen sammansättning, något som tyder på att man har använt en och samma lertäkt. Deglarnas sammansättning uppvisar större variation, de är också magrade på olika sätt. Fördelning per fyndkategori. Diagram T. Eriksson, SHM.

## Metallpåverkan på fynd av bränd lera

En av de viktigaste frågeställningarna inför XRF-analyserna av de olika fyndgrupperna av bränd lera var att se om och i så fall hur metallhanteringen på platsen hade påverkat de olika fyndgrupperna. Att gjutning av bronsföremål har skett i betydande skala på Zon 2 och inom Hallunda är ställt utom allt tvivel. Det visar råämnen av koppar, smältor och gjuttappar av brons, deglar, delvis med inneslutningar av kopparlegeringar samt gjutformarna. Sett till antalet av gjutformor och deglar är Hallunda ännu en av de största fyndplatserna i Mälardalen (Arrhenius et al. 1988; Eriksson 2003; Ling et al. 2014; Sörman 2018; Vahlne 1974; 1989).

En arbetshypotes var att se om det gick att se förhöjda halter av koppar, tenn eller zink i det sintrade lermaterialet. Det sistnämnda har tolkats som ugnsväggar utifrån de höga temperaturer det har varit utsatt för samt närheten till området med deglar och gjutformor mm. Äldre analyser har dock inte kunnat se några förhöjda halter (Arrhenius et al. 1988; Nilsson 1987). Frågan kvarstod ändå om smältning i kupolugnar skulle ha avsatt förångade rester av koppar, tenn eller andra metaller i den sintrade lerkupolen, lerschaktet eller ugnsväggarna. Om tolkningen av anläggningarna som kupolugnar är riktig antyder både mängden ugnar och mängden sintrad lera att man har haft en betydande produktion. Men man ska komma ihåg att det är gjutning av föremål som vägt mellan 5–1200 gram som har ägt rum (i deglar som rymt högst ca 0,5–1,5 dl smält metall). Mängderna med brons som smälts i deglarna har med andra ord varit liten och möjliga förhöjda värden på grund av förångning av metall måste vara låga. Eftersom diskussionen om bronsgjutet på Hallunda har varit omfattande och mycket av tolkningen av ugnarna och gjutningen har varit avhängig av tolkning av den sintrade lera som rester efter kupolugnar, har projektet ändå velat prova om hypotesen gick att verifiera. Att falsifiera den är antagligen svårare, eftersom det kan ha varit mycket liten påverkan från eventuella förångade metallrester i lera från de förmodade ugnsväggarna.

För att få referensvärden till vilka halter av metall man kan förvänta sig i analyserna har metallhalten i olika typer av föremål mätts. I samtliga fall

har metallhalten inte kunnat mätas i procent utan i ppm, det vill säga i miljondelar. Föremålen består av tre huvudgrupper:

- Föremål som har varit i kontakt med metall, såsom deglar och gjutformor,
- Föremål som inte bör ha varit i kontakt med metall (lerklining)
- Föremål som kan ha varit i kontakt med metall och var fodring i en ugn (sintrad lera)

Inte förvånande har uppmätbara mängder av framför allt koppar men också tenn hittats på insidorna av deglarna. Flera av degelfragmentens insidor har synliga inneslutningar av koppar eller kopparlegeringar. På insidorna har Cu-halter mellan 8747 och 94100 ppm uppmätts, medan sidorna och undersidan har halter på 56–266 ppm. Tennhalterna på deglarnas insida ligger mellan 333–39567 ppm. Det råder alltså inget tvivel om att deglarna har använts för smälta brons.

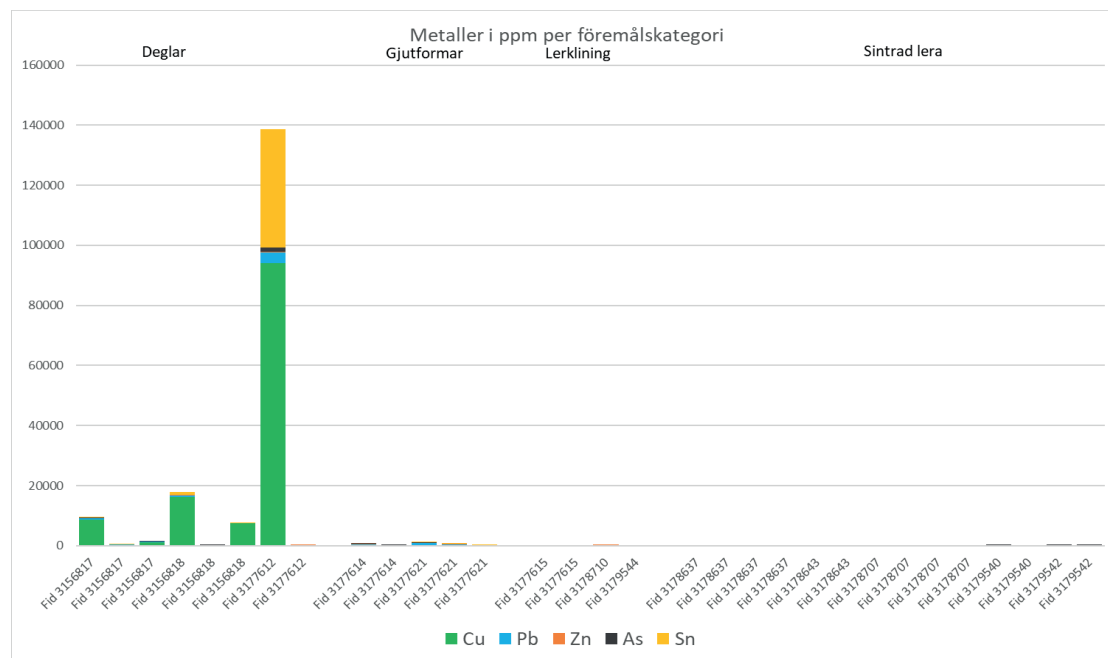
Gjutformarna av lera uppvisar lägre värden. Där har förhöjningarna berott på att de antagligen varit uppvärmda i samma härd eller en härd bredvid, samt att de har utsatts för metall i fast, smältande och i viss mån i förångad form. Gjutformsfragmenten har Cu-halter på mellan 42–126 ppm och Sn-halter på 28–228 ppm. I två av proverna saknas mätbara tennhalter.

Går man till den grupp som inte bör ha utsatts för metall, nämligen osintrad lerklining, saknas mätbara Cu-halter i tre fall och i ett fall uppmättes 15 ppm Cu. Inget av de fyra lerkliningsfynden hade mätbara mängder av tenn.

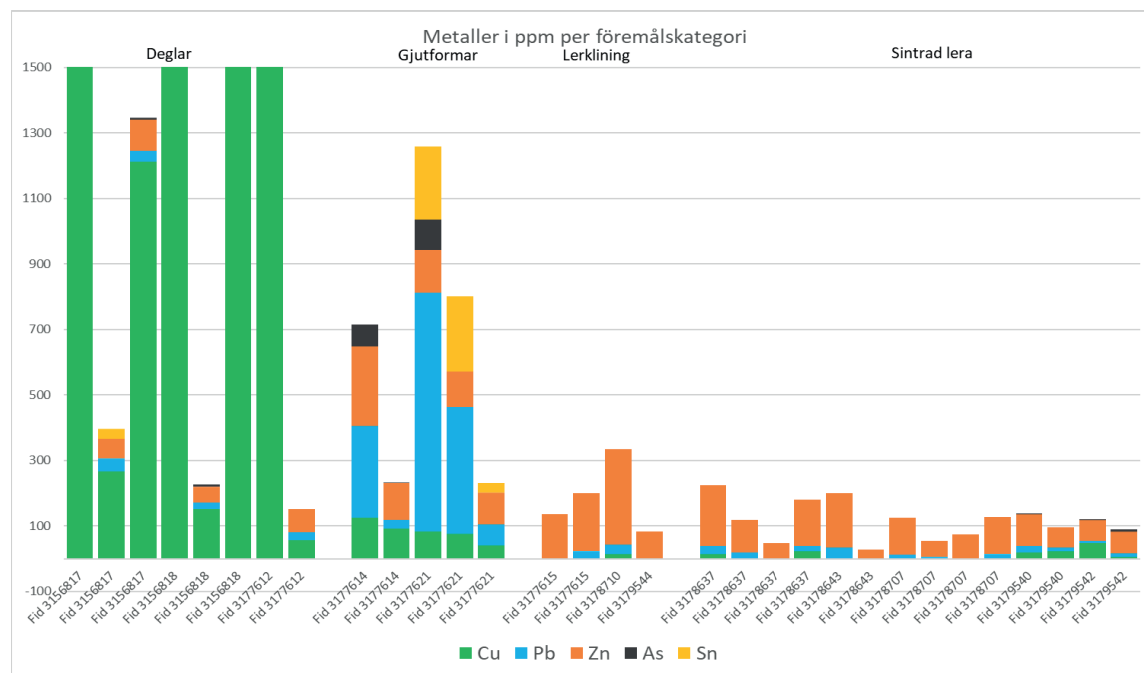
Fjorton mer eller mindre sintrade och förslaggade lerfragment analyserades också. Mätningarna gjordes både på den sintrade insidan och den spjälkade utsidan. Om tolkningen som kupolugnsfodring är rätt bör insidan ha högre halter än utsidan. Fem av proverna uppvisade inga förhöjda koppar-halter varken på in- eller utsidan. I tre fall hade insidan Cu-halter på mellan 14–48 ppm och utsidan 6–25 ppm. Inget av fragmenten uppvisade några spår av tenn. Med andra ord har tre av åtta fragment en kopparhalt som nästan är

jämförbar med gjutformarnas Cu-halt. Det skulle kunna tyda på att den sintrade leran ändå har haft en funktion som lerfodring i en ugn eller mer öppen ässja. Men förhöjningarna är mycket små och kan inte tas som en säker verifiering men

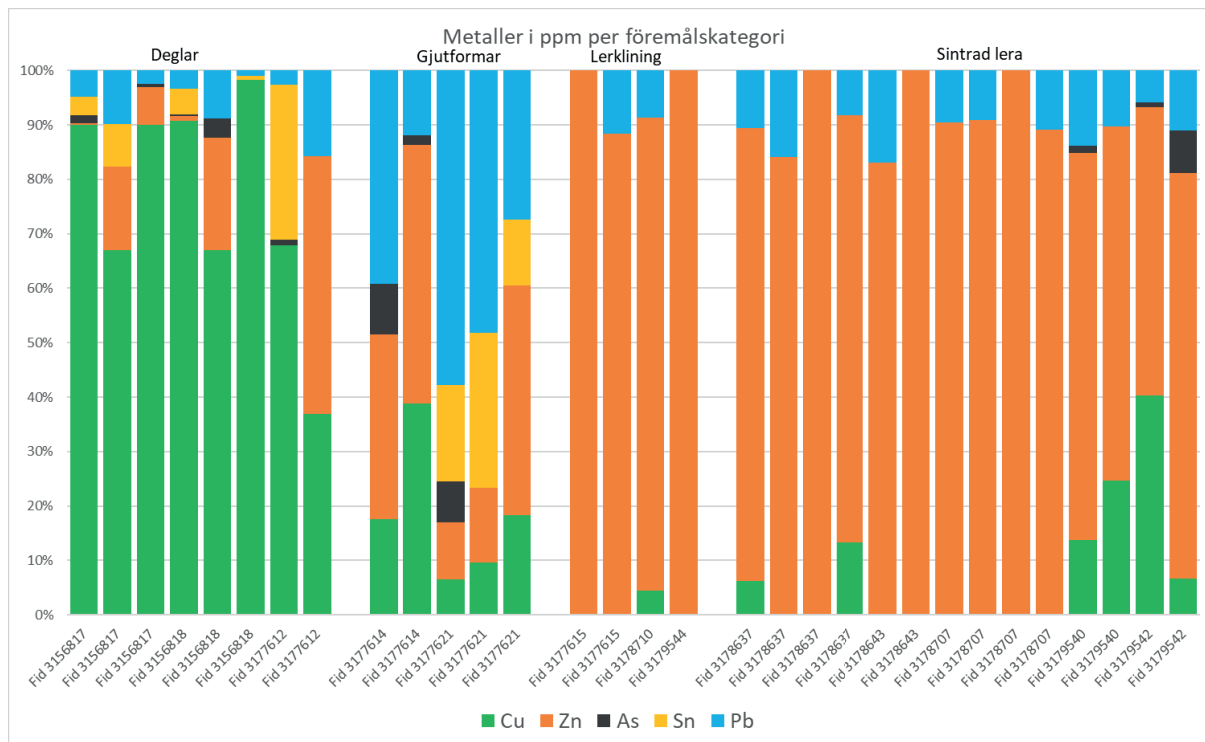
ändå en indikation. I Arkeologiska forskningslaboratoriets rapport är man dock tveksam till att se halterna som indikationer på metallhantering (bilaga 2).



Figur 54. Några av de viktigare beståndsdelarna i brons som har gått att mäta i ppm. Det är gjutformarnas insidor som uppvisar de högsta andelarna av koppar och tenn. Märk att gjutformarna som vi vet har varit i kontakt med metall uppvisar låga värden. Diagram T. Eriksson, SHM.



Figur 55. Mätvärdena över 1500 ppm har tagits bort för att möjliggöra en visualisering av metallen i gjutformar, lerklining och sintrad lera. Här visar värdena att även gjutformarna har utsatts för metaller med låg smältpunkt, såsom bly och tenn. Diagram T. Eriksson, SHM.



Figur 56. Värdena omräknade till procent för fem av de viktigaste beståndsdelarna i brons. Märk att det endast är deglarnas insidor som har högre värden. Några av värdena från den sintrade lera uppvisar låga halter av koppar. Diagram T. Eriksson, SHM.

## Lerans sammansättning i de olika fyndkategorierna

De vanligaste grundämnena i lera är kisel (Si), Aluminium (Al), järn (Fe) och kalk (Ca) och några till ämnen (se fig. 53–55). Ämnena förekommer nästan uteslutande i olika föreningar med syre och väte. Föreningarna innebär att ämnena i fig. 53 aldrig tillsammans upptar 100 % utan mindre andelar. För att kunna göra analyserna jämförbara har därför grundämnena räknats om så att de fiktivt ändå utgör 100 % i diagrammet. Analysresultaten har också delats upp i de viktigaste

fyndtyperna för att se om man har utnyttjat olika leror för skilda ändamål. En viktig faktor är också att lerorna oftast fick tillsatser av magring i form av krossad bergart, sand eller organiskt material. Magringen tillsattes i syfte att förhindra sprickbildning vid torkning och/eller bränning, höja smältpunkten för lera och för att lindra effekterna av värmeväxlingar (Rice 2005). I vissa fall kan man även ha utnyttjat en lera med en naturligt hög andel av till exempel kvartssand.



Figur 57. En av de mer kompletta deglarna från Hallunda 13. Den har den typiska päronformen i plan, en starkt förglasad insida, en lätt sintrad utsida och botten. Deglar av den här typen kan ha innehållit högst 0,5–1,5 dl smält brons. Den här degeln har inte analyserats. F199, FID 3145105. Foto T. Eriksson, SHM.



Figur 58. Degelfragmentet 3156817, F530 kommer från zon 2. Till vänster syns degelns starkt förglasade insida. Till höger syns degelns utsida med det vita materialet längst ned. Den rikliga kvartsmagringen syns också nedtill på utsidan. Fragmentet hade höga halter av koppar på insidan och mynningspartiet. Insidan hade även spår av tenn. Foto T. Eriksson, SHM.

Rent allmänt kan en hög andel kisel, antingen i leran eller tillsatt som krossad kvarts, medverka till att smältpunkten blir högre. Med andra ord bör gjutformar och deglar ha en hög kvartsandel men även andra ämnen kan påverka smältpunkten.

Resultaten (se bilaga 2) tyder på att gjutformsfragmenten och den sintrade leran har något högre kiselandel än den lerklining som har påträffats. Lerklining är här definierad som mer typisk

bronsålderslerklining med tydliga pinn- eller vidjeavtryck på ena sidan och gräsintryck på den andra. Den är dessutom inte utsatt för extrema temperaturer som har gjort att den har smält eller sintrat. Både gjutformarna och den sintrade leran är också väldigt porösa och smuliga med en hög andel av sand. Degelfragmenten har däremot i flera fall relativt höga andelar kalk. Många av deglarna har också en vit beläggning på sidorna och undersidan, något som skulle kunna vara tillsatt kalk.



Figur 59. I tidigare beskrivningar av Hallunda har det ofta talats sintrade lerskivor. Här är en samlingsbild på några från A50. De är ungefär 10 mm tjocka med en sintrad insida. Det rör sig om tunnare lerklining som har utsatts för hög värme. Dessa har inte analyserats. Fid 3223716. Foto T. Eriksson, SHM.



Figur 60. Några av fragmenten med hårt bränd lerklining med vidjeavtryck, sintrade lerskivor samt förglasad lera från A42, fid 3179543. Det förglasade fragmentet måste ha utsatts för temperaturer över 1100 °C. Ett av fragmenten har analyserats på ut- och insidan men saknar mätbara halter av koppar. Foto T. Eriksson.

Tidigare har även en analys av två fragment av sintrad lera från Hallunda 13 gjorts vid Arkeometallurgiska Institutet (Nilsson 1987). Då gjordes metallografiska undersökningar och ICP (Inductively Coupled Plasma) av två sintrade fragment för att se om man kunde se om det fanns spår av metallhantering av järn eller kopparlegeringar. I båda fallen slogs det fast att det rörde sig om sintrad lera, möjligen magrad, med inga tecken på metallhantering i form av järninklusioner eller förhöjningar av koppar eller tenn. Däremot föreföll leran ha ett naturligt innehåll av kvarts- och fältspat-rik sand. Det är ju också möjligt att sanden har tillsatts för att magra leran och ge den bättre egenskaper (Nilsson 1987, 2f).

Något som anmärktes på vid ICP-analysen var att mängden fosfor var hög. Det är ett drag som återkommer i de nya analyserna och kan tyda antingen på att man har tillsatt leran organisk

magring. Att använda djurspillning i lerklining är ett välkänt fenomen. En annan orsak skulle kunna vara att fragmenten har påverkats av de höga fosfathalterna i kulturlagret.

Den sintrade leran förefaller att ha en betydligt jämnare sammansättning än deglar och gjutformar och även i viss mån avvikande jämfört med den brända, men osintrade lerklining. Ett urval av den sintrade leran på Zon 2 genomgick mikroskopering i samband med fältundersökningarna år 1970 (Nordström 1988, 35f). Då fastslogs att det sintrade materialet till stor del bestod av mjäla och mo, sammankittat av järnhaltig lera. Järninnehållet stöds av de nya XRF-analyserna. En uppskattning av den temperatur som det sintrade materialet hade utsatts för var i storleksgraden 1000°-1200° C och att temperaturen har varit hög under en längre tid så att fragmenten hunnit bli genomoxiderade (Nordström 1988, 35f).

# Tolkning

Tolkningen av anläggningen kan inte ske enbart utifrån själva undersökningen av det enskilda objektet utan måste ses i sin kontext, Hallundakomplexet och framför allt inom dess Zon 2. För att förstå anläggningen måste den ses i ljuset av de övriga anläggningarna, deras placering och inte minst fyndspridningen.

Barbara Armbruster har gjort en sammanfattning av vad som bör påträffas på en undersökning av en plats med gjuteri och finsmide. Frågan är vilka av dem som vi har påträffat i anläggningen och på Zon 2. Hennes uppräkningslista innefattar dock lämningar från neolitikum till romersk järnålder och flera av föremålen har kanske inte relevans för skandinavisk bronsålder. De kategorier hon tar upp är (med kompletteringar i kursiv):

## 1. Föremål för mätning, vägning och testning:

- a. Vågar
- b. Vikter
- c. Proberstenar

## 2. Pyrotekniska objekt:

- a. Ugnar:
- b. Tuyere
- c. Blästermunstycken
- d. Deglar
- e. Gjutformar

## f. Smältor

## g. Råämnen

## h. Gjuttappar

## i. sintrad och förglasad lera

## 3. Föremål för plastisk utformning:

- a. Hammare

- b. Olika typer av städ

- c. Stämplar/punsar

- d. Matriser/patriser

- e. Underlag för drivning

## 4. Fasthållande:

- a. Pincetter

- b. Tänger

- c. Skruvstäd

## 5. Föremål för finputsning:

- a. Filar

- b. Brynen

- c. Polerande material

## 6. Markkemi

## Vilka fyndkategorier finns på Hallunda och vad innebär de?

Frågan är då vilka av dessa föremålskategorier enligt de ovanstående kategorierna som har påträffats i A42 och på zon 2.

## Viktsystem

Entydiga vikter saknas ännu i det svenska materialet även om det har föreslagits att guldföremål, småbitar av brons och människofiguriner åtminstone är uppdelade efter ett viktsystem (Eriksson 2008a, 218ff; Malmer 1993, 119ff; Weiler 1994, 142ff). Ett viktsystem och föremål för att väga koppar, tenn, brons och guld måste ha funnits för att kunna beräkna olika legeringar och uppskatta mängden metall som behövdes. Viktsystemet är också nödvändiga för att kunna beräkna värden i samband med handelsbyte eller gåvoväxling. Vågar av brons finns i det kontinentala materialet under

bronsålder, till exempel i Tyskland och Frankrike (Hermann et al. 2020). De är förhållandevis diskreta och vågarmarna ser ut som tenar med ett eller flera hål. Det är fullt möjligt att man har missat vågarmar av brons i skandinaviska material eller att de var tillverkade i organiskt material. Bland fyndmaterialet från zon 2 på Hallunda finns en ten med ett hål som har tolkats som en synål (F103). Om det skulle kunna röra sig om en arm till en våg är osäkert, men inte omöjligt.

Vikter har i bronsålderns Europa varit av olika former och det har föreslagits att även slipade mindre stenar har fungerat som vikter (Rahmstorf 2023; Ialongo, Hermann, & Rahmstorf 2021; Pare 2020, 520). Det finns minst fem mindre, stenar som är bearbetade och tolkade som glättstenar på Hallunda 13, men det behövs mer ingående viktsanalyser för att se om dessa kan vara vikter eller om de är just glättstenar för polering av till exempel keramikskålar. Det finns även stenar som kan ha använts som proberstenar för att kontrollera hårdhet och legering. Men inga analyser har gjorts för att kontrollera detta (Jaanusson & Vahlne 1975b, 22f; Ježek 2017). En sammanfattning är att det saknas otvetydiga föremål i Hallunda av denna kategori men indikationer finns på att det ändå har brukats.

## Pyrotekniska fynd.

### Bränd lera

Den grupp av fynd som det finns mest av på Hallunda och Zon 2 är de olika fynd av pyroteknisk art. Framför allt har området med de stenramarna på Zon 2 gjort sig kända av den stora mängden av bränd, sintrad och förglasad lera (Vahlne 1974; 1989; Jaanusson & Vahlne 1975b, 12ff). Sintrad lerklining finns även i kontexter där den kan tolkas som resultat av ett nedbrunnet treskeppigt bostadshus, men inte i den omfattning som hittades på Zon 2 (Eriksson 2002). I fallet med Hallunda kan mängden av sintrat material bero på två saker. Antingen är det ett eller flera hus innehållandes stora mängder av energirikt material som har brunnit ned en blåsig dag. Moderna mätningar av temperaturer vid brand i småhus har uppmätt temperaturer mellan 800°C och 1100°C och att det i flammans mitt kan vara mellan 700°C till 1200°C och i dess topp mellan 500°C och 600°C (Björnfot 2008, 14ff). Tidigare uppskattningar av smältpunkten på leran i Hallunda har varit mellan 1000°C och 1200°C (Nordström 1988, 35).

Så rent tekniskt och teoretiskt kan delar av den starkt upphettade lerkliningens härröra från en ordinär husbrand under speciella förhållanden. Under de förutsättningarna borde lerklining vara spridd utanför de anläggningar som har tolkats som ugnar, något som den också till största delen är. Att stora mängder med bränd lera ligger i toppen på "ugnarna" skulle i denna tolkning vara resultatet av att den brända leran har anhopats i den nedsjunkna fyllningen efter en stolpe i ett stolphål. Med andra ord att ugnarna måste omtolkas till stolphål, något som deras placering skulle kunna tyda på. Men mängden sintrat material från en husbrand är ovanligt stor på Zon 2. Man måste även komma ihåg att ingen uppdelning i har gjorts av den brända leran i olika kategorier för bränningstemperatur. I materialet från Zon 2 finns både lera som ser ut som vanlig lerklining från hus och moiga, sintrade lerskivor som inte är vanliga att påträffa vid hus (Eriksson 2002; 2008b, 196f).

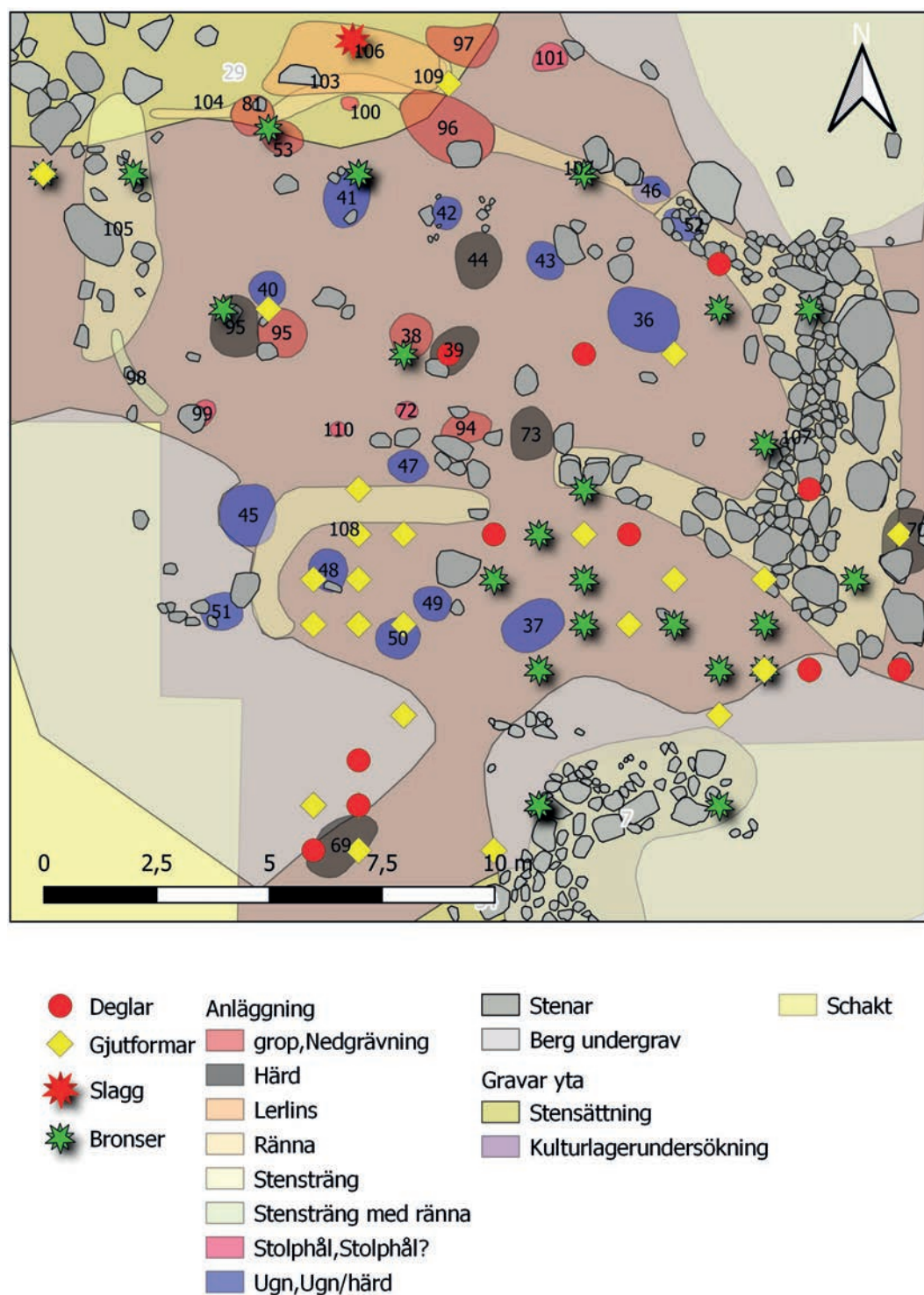
Den andra alternativa tolkningen är att den sintrade och förglasade leran härrör från processer som har fordrat temperaturer över 1000°C och då är givetvis bronsgjutning ett av de främsta alternativen, detta med tanke på alla deglar, gjutformar och bronssmältor och -tappar. När det gäller gjutformar och deglar är Hallunda ett av de största fynden i Mälardalen, bara Skälby, Vårfrukyrka socken och Apalle, Övergrans socken har jämförbara mängder (Eriksson 2003; Oldeberg 1960; Sörman 2018). Ingen särskild genomgång kommer att ske av deglarna eller gjutformarna här men tidigare studier har visat att man på Hallunda 13 har gjutit svärd, spjutspetsar, holkxor, nålar/tenar och ringar av olika storlekar. På Hallunda 69 finns dessutom formar som kan vara för rakknivar eller skäror. Gjutformar finns i varierande omfattning på de flesta bronsålderskomplex i Mälardalen från period III-VI. Variationsbredden i föremålstyper och tillverkningen av större vapen måste ses som klara indikationer på en högre status och större produktion i Hallunda. Inga gjutformar eller deglar är dock hittade i ugnarna men i deras närhet.

Speciellt gjutformar av lera är ett underrepresenterat fyndmaterial på grund av magringen som har gjort dem mycket porösa och lätt förstörda. Gjutformar i ett skärvtensrikt kulturlager blir mycket fragmenterade, redan under förhistorisk tid, en nedbrytningsprocess som fortsätter fram till undersökningen. De är också mycket svåra

att tillvarata vid själva undersökningen genom att de faller sönder. Även gjutformar av till exempel bergart och metall är med stor sannolikhet underrepresenterade i det bevarade materialet.

Ett blästerrör eller ett lerskott hål ska ha hittats i anslutning till en av ugnarna (Vahlne 1974, 14). Annars har inga säkra blästermunsstycken hittats men fragment av sådana kan förekomma bland

de stora mängderna bränd lera. Deglarnas utformning och sintringsmönster visar att blästerluf-  
ten måste ha applicerats rakt uppifrån. Deglarnas  
sidor och botten är betydligt mindre värmepåver-  
kade. Det är fullt möjligt att det även på Hallunda  
har använts den typ av L-formade blästerrör av  
lera som finns på ett antal danska platser samt  
på Pryssgården i Östergötland (Thrane 2006;  
Botwid 2016).



Figur 61. Spridningen av gjutformsfragment av lera, deglar, bronser och slaggfyndet på zon 2. Gjuterifynden har en klar koncentration åt söder. Karta T. Eriksson, SHM.

## Metall

Zon 2 är en av de rikaste ytorna vad det gäller föremål och olika kopparlegeringar på en boplatz/verkstadsplats från yngre bronsålder i Mälardalen. Totalt rör det sig om 27 fyndposter inklusive 2 gjuttappar, 1 smälta och 5 obestämbara fragment. Nästan samtliga föremål av kopparlegeringar framkom utanför de anläggningar som har tolkats som ugnar. I toppen på A41 kom dock två fragment av brons (F273 & 311). Vad som är mer intressant är att olika analyser har visat att man har haft och smält ren koppar utan större tenninnehåll. På Hallunda 13 har en av smältorna (Fid 122890) ett mycket lågt tenninnehåll och likaså en ten från Hallunda 69 som består av koppar. Med andra ord finns det belägg för att man har inte bara utgått från färdig brons och smält om föremål utan att man har importerat och smält råämnen.

Rent rumsligt ligger merparten av föremålen av kopparlegering snarast nordväst och sydöst om ugnsområdet, men i direkt anslutning till detta.

### Föremål för plastisk utformning

Merparten av alla bronsföremål som tillverkades under bronsåldern i Skandinavien är gjutna och inte drivna, även om undantag finns under yngre bronsålder (Oldeberg 1942). Det innebär att verktygstyper som hammare och städ är mycket ovanliga (Serning 1987, 96). På Hallunda saknas belägg för den här typen av verktyg även om vissa stenföremål skulle kunna ha använts för viss metallbearbetning. Ett av de vanligaste fynden av brons på platsen är dock sylar eller smala punsar. De skulle kunna ha använts för dekorering av bronserna men bör då vara av en passande, hård legering.

På Hallunda 13 framkom nio stenredskap eller klubbor med skaftträna, så kallade Steingeräte mit Rille (Indreko 1956; Jaanusson & Vahlne 1975b, 20f). Antagligen har de inte något att göra med bronshanteringen men kan mycket väl vara föremål som man använt för att krossa stenar och

kvarts för att framställa magring till gjutformar, deglar och keramik. Just kopplingen, både tekniskt och ideologiskt, mellan lerhantverket i form av den tekniska keramiken för gjutning men också keramikkärlstillverkningen ska inte underskattas. För att kunna gjuta med Cire-perdue-metoden måste ett högt lertekniskt kunnande finnas.

En av de vanligaste dekorerna under bronsålderns bronser är de koncentriska cirkelarna. Vad som är anmärkningsvärt i Hallunda är att ett av de polerade kärlen från Hallunda 69 har dekor av en rad av koncentriska cirklar på sin hals (F400680, fid 3248508)- (Jaanusson 1981, 117 & fig. 9). Intrycket är tolkat som gjort av en liten dubbelknapp av brons men samma föremål kan mycket väl även ha utnyttjats för att dekorera bronser.

### Fasthållande

De bronsålderspincetter som man kan hitta i gravar och i andra kontexter har med största sannolikhet inte varit användbara i metallhantverket under perioden. Inga tänger finns heller bevarade. Tänger av metall hade annars varit ett fantastiskt hjälpmedel för att hantera deglar och gjutformar, men tänger av järn eller annan metall har antagligen blivit använda först under järnålder. På Zon 2 är däremot två ca 13 cm långa spatlar av brons hittade. De är båda platta med en smal ände och en bredare och har ett ganska rudimentärt utseende. En möjlig tolkning skulle kunna vara att de är två delar av en större pincettlikande tång. Om tolkningen är rätt så är ändå frågan den varit tillräckligt stor för att kunna hantera deglar vid gjutningsprocessen.

Mer sannolikt är kanske att man har utnyttjat korshållna vidjor för att hantera deglarna. Det är något som syns på egyptiska målningar och även deglarnas utformning, med en svagt utvikt mynningskant skulle kunna vara utformad just för att underlätta handhavandet vid användning av vidjetänger. En mer eller mindre sluten kupolugn skulle antagligen inte vara praktiskt så vida man inte har mer avancerade tänger.

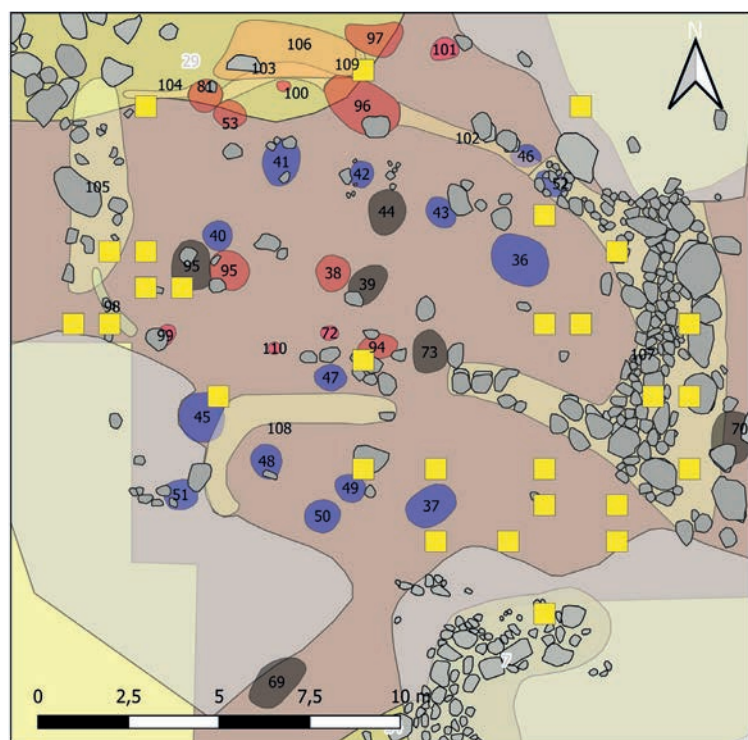


Figur 62. Bronsgjutning enligt en väggmålning i visiren Rekhmires grav, TT100 i Thebe, Egypten. Dateringen är ca 1400 f. Kr. och visar till vänster hur man lyfter en degel med vidjor ur en öppen hård. Bålgarna drivs med fotkraft. Till höger håller man i bronset i ingöten och en man kommer bärande på ett råämne av koppar i form av en oxhud. Foto Wikipedia.

## Föremål för finputsning

Något som är utmärkande för Zon 2 är den stora mängden av olika brynen av sandsten. Hela 46 stycken påträffades på bopplatsen och flertalet av dem strax söder om ugnarna på Zon 2 (Jaanusson & Vahlne 1975b, 20ff). Det är mycket troligt att brynen hör samman med slutbearbetningen av de gjutna föremålen. För att avlägsna rester av

giuttappar och -skägg har brynen varit en nödvändighet. De kan även ha använts för att få fram slutfinishen på bronset och polera upp metallen så att den har blivit guldglänsande. Inga analyser har dock gjorts av ytan på de olika brynen. Rent rumsligt ligger merparten i samma område som småbronser, deglar och gjutformar och har med största sannolikhet använts i bronsbearbetningen.



Figur 63. Spridning av sandstensbrynen på zon 2. De har samma spridning som gjuterifynd och har använts för att färdigställa bronserna, att fila bort gjutskägg, -tappar och bearbeta ytskiktet på bronsföremålen. Karta T. Eriksson. SHM

## Markkemi

Genom vår undersökning av A42 har kanske en av de noggrannaste XRF-karteringarna i plan och i djupled utförts av en enskild anläggning i Sverige (se ovan och bilaga 2). Inga förhöjda halter av koppar, bly, tenn eller zink kunde iaktas. Att anläggningen skulle ha fungerat som reduktionsugn för koppar är därmed uteslutet, då skulle metallhalterna ha varit högre.

Däremot är det kanske tveksamt om bronsgjutning av föremål skulle avsätta förångade och idag mätbara rester av koppar, tenn, bly och zink i fyllningen eller på ugnsväggarna. De föremål som har gjutits på plats har uppskattningsvis vägt mellan 10 och 1200 gram. Antagligen har merparten av föremålen och produktionen i form av till exempel dräktnålar, rakknivar, knivar och

holkxor, vägt enbart mellan 10–300 gram. En öppen degel i av sedvanlig bronsåldersform kan uppskattningsvis ha rymt ca 0,5–1,5 dl brons som bör ha haft en vikt på runt 50–150 gram (Jantzen 2008, 197). För att gjuta en holkya bör man ha haft ett behov av cirka 1–3 deglar. För att gjuta ett svärd måste man ha haft bruk av minst 5–8 deglar, om man har använt samma storlek på deglarna. Även om man har lyckats smälta 500 gram brons i en och samma härd eller ugn vid ett tillfälle har antagligen de förångade och utspillda bronsresterna varit mycket små. Att det inte finns några mätbara förhöjningar av brons behöver inte innebära att man inte har smält bronsen i någon av anläggningarna. Snarare måste någon eller några av de härdar eller ugnar som finns på Zon 2 ha varit smältugnar/degelugnar eller ugnar för förvärmning av gjutformarna.

# Frågeställningar och svar

## Hur kan verksamheten och anläggningarna dateras?

Före undersökningen 2023 fanns en misstanke om att yngre aktiviteter hade stört gjuteriområdet på zon 2. Bland annat visade en datering av kol gjort på 1970-talet att verksamhet hade skett på platsen under vikingatid eller tidig medeltid (St-3592). Denna datering kom från toppen av ugnen A41, som låg omedelbart väster om A42.

En serie av nya dateringar med tandem-accelerator har gjorts på kol från olika stick i den nu undersökta A42. Samtliga dessa ligger i 800-talet f. Kr., det vill säga i bronsålderns period V. Ytterligare kol daterades från ugnarna A38 och A40 och från kulturlagret söder om gjuteriområdet. Dateringarna kompletterades med analyser på organisk beläggning på keramik från Zon 2. Samtliga dessa nya dateringar ligger inom spannet 1000–550 f. Kr. med ett sigma. Detta motsvarar bronsålderns period IV–VI. Med andra ord bör huvuddelen av zonens aktiviteter ligga inom yngre bronsålder och A42 är säkert daterad till period V.

OSL-dateringarna har gett en mer komplicerad bild med dateringar från neolitikum till och med äldre romersk järnålder. Flera av dateringarna ligger dock i bronsålderns period V–VI, det vill säga samma tid som bronsgjutningen. Det är dock problematiskt att stratigrafien inte korrelerar mot läget för proverna och deras disparata dateringar. Den undre delen av A42, det vill säga det undersökta preparatet, uppvisade inga tydliga tecken på störningar. OSL-dateringarna från den fyllningen har givit spretiga värden. Bränd och sintrad lera som tillvaratogs runt år 1970 har daterats till neolitikum, yngre bronsålder och förromersk järnålder. I dessa lager kan det vara enklare att förklara olikheterna i dateringar med flera användningsfaser på platsen med delvis omrörda kontexter.

En sammanfattning är att gjutningen kan dateras till yngre bronsålder men att både äldre och yngre användnings- och bosättningsfaser finns inom zonen.

## Har anläggningarna använts som degelugnar?

Termen degelugn har andra betydelser i modern tid men används här för att beteckna de härdar eller ugnar där man har smält koppar och tenn eller färdigblandad brons i deglar. Degeln har sedan använts för att hålla ned metallen i en gjutform.

Sedan undersökningen har den gängse tolkningen av de tolv anläggningarna på Zon 2 varit att de har fungerat som degelugnar, sannolikt med en lerkupol ovanför härden. Gunnel Vahlne delade in ugnarna i två typer. Den ena var oval i plan, med en kraftig stenskonung. Längden var runt 1,3 meter och bredden runt 1,0 meter. De var upp till 0,6 meter djupa och fyllda med sintrad och pulveriserad bränd lera. Till denna grupp hörde A36, A37, A41 och A45. De låg i en kvadratisk formation med måtten 7,3–7,5 meter mellan anläggningarnas mittpunkter. A36 låg centralt i området (Vahlne 1989, 198ff).

Innanför denna kvadrat låg mindre ugnar som var runt 1 meter i diameter, hade tendenser till stenskonung och var runt 0,2–0,3 meter djupa. Även den här typen innehöll stora mängder med bränd och sintrad lera. A48 innehöll totalt 45 liter bränd lera (Vahlne 1989, 110f). Det är till denna mindre typ av ugnar som A42 visade sig tillhöra. Några av de andra ugnarna i denna kategori var bland annat A39, A43, A47, A48 och A49.

För att tolka platsen och processerna måste ett synsätt enligt Chaîne Opératoire appliceras. Arbetsättet med att göra en gjutning kan ha krävt flera typer av anläggningar för att lyckas. Den stora mängden sintrad lera i anläggningarna och nordväst om dessa tyder klart på att en man har uppnått mycket höga temperaturer, som överstigit 1000°C eller mer. Med tanke på den nära kopplingen med fynd av gjutformar, deglar och bronskrot, bland annat i form av gjuthuvuden och smältor, är en tolkning av anläggningarna som degelugnar trovärdig. Vid en gjutning har man också haft behov av att bränna och förvärma de gjutformar av lera och täljsten som användes. Helst skulle gjutformen ha ungefär samma temperatur som den smälta metallen för att bronset

skulle fylla ut hela formen. Uppvärmningen av gjutformarna kan ha ägt rum i samma anläggning som bronset smältes i. Men det kan även ha skett i en intilliggande anläggning för att minska risken för att gjutformen skulle smälta eller deformeras av hettan. En kombination av en större degelugn och en mindre förvärmningshård kan därför ha varit att föredra.

Genomgången av gjutformar från Hallunda visar att man både har gjutit mindre föremål, typ nålar och pryglar, medelstora föremål som holkxor och halsringar men även större föremål som bälteskupper, svärd och spjutspetsar (Vahlne 1974, 41). Vid gjutning av de mindre föremålen har en degel räckt gott och väl för exempelvis flera dräktnålar. De rekonstruerbara deglarna på Hallunda kan uppskattas ha rymt ca 1–1,5 dl smält metall med en vikt på ca 90–200 gram. När man skulle gjuta de medelstora eller större föremålen bör det ha varit enklast att smälta brons i flera deglar samtidigt – i stället för att smälta allt i en och samma degel – för att lättare kunna kontrollera temperaturen. Om man har använt sig av flera deglar i samma smältning kan detta ha inneburit att man har behövt använda flera degelugnar samtidigt. Kombinationen av förvärmningshårdar för gjutformarna och behov av flera degelugnar vid samma gjutningstillfälle kan förklara den extrema anhopningen av ugnar på Hallunda 13. Inga andra

platser har lika många anläggningar tolkade som ugnar även om de har liknande mängder av gjutformar och deglar.

En av få paralleller är det undersökta bronsgjuteriet med degelugn, förvärmningshårdar samt gjutformar och deglar i Bredåker vid Gamla Uppsala i Uppland (Eriksson 2004; Frölund & Schütz 2007, 43ff&239ff; Schütz & Frölund 2007, 353ff). I Bredåker finns bronssmältor, deglar och bland annat gjutformar för skivhuvudnålar från period V-VI, det vill säga ungefär samtida med A42 eller rättare sagt något yngre. Det mest uppseendeväckande är att man dessutom hittade en anläggning som man har tolkat som gjutrop/degelugn och en intilliggande hård. Degelugnen är större än de på Hallunda men även i denna fanns bränd och sintrad lera. Bredåker var beläget i plöjd åkermark och har inte bevarats lika väl som den oplöjda ytan på zon 2 i Hallunda 13. Men anläggningarna och fyndkontexterna tyder på att detta kan vara ett mindre gjuteri och parallell till Hallunda. En annan möjlig parallell finns från Åbrunna, Västerhaninge i Sörmland. Där undersöktes ett verkstadsområde från yngre bronsålder-förromersk järnålder med en anläggning som tolkades som en stenskodd degelugn. En intakt liten degel eller gjutform hittades i en anläggning (Strucke & Holback 2006:27f, fig. 45).



Figur 64. Bild från degelugnen i plan och profil på Bredåker, A1538. Anläggningen undersöktes år 2003 och är daterad till sen bronsålder, period V-VI. Den är något större än ugnarna i Hallunda och har inte samma mängd av sintrad lera men deglar, smältor och gjutformar fanns i närområdet. Foto Martin Scheutz, Upplandsmuseet, DIG018729. CC BY\_NO\_ND. (Frölund & Schütz 2007, 44, fig. 19)



Figur 65. Ugnen A25336 i Bredåker under undersökning. Denna anläggning är inte lika stenskodd som ugnarna Hallunda men har en tydlig lerkrans och kol- och sothorisonter. Foto Maria Larsson, Upplandsmuseet. DIG018845. CC BY\_NO\_ND. (Frölund & Schütz 2007, 117, fig. 72)



Figur 66. Ugnen A25336 i Bredåker under undersökning. Här syns tydligt delar av stenskoningen, den brända leran ovanpå fyllningen och kolhorisonten i botten. Anläggningen är större i plan än de i Hallunda men har tydliga likheter. Foto Maria Larsson, Upplandsmuseet. DIG018939. CC BY\_NO\_ND. (Frölund & Schütz 2007, 116ff)

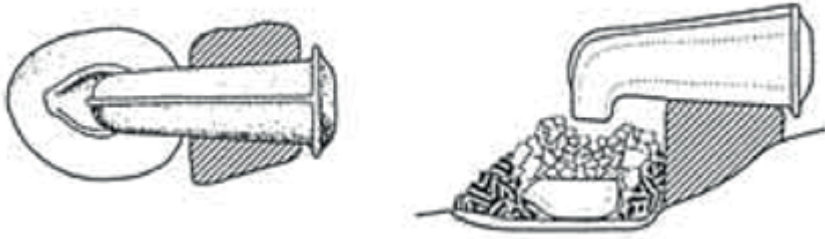


Figur 67. Plan över gjuteriområdet i Bredåker med fynd, huskonstruktion och ugnar. Bland ugnarna och hårdarna har några tolkats som degelugnar och några som uppvärmningsugnar för gjutformar. Ytan låg i plöjd åkermark men har stora likheter med Hallunda. (Frölund & Schütz 2007, 239ff, fig. 137)

Få publicerade paralleller till ugnarna finns i Skandinavien, trots att många boplatser och verkstadsområden från bronsålder har undersökts. En nära parallell till Hallunda är Hunn i norska Östfold. Platsen överlagras delvis med gravar och har rikligt med keramik, gjutformar och deglar. Dateringarna ligger huvudsakligen i period III-VI. De gjutna produkterna omfattar allt från svärd/dolkar, spjut, halsringar och är ett de större gjutverkstäderna som har undersökts i Norge. Säkra degelugnar saknas dock (Melheim, Prescott, & Anfinset 2016). En annan anläggning som har tolkats som degelugn är nyligen funnen i Sandbrauta, Melhus i Trøndelag. Ugnen och en förvärmningsgrop är hittad under tjocka rasmassor, och gjuteriet är daterat till period IV. Ugnen

är omgiven av en stencirkel med måtten 1,3x1,4 meter, det vill säga i storlek med de större ugnarna i Hallunda, men saknar de stora mängderna med sintrad lera. (Merete Moe Henriksson, e-post 2024-12-20; Henriksen, Melheim & Granding ms).

Även från Danmark finns nyare undersökningar av bronsåldersboplatser med stora fynd av degelfragment och gjutformar. På platserna finns dock endast enstaka möjliga ugnar bevarade (Ager-snap Larsen, Kiildsen, & Mikkelsen 2015; Mikkelsen 2015). Orsakerna till att de saknas tydliga ugnskonstruktioner måste antingen vara att man har utnyttjat mer anonyma hårdar för gjutningen, eller att de är bortplöjda.



Figur 68. Principskiss med ett L-format blästerrör riktat rakt ned mot degel samt en sten eller skydd av lera framför bälgen. Det häst-huvudformade blästerröret från Pryssgården i Östergötland har haft en liknande form. (Jantzen 2008, Abb. 5)

Praktiska försök med bronsgjutning i härdar av samma storlek som de i Hallunda har gjorts i Italien. Förlagan var ler- och stenkädda öppna härdar/degelugnar från Terramare-kulturen i Norra Italien (1650–1150 BC). Härden värmdes upp med två bälgar vars luft leddes genom två blästerrör av lera ned i härden. Ett år efter gjutningen grävdes resterna av härden ut. Fynd och lagerbildningar var mycket likartade med de i Hallunda men ett kompakt kollager fanns i botten av anläggningen A41. En skillnad var också att härden var betydligt grundare än de i Hallunda (Armigliato 2023). Försöket visar också att det är fullt möjligt att smälta brons utan några stora leröverbyggnader. Just lerkupoler kan visserligen hålla värmen bättre, men försvårar också hanteringen av deglarna i en tidsålder då tänger av metall antagligen saknades (se nedan). Detta argument har förts fram ti-

digare (Hjärthner-Holdar 1993, 97ff; Jantzen 2008, 294; Sörman 2018, 124). Vad som ändå är sannolikt är att någon typ av gnist- och värmeskydd av lera måste ha funnits mellan bälgen och den som skötte den, samt en låg vägg runt härden. Att de stora mängderna med sintrad lera är bevarad i Hallunda beror sannolikt på att platsen aldrig har plöjts. De stödstenar som Gunnel Vahlne beskriver vid flera av ugnarna och som låg på den västra sidan av A42 skulle mycket väl kunna vara stödet för ett L-format blästerrör som riktades ned mot degeln (Vahlne 1989, 110f).

Även i ett europeiskt perspektiv är publicerade degelugnar ovanliga enligt nyare sammanställningar. I Centraleuropa finns dock större anläggningar som måste ses som rester efter en storskalig produktion. (Molloy & Mödler 2020).



Figur 69. Ugnarna A49 till höger och A50 till vänster i mitten syns en stödsten som kan ha fungerat som underlag för gjutformen vid själva gjutningen. De olika kolhorisonterna är tydliga i framförallt A49, ett drag som är mycket atypiskt för stolphål. En möjlig tolkning är att A49 var själva degelugnen och A50 var till för förvärmning av gjutformen. Inscannad diabol från undersökning. Foto Gunnel Vahlne, Riksantikvarieämbetet.

## Är anläggningarna stora stolphål med lerklining från husväggar?

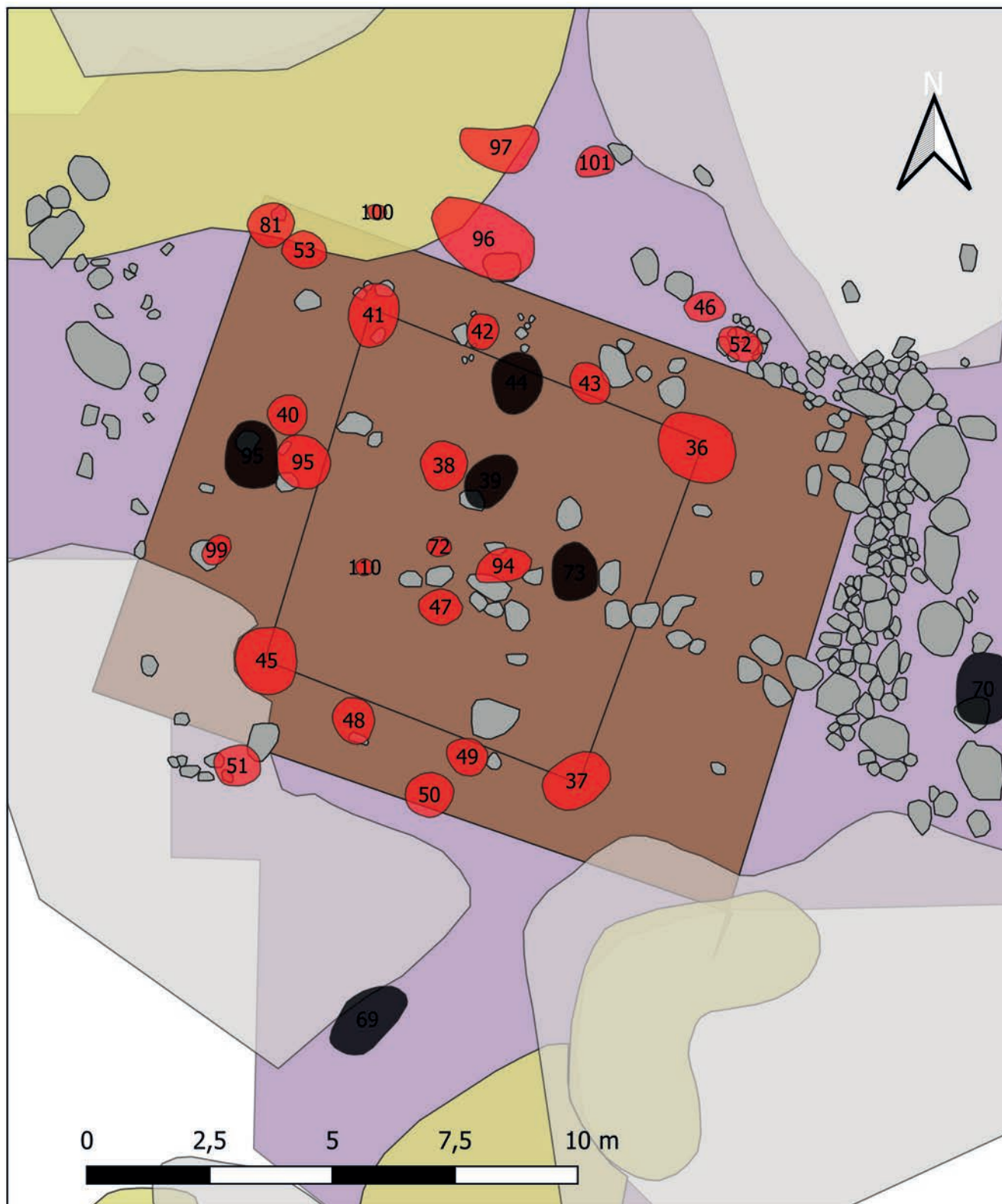
Redan de båda fältarbetsledarna Hille Jaanusson och Gunnel Vahlne framförde att gjuteriet hade skett i en huskonstruktion som kännetecknades av stenramen A107 i öster och den stora mängden med bränd lera och stensträngen A105 i väster. Huset skulle enligt denna tolkning ha legat i VNV-ÖSÖ riktning och vara ca 18 meter långt och 8 meter brett. Endast tre anläggningar tolkades som stolphål. (Jaanusson & Vahlne 1975b, 12f; Jaanusson 1981, 15; Vahlne 1989)

Senare har Joakim Goldhahn tolkat framför allt stenramarna som ett kulthus av Broby-typ, dvs att det har varit en mer symbolisk huskonstruktion med rituella förtecken (Goldhahn 2007, 296ff; Victor 2002). En annan tolkning står Anna Sörman för som har omtolkat ugnarna A36, A37, A41, A42, A43, A45, A49 och A108 till stenskodda stolphål fyllda med lerklining (Sörman 2018, 123ff & fig. 80). Omtolkningen är bestickande eftersom anläggningarna ligger i en närmast exakt kvadrat med 7,3 meter långa sidor. De större ugnarna ligger i hörnen bildar tillsammans med de mindre ugnarna bildar fyrstolpsgavlar i ett treskeppigt hus. Storleksmässigt påminner konstruktionen om det kulthus som påträffades i Ryssgärdet/Onslunda i Tensta socken i Uppland. Även där fanns kombinationen av stora stolphål, dryckesserviser och bronsgjutning och andra hantverk (Karlenby 2008, 110f; Eriksson 2008b, 2003ff). Om denna tolkning stämmer är det frågan om stenramarna också ingår i konstruktionen eller om den har en annan datering. Flera härdar inne och utanför huset skulle kunna vara öppna härdar för gjutning. Vad som dock talar mot denna tolkning är de stora mängderna med sintrad och förglasad lera, såvida inte en husbrand har uppnått mycket höga

temperaturer (se nedan).

Även om de nya dateringarna av A42 och intilliggande kontexter tyder på en relativt begränsad användningsperiod för gjuteriet kan dateringarna sträcka sig över minst tre-fyra sekel. Även anläggningarnas placeringar och överlagringar på zon 2 visar att de bör ha funnits minst två användningsfaser på platsen. Det är även tydligt utifrån den osintrade brända leran av sedvanlig lerkliningsmodell att det har funnits någon typ av huskonstruktion på platsen. En lerklinad vägg måste ha ett tak för att kunna klara sig en längre tid. Någon typ av hus kan även ha varit behjälpligt för att bättre kontrollera blästerluft, undvika regn vid gjutningen, och inte minst har det under taket eller under kvällstid varit lättare att bedöma temperaturer i härdar och deglar utifrån lågornas och smältornas färg. Att behärska de pyrotekniska elementen har fordrat en stor empiriskt förvärvad kunskap om temperaturer utifrån framför allt färg. Om anläggningarna som tidigare tolkades som ugnarna är ugnar måste dessa ha orienterats efter någon typ av väggar för att kunna ligga så regelbundet som de gör.

Vad som talar för Sörmans omtolkning är den geometriska placeringen av framför allt de åtta anläggningarna som bildar en kvadrat. Men hennes tolkning sägs i viss mån emot av de höga temperaturer som leran har utsatts för. De mycket stora mängderna med sintrad lera i till exempel A41 och A42 är inte typisk för normala stolphål från perioden. A45 var dessutom en grund grop med bränd lera utan en stenskoning. I stället hade den en flat häll i mitten och bör inte ha varit något underlag för en stabil hörnstolpe.



Figur 70. En omarbetning av Anna Sörmans hustolkning. Här har alla ugnar och stolphål rödmarkerats. Hårdarna har svart fyllning. Tänkta husytor är i brunt med en inre konstruktion och ett yttre sidoskepp som ansluter till stenraderna. Ugnarna låg mycket symmetriskt men merparten av dem ser inte ut som typiska stolphål, jämför fig. 68. Ytterligare stolphål finns inom ytan och framför allt OSL-dateringarna och lerkliningens spridning visar att det antagligen finns en förromersk bebyggelse på platsen. Ett treskeppigt hus kan ha lagts i den riktning som stensträngarna visar och ytan begränsas av berghällarna. Plan T. Eriksson, SHM.

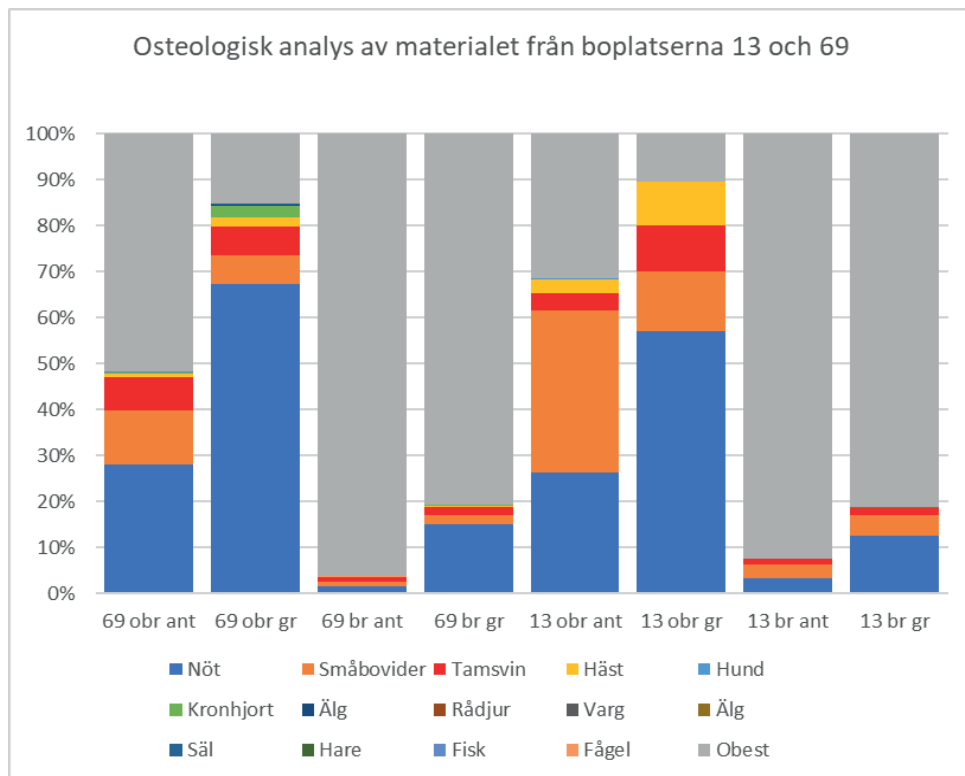
## Är anläggningarna använda som kremationsugnar?

Det har i flera artiklar framförts att själva ugnarna skulle ha både använts som degelugnar och som anläggningar för kremering av döda människor (Goldhahn 2007; Goldhahn & Oestigaard 2008). Antagandet bygger till stor del på den nära rumsliga närheten mellan gravar med kremerade ben, bronslantverk och ugnar. Bronsgjutarna skulle förutom att vara bronsmeder även vara rituella specialister med kunskaper om såväl bronsgjutning med bemästrande av temperatur i olika förbränningar, eskatologi som esoteriska specialister med kunskaper i hur bronserna skulle dekoreras för att framställa mytologiska motiver i bronsernas bilder.

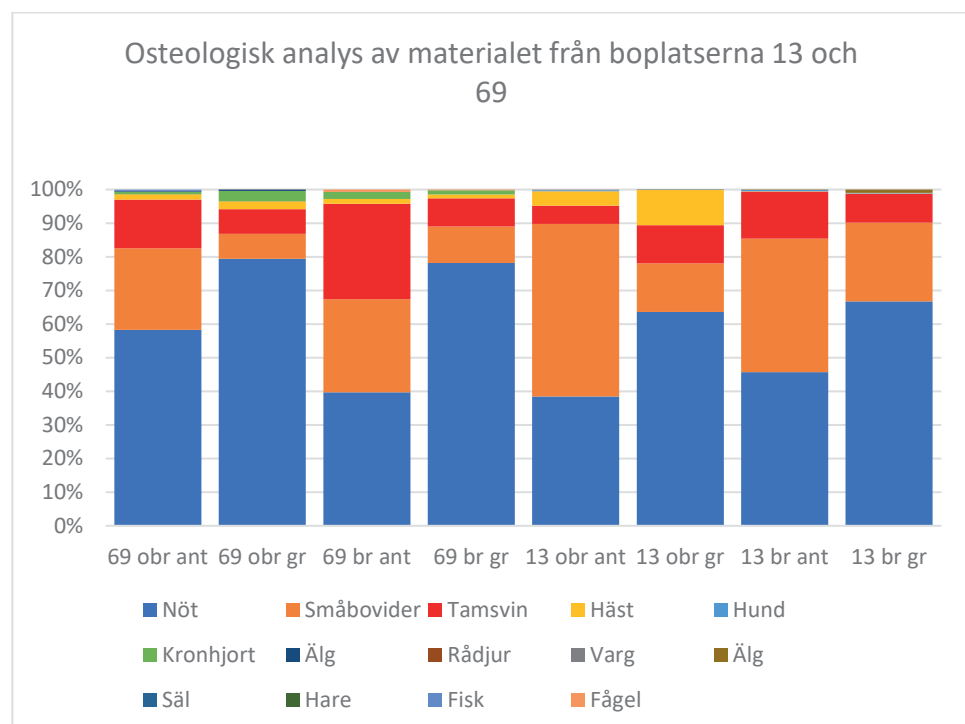
Det rumsliga sambandet mellan gravar och gjuteri finns i Hallunda på båda fornlämningarna men behöver inte vara samtida. Det har även framförts att inga osteologiska analyser finns av boplatsmaterialet, men hela materialet (obrända ben: 2991 gram från Botkyrka 13 och 10884 gram från Botkyrka 69 samt brända ben: 8508 gram från Botkyrka 13 och 2824 gram från Botkyrka 69) är analyserat (Ekman 1988). En stor andel av framför allt det brända materialet gick inte att artbestämma och det är givetvis möjligt att det kan finnas enstaka brända människoben i detta material. Men det troligaste är ändå att det rör sig om djurben. Att djurben har bränts eller kremerats under bronsålder kan mycket väl hänga samman med de brandoffer som gjordes i samband med slakt och mer ceremoniella måltider. Det är ett handlingsmönster som vi känner väl från de antika källorna i Grekland och Italien. Att brandoffer av djurdelar görs rituellt är välkänt från till exempel

Odyssén och Iliaden, källor vars äldsta delar är samtida med vår yngre bronsålder. Att brända djurben har deponerats i rituella kontexter är bland annat känt från de båda kultkullarna under mellersta järnålder på Ryssgårdet/Onslunda, Tenssta socken i Uppland (Eriksson 2008b, 196ff, fig. 76–7).

Det brända och obrända materialet från gravarna på Botkyrka 13 och 69 har också gått igenom men inga människoben finns från någon av ugnarna (Lahtiperä 1988; Ekman 1988). Det har med stor sannolikhet funnits olika religiösa förklaringsmodeller i hur bronsföremålen framställdes och riter har med största sannolikhet utförts i samband med gjutningen. Det kan även ha funnits en koppling mellan gjutarna som tekniska hantverkare och mer esoteriska inslag i deras kunskande. Men det finns inga tydliga tecken på att själva ugnarna på Hallunda skulle ha använts som kremeringsugnar, varken från undersökningarna 1969–71 eller från undersökningen 2023. Bronsgjutarna hade en spetskompetens för hur elden skulle behäskas och för hur förbränning och temperatur skulle regleras. Men kunskapen om hur eld och temperatur skulle regleras var spridd och livsnödvändig för alla under perioden, från herdar som skulle ha eldar nattetid, till hemmets övervakare över husets hjärta, nämligen härden, matlagare som tillredde mat i kokgropar och inte minst krukmakarna som behäskade oxiderande och reducerande bränningar för de olika keramiktyperna. Med andra ord behöver inte just en bronsgjutare ha varit nödvändig för att utföra en kremering.



Figur 71. Resultaten av den osteologiska analysen av brända och obrända ben från Botkyrka 69 och 13. En mycket stor andel av framför allt de brända benen var inte möjliga att artbestämma. (ant=antal; gr=gram; obr=obrända ben; br= brända ben). (Ekman 1988, 9f). Diagram T. Eriksson, SHM.



Figur 72. Samma osteologiska resultat från boplatsmaterialet men utan de obestämbara benen. Husdjuren upptar mer än 95 % av de bestämbara arterna. Inga människoben finns bland de bestämbara benen, varken i bränt eller obränt tillstånd. (Ekman 1988, 10f, Tab. 1a-b). Diagram T. Eriksson, SHM.

## Är anläggningarna koppar- eller järnframställningsugnar?

Det har tidigare spekulerats om ugnarna på Zon 2 skulle kunna vara reduktionsugnar för antingen koppar- eller järnframställning. Ett fragment av kopparslagg hittades som lösfynd i A29, strax nordväst om ugnsområdet. Denna slagg har sedan analyserats och innehåll bland annat drygt 25 % koppar. Analysen visade att den kommer från en sulfidmalm av det slag som brukades i Bergslagen från åtminstone tidig medeltid och framåt (Ling et al. 2014, 118 & 125). Sulfidmalmer anses vara svårare att reducera och framställa koppar ur än de malmer man använde under bronsålder på kontinenten. Det är mest troligt att slaggen är från historisk tid.

Ytterligare en slagg från A29 analyserades på 1970-talet och bedömdes då vara järnslagg men det är sannolikt samma slaggstycke som analyserats senare. Den saknade mätbara kopparhalter

enligt analysen. Järnhalten var ungefär densamma som i ovannämnda kopparslagg och enligt Gunnel Vahlne är det samma slagg som analyserades som senare visade sig vara en kopparslagg (Arrhenius et al. 1988, 54; Ling et al. 2014, 118).

Så antagligen rör det sig bara om ett enda fynd av metallslagg från platsen och då ett lösfynd. Undersökningarna av ytan och ugnarna, både de som gjordes runt 1970 och 2023, var så pass noggranna att det är ytterst osannolikt att järn- och metallslagg skulle ha missats. De geokemiska analyserna av A42 uppvisade inga tecken på förhöjda halter av koppar eller järn i anläggningen eller i något av lerfodringsfragmenten (bilaga 2). Med dagens kunskap kan inte någon av anläggningarna tolkas som en reduktionsugn av vare sig för koppar- eller järnframställning.



Figur 73. Slaggen som hittades i ytan på skärvstensflaket A29, strax norr om gjuteriområdet. Analyser visar att det rör sig om en kopparslagg från sulfidmalmer av det slag som finns i Bergslagen. Slaggen är sannolikt från historisk tid. Den är sågad på två ställen, antagligen för analysen på 1970-talet och på 2010-talet. Fid 971139\_HST. Foto T. Eriksson, SHM.

## Är anläggningarna använda som någon annan typ av ugn?

Det finns en mängd olika typer av konstruktioner som har använts under äldre tider som kan betecknas som ugnar av skilda funktioner (Stilborg 1995). Några av de kanske viktigaste är ugnar för brödbakning, rökning av mat och keramikbränning. Att anläggningarna skulle ha fyllt någon av dessa funktioner är tämligen osannolikt med tanke på den mängd sintrad lera som har producerats. Storleken på anläggningarna är också för liten om man skulle ha utnyttjat dem för reduktionsbränning av den fina, svartglänsande keramik som har gjorts på platsen (Jaanusson 1981, 41). Om man hade utnyttjat de små anläggningarna för den här typen av keramikbränning skulle

man ha påträffats stora mängder med sintrad keramik eftersom man vid upprepade tillfällen har haft för höga temperaturer i anläggningarna, med tanke på mängden av sintrad lera. Etnografiska exempel visar snarare på att man kan ha haft betydligt enklare sätt att erhålla reducerande atmosfär vid bränningen av kärl man ville bli svartglänsande (Lindahl & Matenga 1995). Utifrån de fakta som finns idag verkar inte A42 och de andra ugnsanläggningarna ha haft någon annan ugnsfunktion. Däremot kan mycket väl A42 och de andra mindre ugnarna ha fungerat som uppvärmningsugnar för gjutformarna.

# Slutsatser

---

Ett entydigt svar är svårt att ge på hur man ska tolka de anläggningar som har angetts som ugnar och vad A42 var för någon typ av anläggning. Klart är dock att A42 kan dateras till period V och att omgivande anläggningar av liknande karaktär också är från yngre bronsålder. De markkemiska mätningarna och XRF-analyserna av olika fyndkategorier tyder inte på att koppar, tenn eller järn har framställts på platsen. Mätningarna på deglar och i viss mån gjutformarna visar, inte överraskande, att de har utnyttjats för att producera föremål av kopparlegering. De låga metallhalterna i gjutformarna visar att även föremål som har varit i kontakt med metall inte behöver uppvisa några mätbara värden.

Den första och kanske mest sannolika tolkningen, är att ugsanläggningarna på Zon 2 verkligen har varit degelugnar, i form av öppna gjuthärdar som antagligen även använts för att hetta upp gjutformarna innan bronset skulle hällas ned i formen. Det skulle kunna förklara varför det ligger en större ugn, som fungerat som smältugn, och en mindre, intilliggande ugn där gjutformen förvärms utan att överhettas och smälta. Om man dessutom antar att man har gjutit större föremål, något som gjutformarna visar, kan man även ha utnyttjat flera degelugnar samtidigt för att underlätta processen. De stora mängderna sintrad och förglasad lera i ugsfyllningarna visar att man har haft mycket höga temperaturer i anläggningarna. Tolkningen som kupolugn verkar däremot inte är helt praktisk. Men med ett blästerskydd och en låg ugsvägg runt härden bör en degelugn ha varit funktionell. Om den senare tolkningen är rätt måste ugnarna ha varit orienterade efter någon typ av vägg och huskonstruktion. Även den lerklining som fanns nordväst om ugnarna visar närvaron av en husvägg.

Vad som talar mot den här tolkningen är bristen på motsvarande anläggningar på andra undersökta platser. Även på nyare undersökningar av gjuteriområden i Skandinavien har man inte hittat motsvarande antal ugnar. Trots att mängderna av till exempel gjutformar och deglar har varit större på flera danska och norska undersökningar har endast enstaka möjliga ugnar påträffats. Antingen beror detta på att Hallunda är ett unikum genom att det aldrig har plöjts eller störts. Merparten av de nyare undersökningarna sker i åkermark där kulturlager och fynd har plöjts bort. Men även på platser som Apalle, Övergran socken, Uppland, och Hunn, Östfold, Norge där man har välbevarade kulturlager saknar liknande antal ugnar.

Det andra alternativet är det som bland annat Sörman har föreslagit, nämligen att ugnarna är stolphål i en huskonstruktion där man har haft gjutningen i inomhus eller strax utanför huset. Det som talar för detta är den placeringen av "ugnarna", i en form som traditionellt utifrån planerna kunde tolkas som ett stolpbyggt hus. Dock utan hänsyn till fyllningar i "stolphålen", Men den troligaste tolkningen är ändå att det rör sig om ugnar med olika funktioner som legat orienterade efter en huskonstruktion. Speciellt de större ugnarna med tjocka kolhorisonter och stora mängder med sintrad lera är inte typiska stolphål från perioden. OSL-dateringarna och de stora mängderna av lerklining i nordväst tyder klart på att det även fanns en förromersk bebyggelse på platsen. Undersökningen visar också att anläggningarna som tolkades som ugnar redan på 1970-talet inte kan ha fungerat som kremationsplatser eller för framställning av koppar eller järn.

Sammantaget visar resultaten från undersökningarna att Hallunda 13 har haft en betydande bronsgjuteriverkstad under yngre bronsålder. Inga

entydiga bevis har erhållits för att de anläggningar som tolkades som ugnar på 1970-talet verkligen var ugnar för bronssmältning. Men anläggningarnas utseende, som inte är typiskt för stolphål tillsammans med spridningen av deglar, gjutformar, bronsspill, sintrade lerskivor och inte minst brynena visar att området haft en stor framställning av bronsföremål. Antagligen har platsen fungerat som en av de viktigare noderna i handeln med brons i Mälardalen. De uppmätta halterna av koppar, tenn, bly och zink i XRF-analysen uppvisar dock inga förhöjda värden men gjutning har skett.

Ett resultat är också att platsen har en betydligt längre användningsperiod, med aktivitetsfaser som både är äldre och yngre än gjutningen. Hallunda är ännu utifrån sina stora fyndmängder, där keramiken och bronserna visar överregionala kontakter, sitt läge invid olika sjöleder och en rik fornlämningsmiljö en av de viktigare platserna för förståelsen av bronsåldern i Östersjöområdet. Den nya undersökningen visar också att man måste kritiskt granska stratigrafi och fyndkontexter hos en komplex men betydande plats med en lång användningsperiod.

# Administrativa uppgifter

---

*Plats:* Fastighet Hallunda 4:34, Botkyrka socken och kommun, Stockholms län.

*Fornlämningsnummer:* Botkyrka 13:1/L2017:2252

*Statens Historiska museers beteckningar:* Förvärv SHM 29458, Föremålsidentitet på ugnspreparatet A42: 46147\_HST

*Fornlämnungstyp:* Grav- och boplatssområde med bronsgjuteri

*Typ av undersökning:* Forskningsundersökning

*Orsak till undersökning:* Ugnspreparat i sönderfallande tillstånd

*Undersökningen bekostad av:* Birgit och Gad Rausing's Stiftelse för Humanistisk Forskning samt genom arbetstid erhållen från SHM och Stiftelsen Upplandsmuseet

*Undersökningsperiod:* 2024-06-26--30

*Upplandsmuseets projektledare:* Doc. Torun Zachrisson, forskningschef

*Upplandsmuseets personal:* Fil. lic. Per Frölund, arkeolog

*Övrig personal:* Fil. dr. Thomas Eriksson, Statens Historiska Museer, antikvarie med ansvar för samlingarna från brons- och äldre järnålder (SHM), Inga Ullén (pensionerad 1:e antikvarie med ansvar för bronsålder, SHM) och Gunnel Vahlne (pensionerad chef från RAÄ samt fältarbetsledare på Hallunda 1969–71).

*Stiftelsen Upplandsmuseets diarienummer:* 550–2020

*Stiftelsen Upplandsmuseets projektnummer:* 4525

*SHM diarienummer:* 331-1130-2018

*Koordinat- och höjdsystem:* Ungefärliga koordinater enligt SWEREF 99 TM: X6571680 Y660730. A42:s höjd kan uppskattas till ca 38–41 m ö h enligt RH2000.

Koordinatsystemet som utnyttjades 1969–71 var Stockholms stads koordinatsystem. Endast de tre sista metrarna har angivits. Enligt fältundersökningen 1969–71 var koordinaterna för A42 x296 y 548.

Under undersökningen 1969–71 användes Rikets normalnollplan. Alla nivåer angavs som minusvärden från en fixpunkt på 41 m ö h. Enligt detta system påträffades A42 på cirka 40,0 m ö h.

*Dokumentationsmaterial:* Förvaras på ATA Antikvariskt-Topografiska Arkivet och Statens Historiska museum.

*Fynd:* 28 fyndposter. Förvaras i Statens Historiska Museers magasin och har tillförts SHM 29458 med fyndidentiteter 3178699–3233392 med avbrott i serien. Ugnspreparatet 46147\_HST/A42 är undersökt och destruerat.

# Referenser

## Litteratur

Agersnap Larsen, Lars, Mikkel Kiildsen, & Martin Mikkelsen. 2015. 'Løgstrup SØ – Bronzestøbning på en lokalitet med gårdsanlæg og samlingsplads'. In *Bronzestøbning i Yngre Bronzealders Lokale Kulturlandskab*. Seminarrapport Fra Seminaret "Bronzestøbning i Yngre Bronzealders Lokale Kulturlandskab" Afholdt i Viborg, 6. Marts 2014, redaktörer Sanne Boddum, Martin Mikkelsen, og Niels Terkildsen, 41–70. Yngre Bronzealders Kulturlandskab, vol. 5. Viborg & Holstebro: Viborg Museum & Holstebro Museum.

Andersson, Kent. 1994. Arkeologi på väg - undersökningar för E18: Tibble, bebyggelse och gravar i norra Trögden. Arkeologi på väg : undersökningar för E18. Uppsala: Byrån för arkeologiska undersökningar, UV-Uppsala, Riksantikvarieämbetet.

Andersson, Madelen, Mikael Carlsson, Anna Ladenberger, George Morris, Martiya Sadeghi, och JO Uhlbäck. 2014. Geokemisk atlas över Sverige. GEOCHEMICAL ATLAS OF SWEDEN. Uppsala: SGU.

Armigliato, Alessandro. 2023. 'Experimental Casting Pit for Bronze Items: A Preliminary Study'. In *Metalworkers & Their Tools: Symbolism, Function, and Technology in the Bronze and Iron Ages*, red. Linda Boutoille and Rebecca Peake. United Kingdom: Archaeopress Publishing Ltd.

Arrhenius, Birgit, Hans Nyström, Leif Tapper, och Mille Törnblom. 1988. 'Kvantitativ kemisk analys'. In *Fornlämningarna 13 och 69 : Hallunda, Botkyrka Socken, Södermanland : Arkeologisk Undersökning 69: Del IV: Naturvetenskapliga Rapporter och Analyser*, redaktör Hille Jaanusson, UV 1987:4:53–56. Rapport - Riksantikvarieämbetet och Statens Historiska Museer. Undersökningsverksamheten. Stockholm: Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museer.

Aspeborg, Håkan. 2005. Tankar om begravningar under bronsålder och äldre järnålder : väg E4, sträckan Uppsala \_Mehedeby : Uppland, Tensta socken, Forsa 3:3, RAÄ 434. Arkeologisk undersökning. Rapport, Riksantikvarieämbetet, Avdelningen för arkeologiska undersökningar, UV GAL. Uppsala

Björnfot, Johanna. 2008. Skydd mot brandspridning mellan småhus. Boverket, September 2008. Stockholm: Boverket.

Botwid, Katarina. 2016. *The Artisanal Perspective in Action: An Archaeology in Practice*. Lund: Lund University, Department of Archaeology and Ancient History. <http://lup.lub.lu.se/record/8599027>.

Broström, Sven-Gunnar, Kenneth Ihrestam, och Roger Wikell. 2021. *Hällristningar i Södermanland: Södermanlands län och södra delen av Stockholms län*. Första upplagan. Tumba: Botark.

Clarke, Helen, & Kristina Lamm. 2017. *Helgö Revisited: A New Look at the Excavated Evidence for Helgö, Central Sweden*. Schleswig: Stiftung Schleswig-Holsteinische Landesmuseen Schloss Gottorf. Zentrum für Baltische und Skandinavische Archäologie.

Eklöv-Pettersson, P- 2016. A posslble explanation for the presence of Calcium and Phosphorus In melting Crucibles. I: *Historical Metallurgy Society New. Issue 91*. Spring 2016. s. 4-5.

Ekman, Jan. 1988. 'Sammanfattning av resultaten från genomgången av Hallundaboplatsens Benmaterial (Djurdelen)'. In *Fornlämningarna 13 och 69 : Hallunda, Botkyrka Socken, Södermanland : Arkeologisk Undersökning 69: Del IV: Naturvetenskapliga Rapporter och Analyser*, redaktör Hille Jaanusson, UV 1987:4:7–18. Rapport - Riksantikvarieämbetet och Statens Historiska Museer. Undersökningsverksamheten. Stockholm: Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museer.

Eriksson, Thomas. 1986. *Dunshammar: Förhistorisk Järnframställning Och Fornlämningsbild I Norbergs Bergslag*. Uppsala: Arkeologiska institutionen, Uppsala univ.

- . 2002. 'I En Liten Vrå Av Världen Arkeologisk Undersökning 1991 för Alsike Stad RAÄ 16, 178 och 261, Vrå, Knivsta Socken, Uppland, Del 2'. In Lerklining, Bränd Lera. Keramiken, redaktörer Hans Göthberg, Svante Forenius, och Leif Karlenby. Rapport / UV-Uppsala, 1997:66. Uppsala: Riksantikvarieämbetet. <http://uu.diva-portal.org/smash/record.jsf?searchId=4&pid=diva2:47483>.
- . 2003. 'Gjuterifynden i Apalle'. In Arkeologi På Väg - Undersökningar För E18. Bronsåldersboplatsen Vid Apalle i Uppland, redaktör Inga Ullén, 129–46. Rapport / UV-Uppsala, 1997:64. Uppsala: Avdelningen för arkeologiska undersökningar, UV-Uppsala, Riksantikvarieämbetet. <http://uu.diva-portal.org/smash/record.jsf?searchId=4&pid=diva2:47484>.
- . 2004. Keramik Och Gjuteri I Bredåker: En Specialregistrering: Bredåker, Lokal 28, Gamla Uppsala 21:38, 77:3, 77:4, 77:12, 77:19, 79:4 Och 79:38, UM 8057, RAÄ Nr 134, Gamla Uppsala Sn, Uppland. Analysrapport / Riksantikvarieämbetet, Avdelningen för Arkeologiska Undersökningar, UV GAL, 2004:3. Uppsala: Geoarkeologiskt laboratorium, Riksantikvarieämbetet.
- . 2008a. 'Guld Som Glimmar'. In Mellan Himmel och Jord : Ryssgårdet, En Guldkimrande Bronsåldersmiljö i Centrala Uppland, redaktörer Eva Hjärthner-Holder, Thomas Eriksson och Anna Östling, 211–24. Arkeologi E4 Uppland - Studier ; 5. Uppsala: Riksantikvarieämbetet. UV GAL.
- . 2008b. 'Slängt Och Tappat. Fynd Och Avfallshantering'. In Mellan Himmel Och Jord : Ryssgårdet, En Guldkimrande Bronsåldersmiljö i Centrala Uppland, redaktörer Eva Hjärthner-Holder, Thomas Eriksson, och Anna Östling, 189–210. Arkeologi E4 Uppland - Studier ; 5. Uppsala: Riksantikvarieämbetet. UV GAL.
- . 2022. '3. Håga och Mälardalens nätverk'. In Bronsålderns Håga: Fornlämningar, fynd och förbindelser, redaktörer Karin Ojala och Terje Østigård, 61–114. Occasional papers in archaeology 80. Uppsala: Uppsala University. Dept. of Archaeology. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-484775>.
- Eriksson, Thomas & Nelson, Mats. 2013. Ett röse vid Starboda. Uppland, Vaksala socken, Vaksala-Lunda 1:13, Vaksala 367. UV Rapport 2013:22.
- Frölund, Per, & Berit Schütz. 2007. Bebyggelse och bronsgjutare i Bredåker & Gamla Uppsala: forn lämning 134, 596 & 599, [Gamla] Uppsala socken, Uppland : arkeologisk undersökning. Rapport / Upplandsmuseet, Arkeologiska avdelningen, 2007:3. Uppsala: Upplandsmuseet.
- Goldhahn, Joakim. 2007. Rituelle Spezialister i Bronze- og Jernalderen: En Essä om Brons- och Hällsmed. 1: Dödens Hand- En Essä Om Brons- och Hällsmed. Redaktörer Joakim Goldhahn och Terje Østigård. GOTARC 65. Göteborg: Institutionen för arkeologi och antikens kultur, Göteborgs universitet.
- Goldhahn, Joakim, & Terje Oestigaard. 2008. 'Smith and Death – Cremations in Furnaces in Bronze and Iron Age Scandinavia'. In Facets of Archaeology, red. Christopher Prescott, Chilidis Konstantinos, and Julie Lund, 215–41. Oslo Archaeological Series. Oslo: Oslo University.
- Grandin, Lena, Helen Clarke, & Kristina Lamm. 2008. Excavations at Helgö. 17, Workshop, p. 3. Stockholm: Kungl. Vitterhets historie och antikvitets akademien.
- Hamilton, John, Leif Karlenby och Dan Fagerlund. 1995. Arkeologi På Väg : Undersökningar För E18. Undersökningar För E18 Annelund : En Hällkista och Bebyggelse Från Senneolitikum och Bronsålder : RAÄ 17 Och 84, Stenvreten 8:22 och 8:3, Enköpings Stad, Uppland. Rapport / UV Uppsala, 8670; ; 1995:13. Stockholm: Avd. för arkeologiska undersökningar (UV), Riksantikvarieämbetet.
- Hemmendorff, Ove. 1973. '1971 Års Röseundersökningar i Botkyrka'. Fornvännen, 74–80.
- . 1978. Fornlämningarna Södermanland: Rösen och Stensättningar, Bronsålder Kärby och Hammarby, Botkyrka Sn, Södermanland : Arkeologisk Undersökning 1971. Rapport / Riksantikvarieämbetet och Statens Historiska Museer. Uppdragsverksamheten, 6818; ; 1978:38. Stockholm: Riksantikvarieämbetet.
- Hermann, Raphael, Judith Steinhoff, Philipp Schlotzhauer, & Philipp Vana. 2020. 'Breaking News! Making and Testing Bronze Age Balance Scales'. Journal of Archaeological Science: Reports 32 (August):102444. <https://doi.org/10.1016/j.jas-rep.2020.102444>.

Hjärthner-Holdar, Eva. 1993. Järnets Och Järnmetallurgins Introduktion i Sverige : [The Introduction of Iron and Iron Metallurgy to Sweden]. AUN 16. Uppsala: Uppsala universitet.

Hjärthner-Holdar, Eva, Thomas Eriksson och Anna Östling, Red. 2008. Mellan Himmel Och Jord : Ryssgärdet, En Guldskimrande Bronsåldersmiljö i Centrala Uppland. Arkeologi E4 Uppland - Studier ; 5. Uppsala: Riksantikvarieämbetet. UV GAL.

Hjelmqvist, Håkan. 1988. 'Sädesavtryck'. In Fornlämningarna 13 och 69 : Hallunda, Botkyrka Socken, Södermanland : Arkeologisk Undersökning 69: Del IV: Naturvetenskapliga Rapporter Och Analyser. Red. Hille Jaanusson, UV 1987:4:57–59. Rapport - Riksantikvarieämbetet och Statens Historiska Museer. Undersökningsverksamheten. Stockholm: Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museer.

Ialongo, Nicola, Raphael Hermann, & Lorenz Rahmstorf. 2021. 'Bronze Age Weight Systems as a Measure of Market Integration in Western Eurasia'. Proceedings of the National Academy of Sciences 118 (27): e2105873118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2105873118>.

Indreko, Richard. 1956. Steingeräte mit Rille. Kungl. Vitterhets-, historie- och antikvitetsakademiens handlingar. Antikvariska serien 4. Stockholm: Almqvist & Wiksell distr.

Jaanusson, Hille. 1971. 'Bronsåldersboplatsen vid Hallunda: ett preliminärt meddelande'. Fornvännen, 1971.

———. 1981. Hallunda: A Study of Pottery from a Late Bronze Age Settlement in Central Sweden. Studies / The Museum of National Antiquities, Stockholm, 0349-8182; 1. Stockholm: Statens historiska museum (distr.).

———, ed. 1988. Fornlämningarna 13 och 69 : Hallunda, Botkyrka Socken, Södermanland : Arkeologisk Undersökning 69: Del IV: Naturvetenskapliga Rapporter Och Analyser. Vol. UV 1987:4. Rapport - Riksantikvarieämbetet och Statens Historiska Museer. Undersökningsverksamheten. Stockholm: Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museer.

Jaanusson, Hille, Lena Löfstrand, & Gunnel Vahlne. 1978. Fornlämning 69, Boplats Hallunda, Botkyrka Sn, Södermanland, Del III : Arkeologisk Undersökning III: Rapport / Riksantikvarieämbetet Och Statens Historiska Museer. Uppdragsverksamheten, B1978:11. Stockholm: Riksantikvarieämbetet.

Jaanusson, Hille, & Gunnel Vahlne. 1975a. Arkeologisk Undersökning 1969–71: Hallunda, Botkyrka Sn, Södermanland, Del 1: Fornlämning 13, Gravfält. Rapport. Riksantikvarieämbetet Och Statens Historiska Museum, B1975:23. Stockholm: Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museum.

———. 1975b. Arkeologisk Undersökning 1969–71: Hallunda, Botkyrka Sn, Södermanland, Del II: Fornlämning 13, Boplats. Rapport. Riksantikvarieämbetet Och Statens Historiska Museum, B1975:64. Stockholm: Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museum.

Jantzen, Detlev. 2008. Quellen zur Metallverarbeitung im Nordischen Kreis der Bronzezeit. 2 vols. Prähistorische Bronzefunde. Abteilung XIX, [Sonstiges]. Stuttgart: Steiner.

Ježek, Martin. 2017. Archaeology of Touchstones. An Introduction Based on Finds from Birka, Sweden. Leiden: Sidestone Press.

Karlenby, Leif. 2008. 'Hus Och Hem'. In Mellan Himmel Och Jord : Ryssgärdet, En Guldskimrande Bronsåldersmiljö i Centrala Uppland. Red. Eva Hjärthner-Holdar, Thomas Eriksson, & Anna Östling, 73–130. Arkeologi E4 Uppland - Studier 5. Uppsala: Riksantikvarieämbetet. UV GAL.

Lahtiperä, Pirjo. 1988. 'Osteologisk Analys Av Brända Ben Från Gravanläggningarna i Hallunda'. In Fornlämningarna 13 Och 69 : Hallunda, Botkyrka Socken, Södermanland : Arkeologisk Undersökning 1969–1971: Del IV: Naturvetenskapliga Rapporter Och Analyser. Red. Hille Jaanusson, UV 1987:4:19–32. Rapport - Riksantikvarieämbetet Och Statens Historiska Museer. Undersökningsverksamheten. Stockholm: Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museer.

Lindahl, Anders, & Edward Matenga. 1995. Present and Past: Ceramics and Homesteads: An Ethnoarchaeological Project in the Buhera District, Zimbabwe. Studies in African Archaeology 11. Uppsala: Dept. of Archaeology, Uppsala University.

Ling, Johan, Zofia Stos-Gale, Lena Grandin, Kjell Billström, Eva Hjärthner-Holdar, & Per-Olof Persson. 2014. 'Moving Metals II: Provenancing Scandinavian Bronze Age Artefacts by Lead Isotope and Elemental Analyses'. *Journal of Archaeological Science* 41:106–32. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.07.018>.

Malmer, Mats P. 1993. 'Bronsåldershandelns struktur och sociala funktion.' In *Ekonomi och näringsformer i nordisk bronsålder. Rapport från det 6:e nordiska bronsålderssymposiet, Nämforsen 1990*. Red. Lars Forsberg & Thomas B Larsson, 117–25. *Studia archaeologica Universitatis Umensis* 3. Umeå: Arkeologiska Institutionen. Umeå Universitet.

Melheim, Anne Lene, Christopher Prescott, & Nils Anfinset. 2016. 'Bronze Casting & Cultural Connections: Bronze Age Workshops at Hunn, Norway'. *Præhistorische Zeitschrift* 91 (1): 42–67.

Mikkelsen, Martin. 2015. 'Brokbakken - En Lokaltet, Der Rejser Væsentlige Spørgsmål Til Vores Forståelse Af Bronzestøbning i Yngre Bronzealder'. In *Bronzestøbning i Yngre Bronzealders Lokale Kulturlandskab. Seminarrapport Fra Seminaret "Bronzestøbning i Yngre Bronzealders Lokale Kulturlandskab"* Afholdt i Viborg, 6. Marts 2014, red. Sanne Boddum, Martin Mikkelsen, & Niels Terkildsen, 71–94. *Yngre Bronzealders Kulturlandskab*, vol. 5. Viborg & Holstebro: Viborg Museum & Holstebro Museum.

Nilsson, Ola. 1987. 'Analysrapport, Botkyrka Sn, Raä 13, B 5004:2 Och 12. Beställare Gunnel Vahlne, RAÄ'. Opublicerad arkivrapport AMI rapport nr 4/87. Ludvika: Arkeometallurgiska Institutet AMI, Stockholms universitet.

Nordström, Hans-Åke. 1988. 'Preliminär Analys Av Keramiskt Material Från Hallunda'. In *Fornlämningarna 13 Och 69 : Hallunda, Botkyrka Socken, Södermanland : Arkeologisk Undersökning 69: Del IV: Naturvetenskapliga Rapporter Och Analyser*, red. Hille Jaanusson, UV 1987:4:33–36. Rapport - Riksantikvarieämbetet och Statens Historiska Museer. Undersökningsverksamheten. Stockholm: Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museer.

Oldeberg, Andreas. 1942. *Metallteknik under förhistorisk tid*. D. 1. Lund.

———. 1960. *Skälbyfyndet: en boplatsslänning från den yngre bronsåldern*. Antikvariskt arkiv 15. Stockholm: Almqvist & Wiksell.

Olsen, Jesper, Karen Margrethe Hornstrup, Jan Heinemeier, Pia Bennike, & Henrik Thrane. 2011. 'Chronology of the Danish Bronze Age Based on <sup>14</sup>C Dating of Cremated Bone Remains'. *Radio-carbon* 53 (2): 261–75. <https://doi.org/10.1017/S0033822200056538>.

Pare, Christopher. 2020. 'Weighing, Commodification, & Money'. I: Red. Harry Fokkens & A. F. Harding, 508–27. *Oxford Handbooks*. Oxford, England: Oxford University Press.

Rahmstorf, Lorenz. 2023. 'Waagen Und Gewichte - Die Anfänge'. *Archäologie in Deutschland* 04/2023, January. [https://www.academia.edu/122597489/Waagen\\_und\\_Gewichte\\_die\\_Anf%C3%A4nge](https://www.academia.edu/122597489/Waagen_und_Gewichte_die_Anf%C3%A4nge).

Randsborg, Klavs. 2006. *Bronze Age Oak-Coffin Graves: Archaeology & Dendro-Dating*. *Acta Archaeologica*, Volume 77, Issue 1. Köbenhavn: Blackwell Munksgaard.

Rice, Prudence M. 2005. *Pottery Analysis: A Sourcebook*. Chicago: Univ. of Chicago Press.

Robertsson, Anne-Marie. 1988. 'Pollenanalytisk Undersökning Av Tre Serier Från Hallunda, Fornlämning 69, Med Särskild Hänsyn till Förekomsten Av Kulturväxtpollen'. In *Fornlämningarna 13 Och 69 : Hallunda, Botkyrka Socken, Södermanland : Arkeologisk Undersökning 69: Del IV: Naturvetenskapliga Rapporter Och Analyser*, red. Hille Jaanusson, UV 1987:4:37–52. Rapport - Riksantikvarieämbetet Och Statens Historiska Museer. Undersökningsverksamheten. Stockholm: Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museer.

Schönbäck, Bengt. 1959. 'Bronsåldersbygd i Mälardalen'. *Tor: Tidskrift för nordisk fornkunskap*. *Societas archaeologica Upsaliensis*, no. 5, 52–107.

Schütz, Berit, & Per Frölund. 2007. 'Bronsålder i Samnans dalgång'. In *Land och samhälle i förändring: uppländska bygder i ett långtidsperspektiv*. Red. Eva Hjärthner-Holdar, Håkan Ranheden, & Anton Seiler, 349–60. *Arkeologi E4 Uppland - studier 4*. Uppsala: Riksantikvarieämbetet. UV GAL, Upplandsmuseet, SAU.

Serning, Inga. 1987. Malm, metall, föremål: kompendium i arkeologi. 2. Stockholm.

Sörman, Anna. 2018. Gjutningens Arenor : Metallhantverkets Rumsliga, Sociala Och Politiska Organisation i Södra Skandinavien under Bronsåldern. Stockholm Studies in Archaeology 75. Stockholm: Institutionen för arkeologi och antikens kultur, Stockholms universitet. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:su:diva-157957>.

Stilborg, Ole. 1995. 'En Ugn Är En Ugn: Om Ugnar i Allmänhet och En Ugn Från Skummeslöv, Halland i Synnerhet'. META 1995 (4): 39–48.

———. 2008. 'A Technological Study of Crucibles from Helgö & Bäckby'. In Excavations at Helgö. 17, Workshop, p. 3. Vol. S. [209]–220. Excavations at Helgö. 17, Workshop, p. 3 2008.

———. 2009. 'Bilaga 3. Appendix 1. Yngre Bronsålders Keramik Med Textilavtryck. Appendix 2. Hallunda - Ett Jämförelsematerial'. In Kärl Och Social Gestik: Keramik i Mälardalen 1500 BC–400 AD, red. Thomas Eriksson. Aun 41. Stockholm: Riksantikvarieämbetet.

Strucke, Ulf, & Torbjörn J Holback. 2006. Järn Och Brons - Metallhantverk Och Boende Vid Åbrunna : Väg 73, Sträckan Jordbro-Fors : Södermanland, Österhaninge Socken, Åbrunna 1:1, RAÄ 201: Arkeologisk Undersökning. Vol. 2006. Rapport / UV Mitt 9. Hägersten: UV Mitt, Avdelningen för arkeologiska undersökningar, Riksantikvarieämbetet.

Thrane, Henrik. 2006. "Figurinen" fra Pryssgården: et alternativt tolkningsförslag'. Fornvännen, 268–73.

Tomedi, Gerhard. 2010. 'Alpine Brandopferplätze'. I: Red. Walther Stefan. Der Brandopferplatz Auf Der Piller Höhe in FlieB, Archäologiemuseums Fliess, 9–22.

Ullén, Inga, ed. 2003. Arkeologi På Väg: Undersökningar För E18. Bronsåldersboplatsen Vid Apalle i Uppland: Uppland, Övergrans Socken, Apalle, RAÄ 260. Rapport. UV Uppsala, 1997:64. Stockholm: Avd. för arkeologiska undersökningar (UV), Riksantikvarieämbetet.

Vahlne, Gunnel. 1974. 'Gjutfynden från Hallunda med särskild tonvikt lagd på tolkning av gjutformarna.' C-uppsats, Stockholm: Institutionen för arkeologinst., Sthlms universitet

———. 1989. 'The Workshop at Hallunda – a Presentation'. In Die Bronzezeit Im Ostseegebiet. Ein Rapport Der Kgl. Schwedischen Akademie Der Literatur, Geschichte Und Altertumsforschung Über Das Julita-Symposium 1986. Red. Björn Ambrosiani, 107–14. Konferenser. Kungl. Vitterhets Historie Och Antikvitets Akademien 22. Stockholm: Almqvist & Wiksell International.

Victor, Helena. 2002. Med Graven Som Granne: Om Bronsålderns Kulthus. AUN 30. Uppsala: Uppsala universitet.

Vikstrand, Per. 2001. 'Gudarnas platser: förkristna sakrala ortnamn i Mälardalskapen = The places of the gods : pre-Christian sacral place-names in central Sweden'. Acta Academiae Regiae Gustavi Adolphi, 77. Uppsala: Kungliga Gustav Adolfs akademien.

Wahlberg, Mats, Red. 2016. Svenskt Ortnamnslexikon. Uppsala: Institutet för språk och folkminnen.

Weiler, Eva. 1994. Innovationsmiljöer i bronsålderns samhälle och idévärld: kring ny teknologi och begravningsritual i Västergötland = 'Innovative environments' within society & concepts during the Bronze Age: new technologies & burial rites in Västergötland. Studia archaeologica Universitatis Umensis 5. Umeå: Arkeologiska institutionen, Univ.

# Lantmäteriakter

## Lantmäteristyrelsens arkiv

Lantmäteristyrelsens arkiv

Stockholms län

Botkyrka socken

Hallunda 1–3:

|                       |      |               |
|-----------------------|------|---------------|
| Geometrisk avfattning | 1636 | A9-9:C7:72 74 |
|-----------------------|------|---------------|

|                      |      |        |
|----------------------|------|--------|
| Geometrisk avmätning | 1699 | A9-9:1 |
|----------------------|------|--------|

|            |      |        |
|------------|------|--------|
| Ägomätning | 1803 | A9-9:2 |
|------------|------|--------|

## Rikets allmänna kartverks arkiv

Häradsekonomiska kartan:

|                 |        |            |
|-----------------|--------|------------|
| Botkyrka, 75-23 | 1901-6 | J112-75-23 |
|-----------------|--------|------------|

Generalstabskartan:

|                 |      |           |
|-----------------|------|-----------|
| Stockholm, 75-1 | 1919 | J243-75-1 |
|-----------------|------|-----------|

Ekonomiska kartan:

|                   |      |              |
|-------------------|------|--------------|
| Norsborg, 10I4c53 | 1953 | J133-10I4c53 |
|-------------------|------|--------------|

# Bilagor

---

## **1. Grävdagbok**

**2. Uppdragsrapport nr 403. Grundämnesanalys av ett preparat från Hallunda, Botkyrka 13, av Hans Ahlgren och Sven Isaksson, Arkeologiska forskningslaboratoriet, Stockholms universitet.**

**3. Vedartsanalys av Ulf Strucke, Antraco**

**4. <sup>14</sup>C-dateringar av Angstromlaboratoriet, Tandemlaboratoriet, Uppsala universitet**

**5. Fyndlista över fynd tillvaratagna vid undersökningen 1969–71**

**6. Fyndlista över fynd och prover tillvaratagna vid undersökningen 2023**

**7. OSL dating report – Hallunda, av Amber Hood, Lund Luminescence Laboratory, Geologiska Institutionen, Lunds universitet**

# Bilaga 1. Grävdagbok

## Undersökning av A42/Fnr 46147 Sö, Botkyrka, Hallunda RAÄ 13, SHM 29458

### Grävdagbok

#### 20230626

Närvarande: Inga, Thomas

Preparatet är framställt på plats. Upprensning sker av ytan. Lodfoto tas.

#### 20230627

Närvarande: Gunnel, Per, Inga, Torun, Thomas.

Preparatet har körts fram och skräp, tidningar, gips och armering av vidjor, trolldprint har tagits bort.

Träramen har förstärkts med nya skruvar och spännband.

Ett fristående koordinatsystem om decimeterrutor har upprättats med A-H på kortsidorna och 1–11 på långsidorna. A benämns som vänster och H till höger. 0 är nedåt och 11 uppåt.

Preparatet är i dåligt skick och på nedre och vänstra sidan har jorden kollapsat och har runnit ut genom lådans botten.

4–5 större stenar syns 0,18 × 0,08 och 0,12 m hög, stenarna är 0,1–0,2 stora.

Mellan 3–5 och G-F syns en kolansamling i grå lera. Nedgrävd i steril? Gulgrå lera. Sotfläcken får Anläggningsnummer 901. Anläggningen har möjligen även en stenskonig.

I den övre delen syns en platta av bränd lera med lerskivor mellan B-G och 6–11. Detta är den egentliga A42 med delvis bevarad stenskonig i kanterna.

A901 är oval 0,35 × 0,25 m stor med större stenar i övre och nedre kanten.

A42 är rundad 0,57 × 0,55 meter stor med stenskonig i övre vänstra hörnet och nedre kanten. Den vänstra kanten är skadad och utrunnen. Rikligt med bränd, sintrad lera i form av lerklumpar och skivor. Lerfragmenten är 0,02–0,1 m stora.

Prover tas ut varje decimeter i rutorna B2-10 och G2-G10. Ca 5–10 gram i varje prov.

Utgår pga att provmaterial inte finns: (glapp i provpåsarnas nummerserie betyder att inget prov kunde tas pga gipsningen eller sten eller ren lerkaka).

B2, 10 och andra rutor i hörnen. Delvis är materialet i framför allt vänstra och nedre halvan omrört av musbo i nedre delen och uppluckrat på grund av att materialet har runnit ut ur träkonstruktionen.

## 2023-06-28

Närvarande: Inga, Gunnel, Torun, Per och Thomas.

XRF-prover tas för lager 2.

I nedre delen (södra delen) ligger obränd grå lera med flera stenar som kan vara någon typ av rest av plattform eller stöd. Två av stenarna låg i lerfyllningen.

Därefter påbörjas borttagning av den stora "lerkakan" i A42 påbörjas. Större bitar samlas i två påsar för senare XRF, märkta A42 L1-L2>. Bitar av diagnostisk karaktär fotas på plats med skalstock (Inga). Därefter rensas det lösa materialet av och läggs i påse (A42 L2) för sållning. Därefter provtas L3 och sedan avrensas ytorna från löst material. Bitar av diagnostisk karaktär fotas på plats med skalstock (Inga).

De plana sintrade sidorna (insidan) av lerskivorna fanns företrädesvis i det sotiga lagret i ytterkanten. Oftast föreföll de ligga med insidan in mot anläggningens mitt. Flera fragment låg in situ med insidan in mot centrum.

I den mellersta delen fanns enstaka lerskivor i hela fyllningen tillsammans med tillsammans med smul av bränd lera. Klumpar med vidjeavtryck och stråavtryck fanns i framför allt i mitten av ugnen. Detta kan tolkas som en nedfallen del av en kupolugn eller del av en stående ugnsvägg.

Avslutar dagen med XRF-provtagning av L4.

## 2023-06-29

Närvarande: Inga, Gunnel, Torun, Per och Thomas.

Upprensning av löst material efter gårdagens avslutande provtagning. Bitar av diagnostisk karaktär fotas på plats med skalstock (Inga). Sedan tornfoto av TE. Grävning av L4 sker enbart inom A42, övrig del i söder tolkas som markyta och lämnas därhän för tillfället. A42/L4 består närmast helt av en kvarvarande del av "lerkakan" samt eldpåverkad sten i söder.

Därefter provtagning A42/L5 och rensning efter denna. Tornfoto av TE. Grävning av A42/L5.

## 2024-06-30

Närvarande: Inga, Per, Torun och Thomas.

En sista genomgång och undersökning av materialet i botten av preparatet. Steril moränlera har nåtts. Preparatet fotograferas och lämnas för destruktion (trälåda, armeringsjärn, gips, stenar och fyllning mm). Delar av fyllningen från veckans undersökning torrsållas utomhus.

Prover och fynd samlas in och ordnas upp och digitaliseras i SHM:s databas.

Magasinet städas upp och återställs.

**2024-07-05**

Närvarande: Thomas och Hans Ahlgren, AFL

Fynd (lerklining, sintrad lera, gjutformar och deglar) från preparatet samt referensmaterial från Hallunda 13 och 69 är framtagna för icke-destruktiv XRF-analys. Mätningarna görs i magasinet i Tumba. Analysen påverkar inte föremålen utan görs på ytskiktet på olika delar av fragmenten. Totalt analyseras 3 deglar på olika sidor, 2 gjutformar på olika sidor, 3 fragment av lerklining samt 5 fragment av sintrad lera från A42.

Hans tar med jordproverna från karteringen av A42 för analys på AFL.

Koordinathörn för rektifiering

|   |          |          |          |          |
|---|----------|----------|----------|----------|
| N | 86548.09 | 70297.1  | 86548.88 | 70297.1  |
| S | 86548.09 | 70295.85 | 86548.88 | 70295.85 |

## Bilaga 2. Uppdragsrapport nr 403. Grundämnesanalys av ett preparat från Hallunda, Botkyrka 13, av Hans Ahlgren och Sven Isaksson, Arkeologiska forskningslaboratoriet, Stockholms universitet.

Institutionen för arkeologi och antikens kultur  
Arkeologiska forskningslaboratoriet



Uppdragsrapport nr 403

Grundämnesanalys av ett preparat från Hallunda, Botkyrka 13

Hans Ahlgren & Sven Isaksson

Stockholms universitet

oktober 2023

På uppdrag av Upplandsmuseet har grundämnesanalys med portabel röntgenfluorescensdetektor (pXRF) utfört på ett preparat från Hallunda, Botkyrka 13. Preparatet togs in 1969-71 och hör till en anläggning som har tolkats som en degelugn eller reduktionsugn för koppar. Syftet med analyserna är att se om det finns förhöjda halter av koppar i preparatet.

### **Material och metod**

Preparatet var ca 1\*1 meter i diameter och var ca 50 cm högt (fig. 1). Preparatet grävdes ut sommaren 2023 i stick på 5 cm och prover hade tagits i varje kvadratdecimeter. Det översta sticket undersöktes inte med XRF då det var omrört och troligtvis kontaminerat efter att ha varit magasinerat i över 50 år. I denna rapport redogörs således endast resultaten från preparatets stick 2–5, sammanlagt 181 prover.

Jordproverna undersöktes på arkeologiska forskningslaboratoriet. Aggregaten krossades och sållades genom en sikt med maskbredd 1,4 mm. Ungefär fyra gram av vardera prov fördes sedan över till provkoppar och analyserades med en Olympus Delta Premium DP-6 000-CC portabel röntgenfluorescensdetektor (pXRF) monterad i en Delta portable workbench. När provet bestrålas med röntgenstrålning stöts elektroner från de inre atomskalen bort och bildar ett tomrum. När en elektron från ett yttre skal sedan faller in för att fylla detta tomrum avges överskottsenergi i form av röntgenstrålning som är karakteristiskt för ämnet som analyseras (Pollard 2011). En analys gjordes på varje jordprov.

Förutom jordproven analyserades också ett antal föremål som deglar, gjutformar, lerklining och sintrad lera. Här gjordes tre analyser på varje provyta och medelvärdet från dessa mätningar redovisas i tabell 1.



**Figur 1. Preparatet innan undersökning. Foto: Thomas Eriksson, SHM**

### **Bakgrund**

Den mest kända markkemiska analysen inom svensk arkeologi är antagligen fosfatkarteringen. Fosfat anrikas där organiskt material i myckenhet blivit liggandes och förmultnat. Det kan alltså vara allt möjligt, dyngstackar, sophögar, mm. golvlagar i ladugårdar eller stall/husdjursdelar i hus kan uppvisa förhöjda fosfathalter i jämförelse med andra byggnader eller andra delar av samma hus. Avsaknad av fosfatförhöjning är dock inget belägg för avsaknad av husdjurs hållning, och påvisandet av förhöjd halt av fosfater kan ha andra orsaker än just djurhållning, till exempel. Med endast fosfathalt blir det ett indicieresonemang. Men det är många fler grundämnen än bara fosfor som påverkas som resultat av mänsklig aktivitet (jfr Isaksson 2000, Hjulström & Isaksson 2007, 2009, Hjulström et al. 2008). Där människor varit sysselsatta med metallhantverk kan de metaller man arbetat med anrikas i jorden, exempelvis järn (Fe), koppar (Cu), tenn (Sn), zink (Zn) eller bly (Pb). Aluminium (Al) är den vanligaste metallen i jordskorpan. Aluminium började inte utvinnas förrän på 1800-talet och har därför i sig ingen relevans för arkeologiska kontexter. Däremot går det att undersöka hur aluminium samvarierar med andra grundämnen i jorden för att dra slutsatser av mineralsammansättningen på platsen. Halten av i synnerhet kalium (K), men även magnesium (Mg) och fosfor (P), kan anrikas där man eldat mycket då dessa grundämnen utgör huvudkomponenter i träaska. Mg kan även anrikas där gödsel hanteras, eftersom Mg ingår i klorofyll och anrikas i avföringen från växtätare. P kan också anrikas som resultat av gödselhantering, men även där organiskt material i myckenhet fått ligga och

förmultnat. Grundämnen som anrikats i samband med olika former av födohantering är till exempel mangan (Mn), som förekommer relativt rikligt i cerealier, hantering av animalier kan resultera i vissa förhöjningar av kalcium (Ca), P, Fe, Cu och Zn. Flera av dessa metaller (t ex Fe, Cu, Zn, Mg, Mn, K) ingår som exempelvis nödvändiga komponenter i biokemiska processer, exempelvis som kofaktorer som bidrar till enzyms katalytiska förmåga (jfr t ex Lehninger et al. 1993:200). Det är därför vi numera gör multigrundämnesanalys, och då ovan nämnda grundämnen påverkas tydligt av många olika mänskliga aktiviteter har vi i detta arbete valt att analysera Mg, P, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Pb, Si och Ca närmare. Sn analyserades också men gick inte att detektera i något av jordproverna.

För att få en uppfattning om bakgrundhalter av olika grundämnen i marken Södermanland användes uppgifter från Sveriges geologiska undersökningars data över grundämnen i morän i Södermanland (tabell 1, e-länk 1).

Tabell 1. Bakgrundshalter av olika grundämnen i morän i Södermanland jämfört med halterna av samma grundämnen i provet från Hallunda. Medianvärdet är mittenvärdet för halten (i ppm) av respektive grundämne. Den tionde percentilen är den halt som 10 procent av referensproverna ligger under, det vill säga låga halter. På samma sätt är den 99:e percentilen den halt som 99 procent av referensproverna ligger under, vilket definierar en hög halt i den naturliga bakgrunden i morän i Södermanland. För provet från Hallunda anges medianvärdet för samtliga mätningar (över ytan och per stick) av varje grundämne för jämförelse.

|           | 10:e Percentilen<br>Södermanland (ppm) | Medianvärde<br>Södermanland (ppm) | 99:e Percentilen<br>Södermanland (ppm) | Medianvärde Hallunda (ppm) |
|-----------|----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
| <b>Cu</b> | 3                                      | 10                                | 119                                    | 49                         |
| <b>Zn</b> | 23                                     | 42                                | 162                                    | 136                        |
| <b>P</b>  | 204                                    | 453                               | 3160                                   | 5259                       |
| <b>Mn</b> | 123                                    | 229                               | 590                                    | 863                        |
| <b>Ca</b> | 1637                                   | 3094                              | 42467                                  | 3507                       |
| <b>Al</b> | 7847                                   | 14115                             | 34245                                  | 53300                      |
| <b>K</b>  | 700                                    | 1658                              | 5850                                   | 20124                      |
| <b>Pb</b> | 7                                      | 11                                | 38                                     | 20                         |
| <b>Fe</b> | 10672                                  | 19621                             | 57607                                  | 34718                      |
| <b>Mg</b> | 2154                                   | 4780                              | 20437                                  | 5700                       |

## Resultat och diskussion

De grundämnen i provet som uppvisar tydligt förhöjda mätvärden jämfört med den geologiska bakgrunden (medianvärde > 99:e percentilen för referensproverna i tabell 1) är P, Mn och K. För att undersöka om där finns struktur i sambanden mellan grundämneshalterna användes en principalkomponentanalys med hjälp av mjukvaran *Statistica 13*. Alla grundämnen som detekterats i analysen inkluderades och en tvåfaktorslösning undersöktes. Resultatet redovisas i tabell 2. Den första

principalkomponenten motsvarar 30,5% av den ursprungliga variansen i datasetet. Grundämnena Al, Si och K har alla starka negativa belastningar på första principalkomponenten medan P, Ca, Mn, Cu och Zn all har starka positiva belastningar. Detta visar att de båda grupperna av grundämnen samvarierar inbördes samt att de i hög grad är ömsesidigt uteslutande; där Al, Si och K har höga halter har P, Ca, Mn, Cu och Zn låga halter och vice versa. Al, Si och K är vanliga komponenter i jordskorpan varför dessa kan representera prover med låg antropogen inverkan. Eftersom P, Ca, Mn, Cu och Zn står för en motsatt struktur så tolkas dessa som påtagligt antropogena. Principalkomponent 2 motsvarar bara 16,2 % av den ursprungliga variansen och har hög positiv belastning endast från titan (Ti) och rubidium (Rb), vilket torde ha med geologin att göra.

Tabell 2. Resultat av principalkomponentanalys. I tabellen redovisas den komponentbelastning som vart och ett av grundämnena bidrar med till respektive principalkomponent. Starka belastningar (belastningsvärde  $> \pm 0,7$ ) har markerats genom fetstil. I tabellens nedersta rad redovisas hur mycket av den totala variansen i hela datasetet som ingår i respektive principalkomponent.

| Grundämne          | Principalkomponent 1 | Principalkomponent 2 |
|--------------------|----------------------|----------------------|
| Mg                 | 0,08                 | 0,29                 |
| Al                 | <b>-0,85</b>         | -0,10                |
| Si                 | <b>-0,93</b>         | -0,21                |
| P                  | <b>0,85</b>          | 0,16                 |
| S                  | 0,41                 | -0,33                |
| K                  | <b>-0,87</b>         | -0,04                |
| Ca                 | <b>0,76</b>          | 0,32                 |
| Ti                 | -0,23                | <b>0,75</b>          |
| V                  | 0,02                 | 0,46                 |
| Cr                 | -0,11                | 0,43                 |
| Mn                 | <b>0,85</b>          | 0,15                 |
| Fe                 | 0,01                 | 0,70                 |
| Ni                 | 0,14                 | 0,41                 |
| Cu                 | <b>0,85</b>          | 0,0                  |
| Zn                 | <b>0,80</b>          | 0,30                 |
| As                 | 0,05                 | 0,33                 |
| Rb                 | -0,20                | <b>0,86</b>          |
| Sr                 | 0,50                 | 0,61                 |
| Y                  | -0,20                | -0,51                |
| Zr                 | -0,39                | -0,61                |
| Ta                 | -0,30                | 0,28                 |
| Hg                 | -0,18                | 0,03                 |
| Pb                 | 0,39                 | -0,35                |
| Th                 | -0,06                | -0,48                |
| LE                 | 0,68                 | -0,09                |
| % av total varians | 30,5                 | 16,2                 |

Vi valde på grundval av detta att fokusera på de grundämnen som hade starka belastningar på första principalkomponenten och undersöka hur dessa varierar över ytan av det undersökta preparatet och mellan de olika sticken. Med programmet Surfers 8 gjordes isaritmkartor för varje lager för att göra en grafisk sammanställning av relationerna mellan olika grundämnens halter i jorden. De grundämnena som hade starka positiva belastningar i principalkomponentanalysen, koppar, zink, fosfor, mangan och kalcium, är i den vänstra stapeln. Halterna för grundämnena med starka negativa belastningar, kalium, kisel och aluminium, är i den högra stapeln. Järn och magnesium är grundämnen som ofta påverkas av mänsklig aktivitet (se ovan) men som inte stack ut i principalkomponentanalysen. Järn ligger dock på gränsen till stark positiv belastning ( $> 0,7$ ) i principalkomponent 2 vilken tolkas som huvudsakligen geologisk varför detta sannolikt även gäller järnet i detta fall. Även för magnesium och järn gjordes isaritmkartor.

Med hjälp av isaritmkartorna blir det tydligt hur förhöjningarna av halterna av fosfor, kalcium, mangan, koppar och zink koncentreras i samma områden. Förändringar i spridningsbilden följs också åt mellan sticken. Kalium, kisel och aluminium i sin tur koncentreras tillsammans på undersökningsområdet, och i rumslog motsats till de andra grundämnena.

Genom att jämföra analysresultatet från jordproverna med bakgrundshalterna i morän i Södermanland så blev det tydligt att de grundämnen som sticker ut med höga värden är fosfor, kalium, mangan och aluminium. Halterna av koppar och zink är något förhöjda i de analyserade jordproverna i jämförelse med medianvärdet för Södermanland, men de ligger under procentil 99 för bakgrundshalterna för Södermanland. En observation är också att halten för zink är högre än halten för koppar samt att tenn inte gick att detekteras i jordproverna överhuvudtaget. Detta sticker ut då halterna av koppar, zink och tenn i jordproven jämförs med halterna av dessa grundämnen på insidan av de tre deglarna med f. nr 3156818, f. nr 3177612 samt f. nr 3156817 (Tabell 3). I deglarna är halterna av koppar högre, vilket är väntat, men i deglarna hittas också tenn och halten av zink är mycket liten i jämförelse med halten av koppar.

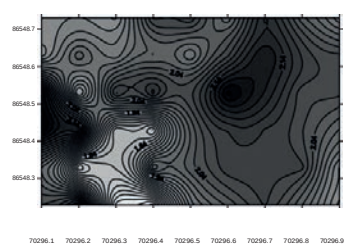
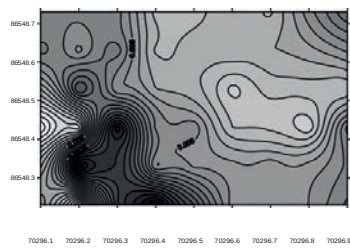
I en undersökning av ett boplatsoområde i Vendel hittades ett område där det är troligt att kopparhantering förekom, och där låg halten för koppar i jorden på upp till 354 ppm (Isaksson 2000). Denna boplatz är dock daterad till mellan 500–1000 e.Kr. och är inte direkt jämförbar med jordproverna i denna studie, men det kan ändå ge en fingervisning i vilka halter av koppar som kan förekomma på en metallhanteringsplats.

Halterna av kalium är höga i jämförelse med bakgrundsdata men samvarierar så starkt med kisel och aluminium att detta hänger samman med jordens geologi snarare än någon

mänsklig eldverksamhet. Att halterna av fosfor, kalcium, mangan koppar och zink koncentreras i samma områden är intressant då samtliga dessa ämnen kan hänga ihop med deponering av organiskt material, exempelvis livsmedel. Fosfor och kalcium som samvarierar kan mycket väl härröra från upplöst benmaterial (bioapatit är en form av kalciumfosfat) men fosfor ingår i en mängd olika organiska material och vävnader; ATP, DNA, RNA och inte minst i cellmembranernas fosfolipider. Kalcium förekommer också i andra vävnader och är i exempelvis växter viktigt för cellväggarnas styrka, cellmembraner och för många enzymer. Mangan förekommer i en mängd olika vävnader i olika organismer och är i exempelvis växter viktiga för fotosyntesen och kvävet metabolismen. Koppar ingår i en rad olika enzymer i olika organismer, och är till exempel viktiga för en väl fungerande metabolism, precis som zink som dessutom förekommer i olika hormoner (Eriksson et al. 2013:251-286). Många av metallerna är som sagt biologiskt viktiga exempelvis som kofaktorer till enzymer och finns därmed ansamlade i olika grad i olika biologiska vävnader, varför deponerandet av tillräckligt mycket biologisk vävnad kan resultera i en låg förhöjning av dessa i jämförelse med en naturlig geologisk omgivning. Deponerat material påverkas av en rad markprocesser, där grundämnena kan förloras från marken till vattenmiljön genom framför allt en av tre vanliga processer: urlakning, erosion av partikelbundna ämnen och ytavrinning av lösta ämnen. De enskilda förlustvägarna kommer att ha olika betydelse beroende på de olika grundämnenas varierande kemiska egenskaper och de specifika förhållandena på den plats man är. Därför är det viktigt att undersöka de relativa förekomsterna av flera grundämnena och hur de samvarierar, och inte, på just den plats som undersökningen avser. Resultatet av principalkomponentanalysen är därför viktig som redskap när det gäller att tolka resultaten.

Analysen av certifierat referensmaterial visar att analysens precision i snitt ligger på 3,71 % relativ standardavvikelse (högst för magnesium (17,9 %) och lägst för järn (0,67 %)), medan noggrannheten i snitt ligger på -3,65 % relativ avvikelse från certifierat värde (högst för magnesium (-11,1%) och lägst för arsenik (-0,00%)). Både instrumentblank och metodblank var utan anmärkning.

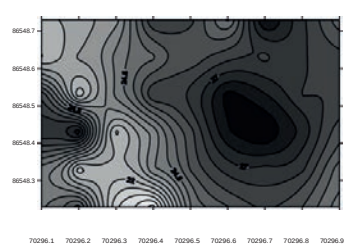
## Lager 2



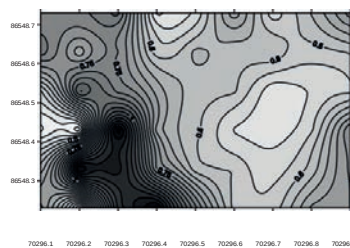
**Cu**



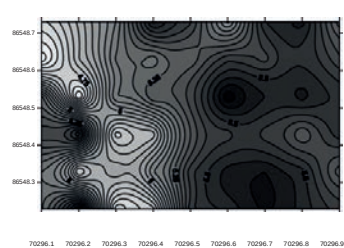
**K**



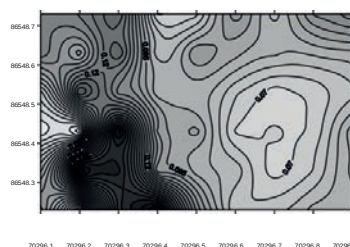
**Zn**



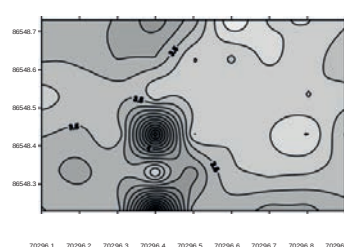
**Si**



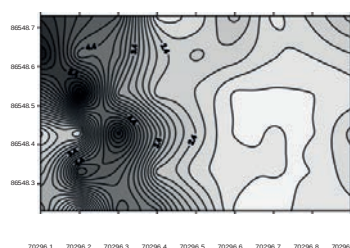
**P**



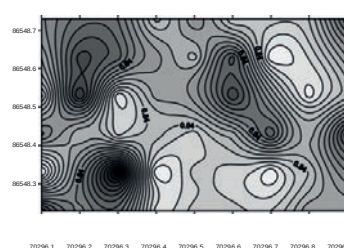
**Al**



**Mn**



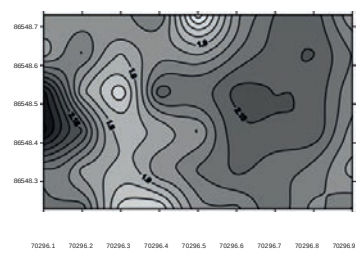
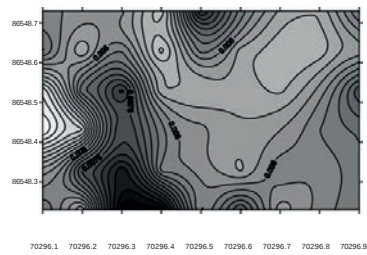
**Fe**



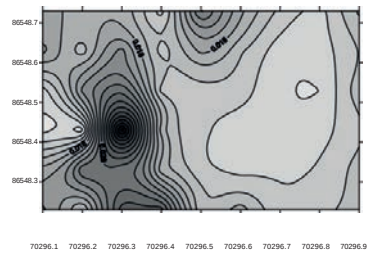
**Ca**

**Mg**

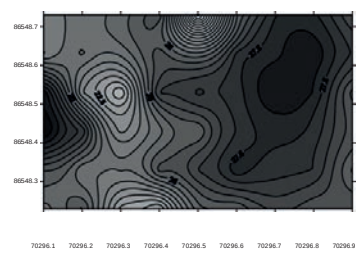
### Lager 3



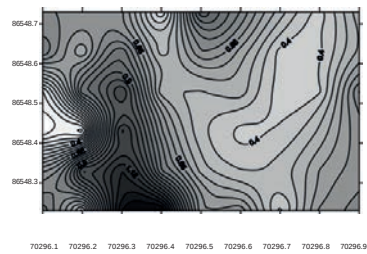
## Cu



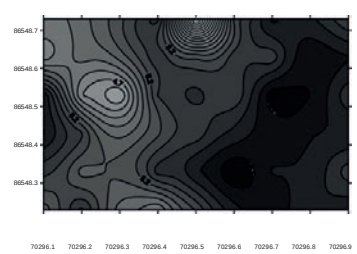
**K**



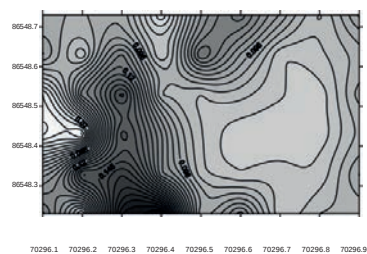
**Zn**



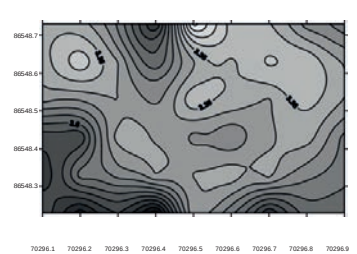
## Si



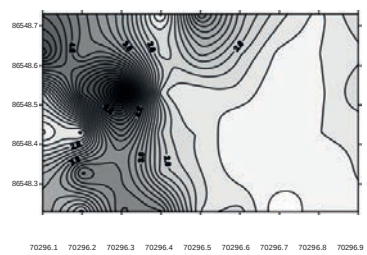
**P**



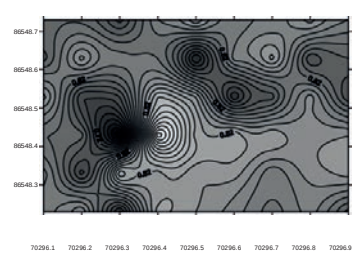
## AI



## Mn



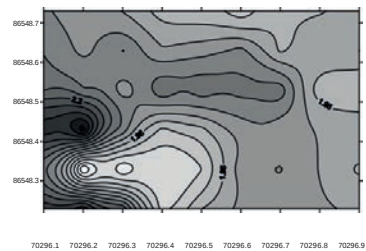
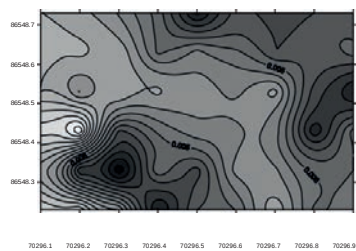
## Fe



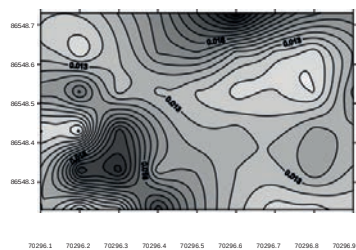
## Ca

## Mg

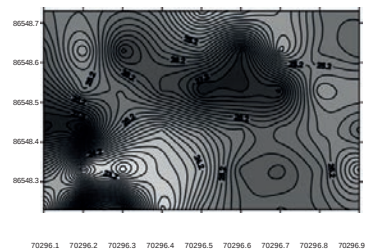
## Lager 4



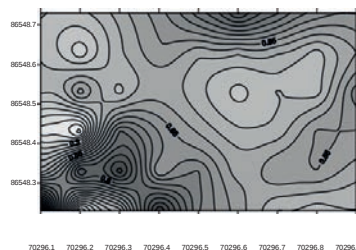
## Cu



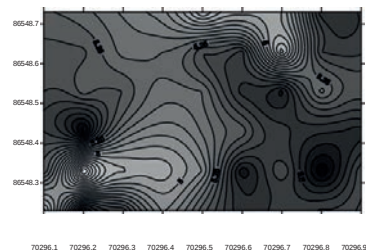
## K



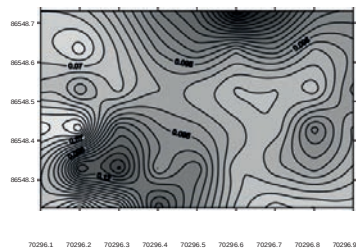
## Zn



## Si



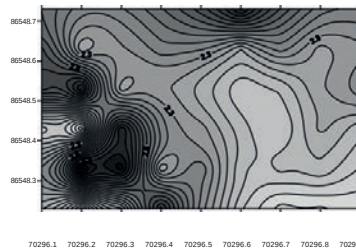
## P



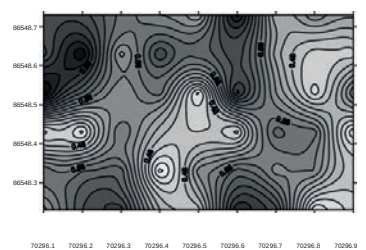
## Al



## Mn



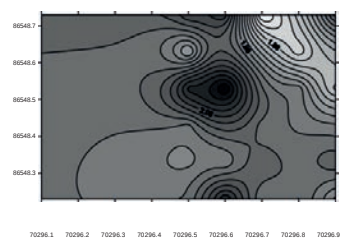
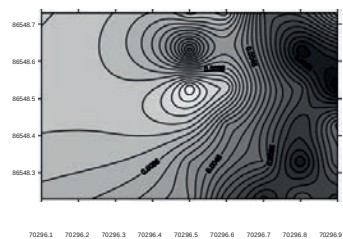
## Fe



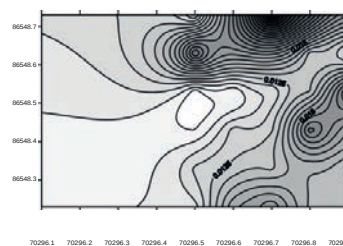
## Ca

## Mg

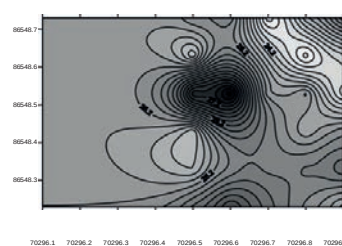
## Lager 5



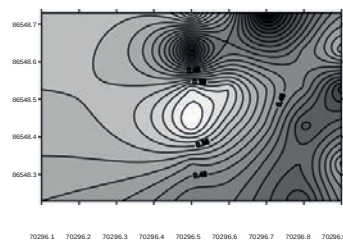
**Cu**



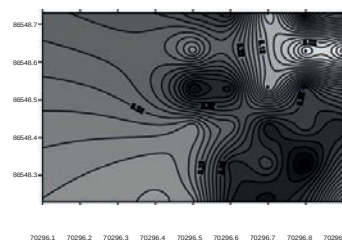
**K**



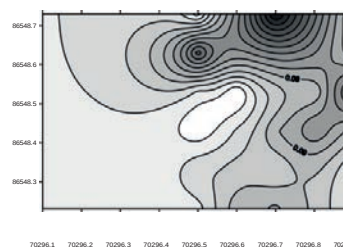
**Zn**



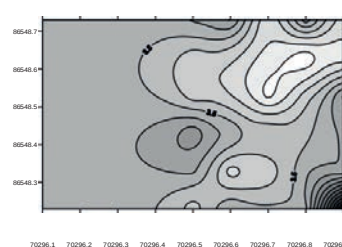
**Si**



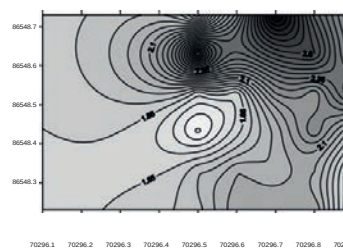
**P**



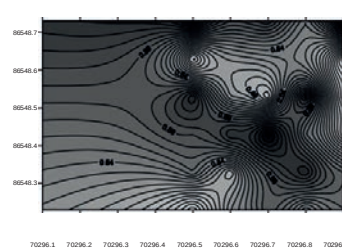
**Al**



**Mn**



**Fe**



**Ca**

**Mg**

### **Sammanfattning**

I denna rapport har analys gjorts på grundämnen i jordprover från ett preparat i Hallunda, Botkyrka 13. Analysen visar att halterna av de olika grundämnena tydligt skiljer sig åt mellan de olika lagren. Det finns en korrelation för halterna av koppar, zink, fosfor, mangan och kalcium i de olika lagren. Halterna för kalium, kisel och aluminium korrelerade inom den gruppen medan det fanns en negativ korrelation mellan dem och koppar, zink, fosfor, mangan och kalcium. Halten koppar bedöms att vara för låg för att kunna utgöra spår efter bronsantverk. Förekomsten av legeringsmetallerna tenn (avsaknad) och zink (högre än koppar) stämmer inte heller överens med spår efter bronsantverk, eller antverk med andra kopparlegeringar.

Tabell 3. Resultat från elementanalys med pXRF. Halterna för Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti och Fe är angivna i viktprocent medan övriga är angivna i ppm. För varje prov anges medelvärdet av tre körningar i fetstil under varje element med standardavvikelsen för de tre mätningarna på raden under.

| Fid     | Måtpunkt         | Objekt                  | Mg   | Al   | Si    | P    | S    | K    | Ca   | Ti   | V   | Cr  | Mn   | Fe   | Ni   | Cu    | Zn  | As   | Rb  | Sr  | Y   | Zr  | Nb | Mo | Ag  | Sn    | Sb   | Ta | Pb   | Th |    |
|---------|------------------|-------------------------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|-------|-----|------|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-------|------|----|------|----|----|
| 3179540 | Insida           | Sintrad lera            | 0,58 | 5,85 | 27,34 | 0,62 | 0    | 2,41 | 2,87 | 0,38 | 287 | 39  | 941  | 3,55 | 31   | 19    | 98  | 2    | 119 | 188 | 32  | 301 | 20 | 5  | 0   | 0     | 0    | 0  | 51   | 19 | 26 |
| 3179540 | Utsida           | Sintrad lera            | 0,81 | 6,42 | 30,28 | 0,68 | 0    | 2,98 | 2,08 | 0,39 | 225 | 54  | 912  | 3,60 | 34   | 24    | 63  | 0    | 121 | 175 | 34  | 281 | 18 | 3  | 0   | 0     | 0    | 51 | 10   | 20 |    |
| 3179542 | Insida           | Försäggad lera          | 0,79 | 5,31 | 33,89 | 0,46 | 0    | 5,12 | 5,25 | 0,34 | 332 | 66  | 914  | 4,05 | 36   | 48    | 63  | 1    | 114 | 207 | 35  | 268 | 16 | 0  | 0   | 0     | 0    | 50 | 7    | 20 |    |
| 3179542 | Utsida           | Försäggad lera          | 0,07 | 0,07 | 0,41  | 0,01 | 0    | 0,08 | 0,06 | 0,01 | 3   | 17  | 28   | 0,04 | 1    | 7     | 1   | 2    | 3   | 2   | 0   | 6   | 1  | 0  | 0   | 0     | 0    | 3  | 1    | 3  |    |
| 3179542 | Utsida           | Försäggad lera          | 0,35 | 5,53 | 26,87 | 1,10 | 0    | 1,95 | 1,79 | 0,38 | 269 | 19  | 680  | 3,50 | 25   | 6     | 67  | 7    | 108 | 183 | 34  | 279 | 21 | 11 | 0   | 0     | 0    | 53 | 10   | 29 |    |
| 3156818 | Insida           | Degel                   | 0,30 | 5,36 | 21,73 | 1,70 | 288  | 4,40 | 8,27 | 0,28 | 325 | 0   | 621  | 2,25 | 294  | 16164 | 153 | 61   | 187 | 278 | 26  | 222 | 22 | 11 | 0   | 839   | 289  | 37 | 597  | 43 |    |
| 3156818 | Utsida           | Degel                   | 0,46 | 5,83 | 29,20 | 1,32 | 0    | 3,20 | 1,97 | 0,46 | 322 | 39  | 514  | 3,13 | 22   | 152   | 47  | 8    | 183 | 147 | 25  | 276 | 26 | 5  | 0   | 132   | 61   | 8  | 119  | 9  |    |
| 3156818 | Degel            | Degel                   | 0,11 | 0,27 | 1,34  | 0,07 | 0    | 0,14 | 0,10 | 0,01 | 34  | 34  | 9    | 0,06 | 6    | 9     | 1   | 1    | 1   | 2   | 1   | 5   | 2  | 1  | 0   | 0     | 0    | 3  | 1    | 5  |    |
| 3156818 | Degel            | Degel                   | 0,55 | 4,79 | 29,04 | 0,73 | 1273 | 5,53 | 5,13 | 0,27 | 395 | 0   | 570  | 1,98 | 95   | 7477  | 0   | 201  | 153 | 26  | 219 | 21  | 0  | 0  | 51  | 0     | 0    | 14 | 78   | 11 |    |
| 3177612 | Insida           | Degel                   | 0,00 | 1,33 | 6,19  | 0,95 | 1107 | 1,20 | 5,55 | 0,24 | 0   | 0   | 949  | 1,97 | 6046 | 94100 | 82  | 1411 | 165 | 202 | 64  | 117 | 11 | 36 | 114 | 39567 | 4398 | 0  | 3606 | 0  |    |
| 3177612 | Utsida/undersida | Degel                   | 0,62 | 8,02 | 31,57 | 0,26 | 0    | 2,56 | 0,82 | 0,40 | 267 | 54  | 617  | 3,15 | 0    | 56    | 72  | 0    | 174 | 148 | 35  | 204 | 21 | 0  | 0   | 0     | 0    | 49 | 24   | 10 |    |
| 3156817 | Insida           | Degel                   | 0,57 | 0,68 | 2,61  | 0,12 | 0,00 | 0,07 | 0,01 | 0,06 | 245 | 93  | 8    | 0,19 | 0    | 23    | 8   | 0    | 7   | 4   | 5   | 50  | 7  | 0  | 0   | 0     | 0    | 8  | 7    | 17 |    |
| 3156817 | Utsida           | Degel                   | 0,00 | 6,80 | 25,04 | 3,20 | 590  | 4,02 | 2,14 | 0,24 | 132 | 0   | 349  | 2,32 | 67   | 8747  | 20  | 152  | 208 | 122 | 19  | 63  | 4  | 0  | 18  | 333   | 381  | 65 | 464  | 0  |    |
| 3156817 | Utsida           | Degel                   | 0,00 | 0,56 | 0,87  | 0,36 | 46   | 0,16 | 0,02 | 0,03 | 229 | 0   | 46   | 0,12 | 16   | 1124  | 34  | 15   | 25  | 16  | 1   | 16  | 7  | 0  | 31  | 28    | 51   | 15 | 109  | 0  |    |
| 3156817 | Utsida           | Degel                   | 0,55 | 6,51 | 27,50 | 2,03 | 0    | 2,10 | 4,70 | 0,21 | 214 | 0   | 437  | 1,82 | 0    | 266   | 61  | 0    | 61  | 300 | 11  | 48  | 4  | 0  | 0   | 31    | 0    | 55 | 39   | 0  |    |
| 3156817 | Utsida           | Degel                   | 0,48 | 0,33 | 0,84  | 0,03 | 151  | 0,10 | 0,53 | 0,02 | 36  | 0   | 26   | 0,04 | 18   | 678   | 0   | 0    | 2   | 2   | 1   | 21  | 0  | 0  | 0   | 0     | 89   | 0  | 25   | 5  |    |
| 3156817 | Mynning          | Degel                   | 0,00 | 1,33 | 6,19  | 0,95 | 1107 | 1,20 | 5,55 | 0,24 | 0   | 0   | 949  | 1,97 | 6046 | 94100 | 82  | 1411 | 165 | 202 | 64  | 117 | 11 | 36 | 114 | 39567 | 4398 | 0  | 3606 | 0  |    |
| 3177612 | Utsida/undersida | Degel                   | 0,62 | 8,02 | 31,57 | 0,26 | 0    | 2,56 | 0,82 | 0,40 | 267 | 54  | 617  | 3,15 | 0    | 56    | 72  | 0    | 174 | 148 | 35  | 204 | 21 | 0  | 0   | 0     | 0    | 49 | 24   | 10 |    |
| 3156817 | Insida           | Degel                   | 0,57 | 0,68 | 2,61  | 0,12 | 0,00 | 0,07 | 0,01 | 0,06 | 245 | 93  | 8    | 0,19 | 0    | 23    | 8   | 0    | 7   | 4   | 5   | 50  | 7  | 0  | 0   | 0     | 0    | 8  | 7    | 17 |    |
| 3156817 | Utsida           | Degel                   | 0,00 | 6,80 | 25,04 | 3,20 | 590  | 4,02 | 2,14 | 0,24 | 132 | 0   | 349  | 2,32 | 67   | 8747  | 20  | 152  | 208 | 122 | 19  | 63  | 4  | 0  | 18  | 333   | 381  | 65 | 464  | 0  |    |
| 3156817 | Utsida           | Degel                   | 0,00 | 0,56 | 0,87  | 0,36 | 46   | 0,16 | 0,02 | 0,03 | 229 | 0   | 46   | 0,12 | 16   | 1124  | 34  | 15   | 25  | 16  | 1   | 16  | 7  | 0  | 31  | 28    | 51   | 15 | 109  | 0  |    |
| 3156817 | Utsida           | Degel                   | 0,55 | 6,51 | 27,50 | 2,03 | 0    | 2,10 | 4,70 | 0,21 | 214 | 0   | 437  | 1,82 | 0    | 266   | 61  | 0    | 61  | 300 | 11  | 48  | 4  | 0  | 0   | 31    | 0    | 55 | 39   | 0  |    |
| 3156817 | Utsida           | Degel                   | 0,48 | 0,25 | 0,26  | 0,03 | 0    | 0,03 | 0,05 | 0,00 | 186 | 0   | 70   | 0,02 | 0    | 22    | 10  | 0    | 5   | 9   | 2   | 6   | 0  | 0  | 0   | 54    | 0    | 5  | 4    | 0  |    |
| 3156817 | Mynning          | Degel                   | 0,00 | 6,30 | 25,77 | 1,98 | 0    | 3,30 | 2,07 | 0,31 | 168 | 0   | 583  | 2,73 | 0    | 1212  | 94  | 7    | 188 | 135 | 18  | 59  | 3  | 0  | 0   | 0     | 0    | 56 | 34   | 0  |    |
| 3156817 | Utsida           | Degel                   | 0,00 | 0,23 | 0,25  | 0,05 | 0    | 0,08 | 0,09 | 0,07 | 292 | 0   | 43   | 0,07 | 0    | 119   | 16  | 12   | 5   | 8   | 3   | 4   | 6  | 0  | 0   | 0     | 0    | 20 | 6    | 0  |    |
| 3177615 | Insida           | Lerklining              | 1,00 | 5,34 | 24,03 | 0,91 | 0    | 3,61 | 4,30 | 0,63 | 278 | 59  | 1279 | 7,23 | 0    | 0     | 136 | 0    | 205 | 184 | 45  | 186 | 26 | 0  | 0   | 0     | 0    | 0  | 44   | 0  | 13 |
| 3177615 | Utsida           | Lerklining              | 0,23 | 0,38 | 2,58  | 0,10 | 0    | 0,60 | 0,99 | 0,07 | 241 | 102 | 81   | 0,61 | 0    | 0     | 7   | 0    | 16  | 13  | 4   | 2   | 5  | 0  | 0   | 0     | 0    | 40 | 0    | 23 |    |
| 3177615 | Utsida           | Lerklining              | 0,59 | 6,10 | 28,00 | 0,28 | 0    | 4,10 | 2,73 | 0,50 | 135 | 55  | 960  | 6,64 | 0    | 0     | 176 | 0    | 192 | 147 | 46  | 186 | 27 | 0  | 0   | 0     | 0    | 90 | 23   | 0  |    |
| 3177621 | Insida           | Gjutform                | 0,52 | 0,25 | 0,39  | 0,01 | 0    | 0,07 | 0,02 | 0,01 | 233 | 95  | 31   | 0,17 | 0    | 0     | 10  | 0    | 6   | 4   | 6   | 3   | 3  | 0  | 0   | 0     | 0    | 28 | 2    | 0  |    |
| 3177621 | Utsida           | Gjutform                | 1,07 | 7,17 | 35,62 | 0,43 | 0    | 2,82 | 1,43 | 0,35 | 266 | 0   | 547  | 3,55 | 0    | 77    | 110 | 0    | 117 | 123 | 19  | 117 | 10 | 0  | 0   | 228   | 0    | 60 | 385  | 0  |    |
| 3177621 | Utsida           | Gjutform                | 0,14 | 0,18 | 0,40  | 0,03 | 0    | 0,06 | 0,04 | 0,00 | 233 | 0   | 45   | 0,03 | 0    | 13    | 6   | 0    | 6   | 5   | 4   | 2   | 9  | 0  | 0   | 28    | 0    | 1  | 7    | 0  |    |
| 3177621 | Utsida           | Gjutform                | 0,85 | 8,12 | 31,34 | 0,88 | 0    | 2,87 | 1,82 | 0,41 | 366 | 0   | 732  | 3,15 | 0    | 42    | 97  | 0    | 116 | 372 | 13  | 89  | 0  | 0  | 0   | 0     | 76   | 63 | 0    | 0  |    |
| 3177621 | Utsida           | Gjutform                | 0,10 | 0,05 | 0,18  | 0,07 | 0    | 0,05 | 0,01 | 0,02 | 39  | 0   | 25   | 0,01 | 0    | 8     | 3   | 0    | 5   | 10  | 3   | 4   | 0  | 0  | 0   | 0     | 48   | 0  | 7    | 3  | 0  |
| 3177621 | Insida           | finslamma               | 1,17 | 7,58 | 31,28 | 0,99 | 633  | 2,49 | 1,82 | 0,51 | 128 | 0   | 719  | 3,74 | 0    | 83    | 132 | 93   | 116 | 124 | 22  | 154 | 14 | 0  | 0   | 223   | 0    | 93 | 728  | 0  |    |
| 3177621 | Utsida           | finslamma               | 0,15 | 0,13 | 0,37  | 0,01 | 96   | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 222 | 0   | 36   | 0,09 | 0    | 11    | 11  | 2    | 6   | 2   | 3   | 8   | 3  | 0  | 0   | 39    | 0    | 24 | 32   | 0  |    |
| 3177614 | Finslamma        | Gjutform                | 0,00 | 4,73 | 19,94 | 3,04 | 669  | 1,81 | 6,08 | 0,31 | 129 | 0   | 1685 | 2,94 | 0    | 126   | 242 | 67   | 151 | 208 | 33  | 98  | 19 | 4  | 0   | 0     | 111  | 47 | 280  | 0  |    |
| 3177614 | Utsida           | Gjutform                | 0,00 | 0,22 | 2,04  | 0,08 | 214  | 0,18 | 0,18 | 0,06 | 224 | 0   | 144  | 0,09 | 0    | 13    | 20  | 6    | 7   | 6   | 2   | 10  | 2  | 8  | 0   | 0     | 99   | 41 | 27   | 0  |    |
| 3177614 | Utsida           | Gjutform                | 0,24 | 5,73 | 25,20 | 0,97 | 0    | 2,49 | 1,51 | 0,29 | 100 | 0   | 625  | 2,41 | 0    | 91    | 111 | 4    | 219 | 74  | 36  | 74  | 12 | 0  | 0   | 0     | 0    | 30 | 28   | 0  |    |
| 3177614 | Utsida           | Gjutform                | 0,42 | 0,07 | 0,60  | 0,07 | 0    | 0,09 | 0,07 | 0,03 | 174 | 0   | 57   | 0,04 | 0    | 19    | 6   | 8    | 11  | 6   | 4   | 7   | 3  | 0  | 0   | 0     | 0    | 26 | 11   | 0  |    |
| 3178707 | Insida           | Sintrad lerskiva frag A | 0,65 | 6,87 | 32,20 | 0,45 | 0    | 3,20 | 3,32 | 0,40 | 194 | 0   | 1098 | 3,98 | 0    | 0     | 114 | 0    | 130 | 205 | 39  | 324 | 12 | 0  | 0   | 0     | 0    | 73 | 12   | 0  | 0  |
| 3178707 | Utsida           | Sintrad lerskiva frag A | 0,56 | 0,11 | 0,30  | 0,04 | 0    | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 337 | 0   | 33   | 0,04 | 0    | 0     | 12  | 0    | 3   | 10  | 2   | 13  | 11 | 0  | 0   | 0     | 0    | 3  | 11   | 0  | 0  |
| 3178707 | Utsida           | Sintrad lerskiva frag A | 0,89 | 7,36 | 32,46 | 0,49 | 0    | 2,25 | 2,35 | 0,38 | 147 | 0   | 778  | 3,80 | 0    | 0     | 73  | 0    | 121 | 186 | 36  | 299 | 13 | 0  | 0   | 0     | 0    | 68 | 0    | 0  | 0  |
| 3178707 | Utsida           | Sintrad lerskiva frag B | 0,20 | 0,15 | 0,54  | 0,03 | 0    | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 255 | 0   | 61   | 0,02 | 0    | 0     | 3   | 0    | 5   | 2   | 1   | 5   | 3  | 0  | 0   | 0     | 0    | 13 | 0    | 0  | 0  |
| 3178707 | Insida           | Sintrad lerskiva frag B | 0,00 | 5,56 | 27,78 | 0,45 | 0    | 2,74 | 3,37 | 0,38 | 262 | 0   | 1060 | 4,26 | 0    | 0     | 114 | 0    | 127 | 219 | 48  | 290 | 24 | 6  | 0   | 0     | 0    | 63 | 14   | 28 | 0  |
| 3178707 | Utsida           | Sintrad lerskiva frag B | 0,00 | 0,34 | 1,71  | 0,03 | 0    | 0,23 | 0,30 | 0,06 | 229 | 0   | 50   | 0,24 | 0    | 0     | 12  | 0    | 4   | 7   | 3   | 10  | 7  | 10 | 0   | 0     | 0    | 5  | 12   | 24 | 0  |
| 3178707 | Utsida           | Sintrad lerskiva frag B | 0,55 | 6,12 | 30,44 | 0,34 | 0    | 1,95 | 2,17 | 0,38 | 151 | 0   | 841  | 3,85 | 0    | 0     | 50  | 0    | 130 | 209 | 33  | 286 | 17 | 0  | 0   | 0     | 0    | 56 | 5    | 0  | 0  |
| 3178707 | Utsida           | Sintrad lerskiva frag B | 0,48 |      |       |      |      |      |      |      |     |     |      |      |      |       |     |      |     |     |     |     |    |    |     |       |      |    |      |    |    |

|         |                          |                               |      |      |       |      |   |      |      |      |     |     |      |      |   |     |     |     |     |     |     |     |    |   |   |    |    |    |    |    |
|---------|--------------------------|-------------------------------|------|------|-------|------|---|------|------|------|-----|-----|------|------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|---|---|----|----|----|----|----|
|         |                          | Sintrad<br>lerskiva frag<br>A | 0.63 | 0.18 | 0.12  | 0.01 | 0 | 0.01 | 0.03 | 0.03 | 217 | 0   | 137  | 0.04 | 0 | 24  | 3   | 0   | 1   | 7   | 4   | 19  | 3  | 0 | 0 | 0  | 0  | 21 | 1  | 0  |
| 3178637 | Utsida                   | Sintrad<br>lerskiva frag<br>A | 0.75 | 5.97 | 26.20 | 0.73 | 0 | 1.38 | 1.34 | 0.30 | 136 | 0   | 695  | 3.25 | 0 | 100 | 0   | 98  | 171 | 31  | 267 | 5   | 0  | 0 | 0 | 0  | 32 | 19 | 0  | 0  |
|         |                          | Sintrad<br>lerskiva frag<br>B | 0.66 | 0.31 | 0.99  | 0.05 | 0 | 0.11 | 0.17 | 0.02 | 236 | 0   | 50   | 0.03 | 0 | 22  | 0   | 3   | 1   | 4   | 8   | 9   | 0  | 0 | 0 | 0  | 28 | 4  | 0  | 0  |
| 3178637 | Insida                   | Sintrad<br>lerskiva frag<br>B | 0.00 | 5.88 | 28.52 | 0.53 | 0 | 2.74 | 2.87 | 0.39 | 0   | 0   | 850  | 3.82 | 0 | 48  | 0   | 138 | 207 | 35  | 290 | 15  | 0  | 0 | 0 | 0  | 65 | 0  | 0  | 0  |
| 3178637 | Utsida                   | Sintrad<br>lerskiva frag<br>B | 0.00 | 0.31 | 0.68  | 0.05 | 0 | 0.11 | 0.04 | 0.01 | 0   | 0   | 47   | 0.05 | 0 | 10  | 0   | 4   | 3   | 3   | 5   | 1   | 0  | 0 | 0 | 0  | 7  | 0  | 0  | 0  |
|         |                          | Sintrad<br>lerskiva frag<br>B | 0.56 | 7.37 | 29.58 | 0.83 | 0 | 2.11 | 1.95 | 0.41 | 141 | 47  | 829  | 3.90 | 0 | 24  | 142 | 0   | 104 | 177 | 35  | 312 | 18 | 0 | 0 | 0  | 55 | 15 | 0  | 0  |
| 3178643 | Insida                   | Sintrad<br>lerskiva frag<br>A | 0.49 | 0.74 | 0.58  | 0.17 | 0 | 0.06 | 0.17 | 0.04 | 244 | 81  | 31   | 0.26 | 0 | 42  | 22  | 0   | 5   | 8   | 3   | 17  | 4  | 0 | 0 | 0  | 9  | 3  | 0  | 0  |
|         |                          | Sintrad<br>lerskiva frag<br>A | 0.00 | 5.93 | 25.42 | 0.31 | 0 | 2.16 | 1.99 | 0.34 | 0   | 0   | 517  | 2.71 | 0 | 166 | 0   | 114 | 166 | 29  | 243 | 5   | 0  | 0 | 0 | 0  | 36 | 34 | 0  | 0  |
| 3178643 | Utsida                   | Sintrad<br>lerskiva frag<br>A | 0.25 | 5.66 | 26.47 | 0.21 | 0 | 0.58 | 0.56 | 0.02 | 0   | 0   | 68   | 0.24 | 0 | 24  | 0   | 13  | 14  | 4   | 14  | 9   | 0  | 0 | 0 | 32 | 11 | 0  | 0  |    |
|         |                          | Sintrad<br>lerskiva frag<br>A | 0.43 | 0.44 | 0.99  | 0.02 | 0 | 0.08 | 0.14 | 0.02 | 177 | 0   | 67   | 0.12 | 0 | 8   | 0   | 5   | 8   | 3   | 3   | 1   | 0  | 0 | 0 | 32 | 0  | 0  | 0  |    |
| 3178710 | Lerklining<br>vidjentyck | Insida                        | 1.01 | 8.68 | 27.78 | 1.85 | 0 | 2.74 | 3.54 | 0.49 | 192 | 64  | 2277 | 6.09 | 0 | 15  | 291 | 0   | 175 | 176 | 37  | 185 | 26 | 0 | 0 | 0  | 44 | 29 | 0  | 0  |
|         |                          | Insida                        | 0.21 | 0.04 | 0.57  | 0.04 | 0 | 0.13 | 0.09 | 0.04 | 332 | 110 | 49   | 0.02 | 0 | 26  | 10  | 0   | 8   | 6   | 1   | 9   | 5  | 0 | 0 | 0  | 41 | 4  | 0  | 0  |
| 3179544 | Lerklining               | Insida                        | 0.33 | 5.66 | 25.08 | 0.88 | 0 | 3.33 | 4.06 | 0.39 | 167 | 0   | 909  | 3.95 | 0 | 84  | 0   | 201 | 109 | 303 | 19  | 0   | 0  | 0 | 0 | 0  | 63 | 0  | 24 | 0  |
|         |                          | Insida                        | 0.57 | 0.27 | 0.86  | 0.03 | 0 | 0.04 | 0.03 | 0.05 | 290 | 0   | 143  | 0.11 | 0 | 7   | 0   | 2   | 7   | 22  | 6   | 4   | 0  | 0 | 0 | 15 | 0  | 21 | 0  | 21 |

Tabell 4. Resultat från elementanalys med pXRF. Halterna för Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti och Fe är angivna i viktprocent medan övriga är angivna i ppm

| Reading | X       | Y        | Mg   | Al   | Si    | P    | S   | K    | Ca   | Ti   | V   | Cr | Mn   | Fe   | Ni | Cu  | Zn  | As | Rb  | Sr  | Y  | Zr  | Ag | Sn | Ta | Hg | Pb | Th |
|---------|---------|----------|------|------|-------|------|-----|------|------|------|-----|----|------|------|----|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|----|----|----|----|----|----|
| B2I2    | 70296.1 | 86548.23 | 0.74 | 5.19 | 24.42 | 0.72 | 0   | 2.06 | 3.35 | 0.37 | 266 | 46 | 1071 | 3.49 | 37 | 49  | 207 | 5  | 130 | 236 | 24 | 207 | 0  | 0  | 49 | 0  | 20 | 17 |
| B3I2    | 70296.2 | 86548.23 | 0.63 | 5.63 | 25.77 | 0.23 | 0   | 2.15 | 1.34 | 0.38 | 269 | 58 | 436  | 3.52 | 35 | 0   | 99  | 6  | 144 | 248 | 24 | 166 | 0  | 0  | 64 | 0  | 20 | 18 |
| B4I2    | 70296.3 | 86548.23 | 0.67 | 4.61 | 21.09 | 1.12 | 0   | 1.69 | 4.53 | 0.34 | 271 | 73 | 1577 | 3.53 | 34 | 90  | 266 | 3  | 124 | 250 | 21 | 166 | 0  | 0  | 48 | 0  | 20 | 21 |
| B5I2    | 70296.4 | 86548.23 | 0.49 | 4.73 | 19.77 | 1.32 | 0   | 1.65 | 4.03 | 0.34 | 238 | 62 | 1819 | 4.79 | 51 | 117 | 325 | 5  | 126 | 244 | 22 | 188 | 0  | 0  | 55 | 0  | 20 | 13 |
| B6I2    | 70296.5 | 86548.23 | 0.53 | 5.43 | 24.52 | 0.81 | 0   | 1.95 | 2.70 | 0.34 | 213 | 81 | 1086 | 3.53 | 34 | 80  | 176 | 4  | 113 | 223 | 30 | 217 | 0  | 0  | 49 | 0  | 21 | 19 |
| B7I2    | 70296.6 | 86548.23 | 0.53 | 5.51 | 25.47 | 0.48 | 0   | 2.02 | 1.77 | 0.35 | 242 | 77 | 753  | 3.56 | 33 | 48  | 118 | 4  | 122 | 180 | 28 | 204 | 0  | 0  | 47 | 0  | 23 | 19 |
| B8I2    | 70296.7 | 86548.23 | 0.52 | 5.61 | 26.12 | 0.47 | 0   | 2.08 | 1.71 | 0.38 | 204 | 68 | 782  | 3.65 | 39 | 47  | 125 | 5  | 139 | 218 | 24 | 213 | 0  | 0  | 46 | 0  | 20 | 19 |
| B9I2    | 70296.8 | 86548.23 | 0.6  | 5.53 | 25.51 | 0.66 | 0   | 2.00 | 1.92 | 0.39 | 218 | 65 | 860  | 3.64 | 30 | 50  | 141 | 6  | 118 | 189 | 31 | 233 | 0  | 0  | 55 | 0  | 20 | 25 |
| B10I2   | 70296.9 | 86548.23 | 0.58 | 5.43 | 24.21 | 0.70 | 0   | 1.89 | 1.95 | 0.36 | 223 | 55 | 888  | 3.52 | 31 | 61  | 144 | 0  | 109 | 185 | 29 | 209 | 0  | 0  | 56 | 0  | 21 | 17 |
| C1I2    | 70296.1 | 86548.33 | 0.43 | 5.15 | 24.21 | 0.57 | 0   | 2.00 | 2.71 | 0.45 | 227 | 77 | 887  | 3.58 | 40 | 34  | 176 | 6  | 135 | 233 | 25 | 168 | 0  | 0  | 57 | 0  | 18 | 27 |
| C2I2    | 70296.2 | 86548.33 | 0.64 | 4.73 | 21.69 | 1.32 | 0   | 1.74 | 5.30 | 0.37 | 304 | 0  | 1832 | 3.65 | 36 | 116 | 344 | 6  | 126 | 280 | 22 | 186 | 0  | 0  | 41 | 0  | 19 | 19 |
| C4I2    | 70296.3 | 86548.33 | 0.85 | 4.94 | 22.37 | 1.22 | 0   | 1.80 | 4.52 | 0.37 | 244 | 54 | 1664 | 3.58 | 39 | 94  | 288 | 0  | 128 | 280 | 24 | 187 | 0  | 0  | 56 | 0  | 21 | 19 |
| C5I2    | 70296.4 | 86548.33 | 0.46 | 5.1  | 23.94 | 0.74 | 0   | 2.04 | 2.48 | 0.34 | 211 | 50 | 960  | 3.26 | 29 | 49  | 140 | 6  | 108 | 195 | 31 | 230 | 0  | 0  | 53 | 0  | 17 | 23 |
| C6I2    | 70296.5 | 86548.33 | 0.53 | 5.43 | 25.55 | 0.52 | 0   | 2.03 | 2.06 | 0.36 | 261 | 42 | 874  | 3.75 | 36 | 49  | 142 | 0  | 116 | 187 | 37 | 227 | 0  | 0  | 58 | 0  | 22 | 20 |
| D1I2    | 70296.6 | 86548.33 | 0.51 | 5.57 | 26.69 | 0.50 | 0   | 2.09 | 1.91 | 0.34 | 179 | 51 | 839  | 3.42 | 34 | 47  | 124 | 0  | 112 | 180 | 34 | 238 | 0  | 0  | 60 | 0  | 20 | 16 |
| C8I2    | 70296.7 | 86548.33 | 0.46 | 5.6  | 26.82 | 0.42 | 0   | 2.08 | 1.82 | 0.34 | 199 | 64 | 677  | 3.37 | 33 | 49  | 108 | 0  | 116 | 176 | 33 | 238 | 0  | 0  | 43 | 0  | 21 | 18 |
| C9I2    | 70296.8 | 86548.33 | 0.54 | 5.52 | 26.6  | 0.52 | 0   | 2.09 | 1.80 | 0.35 | 215 | 47 | 751  | 3.39 | 29 | 47  | 109 | 0  | 115 | 186 | 35 | 246 | 0  | 0  | 53 | 0  | 21 | 18 |
| C10I2   | 70296.9 | 86548.33 | 0.64 | 5.27 | 24.71 | 0.71 | 0   | 1.92 | 2.11 | 0.37 | 255 | 0  | 913  | 3.45 | 30 | 56  | 135 | 5  | 110 | 192 | 33 | 238 | 0  | 0  | 53 | 0  | 21 | 20 |
| D2I2    | 70296.1 | 86548.33 | 0.65 | 5.38 | 26.91 | 0.29 | 0   | 2.24 | 1.92 | 0.38 | 197 | 51 | 562  | 3.49 | 34 | 0   | 112 | 6  | 142 | 215 | 22 | 208 | 0  | 0  | 55 | 6  | 23 | 16 |
| D3I2    | 70296.2 | 86548.33 | 0.56 | 5.56 | 27.92 | 0.25 | 0   | 2.19 | 2.14 | 0.34 | 292 | 0  | 492  | 3.55 | 30 | 16  | 99  | 5  | 135 | 202 | 21 | 208 | 0  | 0  | 47 | 0  | 19 | 18 |
| D4I2    | 70296.3 | 86548.43 | 0.51 | 4.72 | 21.85 | 1.34 | 0   | 1.80 | 5.98 | 0.35 | 257 | 68 | 1786 | 3.40 | 43 | 110 | 335 | 4  | 129 | 300 | 30 | 196 | 0  | 0  | 49 | 0  | 21 | 17 |
| D6I2    | 70296.4 | 86548.43 | 0.55 | 4.82 | 23.67 | 0.63 | 148 | 1.77 | 3.58 | 0.36 | 270 | 0  | 991  | 4.61 | 24 | 54  | 121 | 6  | 156 | 544 | 21 | 141 | 0  | 0  | 51 | 0  | 13 | 18 |
| D6I2    | 70296.5 | 86548.43 | 0.51 | 5.3  | 25.79 | 0.52 | 0   | 2.02 | 2.40 | 0.34 | 238 | 0  | 969  | 3.30 | 23 | 54  | 123 | 7  | 110 | 200 | 30 | 225 | 0  | 0  | 51 | 0  | 18 | 26 |
| D7I2    | 70296.6 | 86548.43 | 0.57 | 5.43 | 27.92 | 0.40 | 0   | 2.10 | 1.78 | 0.34 | 210 | 0  | 693  | 3.40 | 30 | 30  | 107 | 7  | 117 | 173 | 31 | 261 | 0  | 0  | 56 | 0  | 19 | 29 |
| D8I2    | 70296.7 | 86548.43 | 0.7  | 5.43 | 28.44 | 0.38 | 0   | 2.10 | 1.83 | 0.32 | 226 | 48 | 712  | 3.30 | 26 | 29  | 100 | 0  | 118 | 171 | 33 | 240 | 0  | 0  | 52 | 6  | 23 | 26 |
| D9I2    | 70296.8 | 86548.43 | 0.57 | 5.3  | 27.37 | 0.44 | 0   | 2.06 | 1.78 | 0.32 | 203 | 0  | 712  | 3.19 | 34 | 21  | 101 | 5  | 107 | 178 | 31 | 239 | 0  | 0  | 48 | 0  | 18 | 23 |
| D10I2   | 70296.9 | 86548.43 | 0.74 | 5.48 | 25.68 | 0.75 | 0   | 2.00 | 2.27 | 0.34 | 243 | 49 | 932  | 3.51 | 34 | 62  | 147 | 0  | 111 | 188 | 33 | 245 | 0  | 0  | 53 | 0  | 22 | 20 |
| E1I2    | 70296.1 | 86548.53 | 0.49 | 5.22 | 25.91 | 0.44 | 0   | 2.22 | 4.28 | 0.37 | 283 | 47 | 729  | 3.36 | 33 | 35  | 149 | 5  | 133 | 234 | 23 | 175 | 0  | 0  | 46 | 0  | 21 | 11 |
| E3I2    | 70296.2 | 86548.53 | 0.77 | 4.53 | 21.61 | 0.97 | 0   | 1.85 | 6.58 | 0.34 | 314 | 53 | 1417 | 3.41 | 32 | 82  | 277 | 4  | 125 | 286 | 23 | 181 | 0  | 0  | 55 | 0  | 20 | 24 |
| E4I2    | 70296.3 | 86548.53 | 0.48 | 5.15 | 24.13 | 0.78 | 301 | 2.11 | 3.34 | 0.35 | 230 | 0  | 1078 | 3.47 | 43 | 50  | 211 | 5  | 125 | 219 | 27 | 200 | 0  | 0  | 45 | 0  | 21 | 20 |
| E5I2    | 70296.4 | 86548.53 | 0.59 | 5.3  | 26.48 | 0.63 | 0   | 2.13 | 2.30 | 0.33 | 210 | 50 | 867  | 3.30 | 28 | 40  | 143 | 0  | 112 | 189 | 34 | 233 | 0  | 0  | 55 | 0  | 20 | 22 |
| E7I2    | 70296.6 | 86548.53 | 0.74 | 5.69 | 28.18 | 0.51 | 0   | 2.23 | 1.76 | 0.33 | 233 | 0  | 759  | 3.31 | 21 | 23  | 118 | 4  | 112 | 179 | 30 | 237 | 0  | 0  | 55 | 0  | 21 | 15 |
| E8I2    | 70296.7 | 86548.53 | 0.6  | 5.55 | 27.54 | 0.36 | 0   | 2.16 | 1.76 | 0.34 | 153 | 57 | 674  | 3.36 | 30 | 33  | 108 | 0  | 111 | 175 | 34 | 257 | 0  | 0  | 49 | 5  | 22 | 19 |
| E9I2    | 70296.8 | 86548.53 | 0.47 | 5.57 | 26.47 | 0.40 | 0   | 2.07 | 1.80 | 0.33 | 246 | 0  | 715  | 3.41 | 32 | 33  | 112 | 0  | 111 | 172 | 32 | 241 | 0  | 0  | 45 | 0  | 19 | 23 |
| E10I2   | 70296.9 | 86548.53 | 0.55 | 5.49 | 26.45 | 0.44 | 0   | 2.07 | 1.87 | 0.34 | 191 | 0  | 784  | 3.36 | 34 | 30  | 116 | 0  | 111 | 176 | 32 | 244 | 0  | 0  | 53 | 0  | 20 | 20 |
| F1I2    | 70296.1 | 86548.63 | 0.58 | 4.51 | 21.96 | 0.83 | 695 | 1.89 | 6.23 | 0.35 | 227 | 59 | 1136 | 3.52 | 28 | 62  | 233 | 6  | 124 | 280 | 22 | 176 | 0  | 0  | 46 | 0  | 24 | 22 |
| F3I2    | 70296.2 | 86548.63 | 0.73 | 4.85 | 23.08 | 0.61 | 0   | 2.02 | 4.25 | 0.36 | 290 | 64 | 918  | 3.53 | 34 | 48  | 179 | 7  | 141 | 271 | 20 | 183 | 0  | 0  | 55 | 0  | 21 | 15 |
| F4I2    | 70296.3 | 86548.63 | 0.69 | 5.16 | 24.16 | 0.75 | 0   | 1.95 | 4.08 | 0.35 | 281 | 73 | 1302 | 3.61 | 38 | 63  | 225 | 5  | 129 | 236 | 27 | 216 | 0  | 0  | 43 | 6  | 22 | 0  |
| F5I2    | 70296.4 | 86548.63 | 0.61 | 5.17 | 24.91 | 0.47 | 0   | 2.00 | 2.59 | 0.36 | 263 | 63 | 820  | 3.60 | 33 | 34  | 145 | 6  | 130 | 219 | 23 | 176 | 0  | 0  | 52 | 0  | 19 | 15 |
| F8I2    | 70296.5 | 86548.63 | 0.55 | 5.26 | 25.6  | 0.56 | 0   | 1.96 | 2.46 | 0.35 | 183 | 66 | 1008 | 3.29 | 33 | 39  | 155 | 0  | 114 | 204 | 30 | 229 | 0  | 0  | 50 | 0  | 21 | 15 |
| F7I2    | 70296.6 | 86548.63 | 0.71 | 5.44 | 26.35 | 0.52 | 0   | 2.08 | 2.34 | 0.35 | 212 | 69 | 918  | 3.42 | 34 | 39  | 145 | 4  | 117 | 207 | 30 | 210 | 0  | 0  | 54 | 5  | 21 | 19 |
| F8I2    | 70296.7 | 86548.63 | 0.46 | 5.38 | 26.38 | 0.55 | 0   | 2.18 | 2.03 | 0.33 | 188 | 44 | 862  | 3.27 | 30 | 40  | 137 | 4  | 112 | 185 | 31 | 231 | 0  | 0  | 52 | 6  | 24 | 28 |
| F10I2   | 70296.9 | 86548.63 | 0.6  | 5.36 | 26.19 | 0.50 | 0   | 2.06 | 2.18 | 0.33 | 229 | 0  | 882  | 3.47 | 34 | 51  | 136 | 6  | 108 | 185 | 32 | 228 | 0  | 0  | 40 | 0  | 20 | 26 |
| G4I2    | 70296.3 | 86548.73 | 0.66 | 5.1  | 23.28 | 0.87 | 0   | 1.90 | 4.60 | 0.39 | 221 | 55 | 1304 | 3.60 | 38 | 57  | 237 | 6  | 128 | 271 | 26 | 187 | 0  | 0  | 57 | 0  | 25 | 19 |
| G5I2    | 70296.4 | 86548.73 | 0.53 | 5.57 | 26.52 | 0.34 | 0   | 2.08 | 1.92 | 0.39 | 259 | 59 | 694  | 3.76 | 31 | 33  | 124 | 7  | 130 | 194 | 25 | 185 | 0  | 0  | 50 | 0  | 20 | 18 |
| G6I2    | 70296.5 | 86548.73 | 0.62 | 5.41 | 26.16 | 0.41 | 0   | 2.10 | 2.03 | 0.37 | 235 | 62 | 735  | 3.56 | 37 | 33  | 122 | 5  | 128 | 193 | 28 | 194 | 0  | 0  | 48 | 0  | 22 | 13 |
| G7I2    | 70296.6 | 86548.73 | 0.52 | 5.03 | 24.38 | 0.69 | 0   | 1.98 | 2.70 | 0.32 | 162 | 0  | 1034 | 3.10 | 21 | 38  | 166 | 0  | 110 | 196 | 31 | 201 | 0  | 0  | 51 | 0  | 23 | 19 |
| G8I2    | 70296.7 | 86548.73 | 0.53 | 5.5  | 28.13 | 0.42 | 0   | 2.14 | 1.92 | 0.35 | 236 | 45 | 826  | 3.32 | 27 | 34  | 113 | 0  | 110 | 180 | 35 | 249 | 0  | 0  | 54 | 0  | 24 | 22 |
| G9I2    | 70296.8 | 86548.73 | 0.54 | 5.57 | 26.63 | 0.55 | 0   | 2.03 | 2.28 | 0.35 | 218 | 60 | 1056 | 3.29 | 29 | 53  | 145 | 6  | 111 | 188 | 38 | 234 | 0  | 0  | 52 | 0  | 16 | 16 |
| G10I2   | 70296.9 | 86548.73 | 0.7  | 5.22 | 25.19 | 0.73 | 0   | 1.95 | 2.69 | 0.36 | 196 | 50 | 1135 | 3.39 | 28 | 70  | 175 | 7  | 114 | 210 | 29 | 216 | 0  | 0  | 47 | 0  | 19 | 22 |
| B2I3    | 70296.1 | 86548.23 | 0.59 | 5.04 | 24.27 | 0.83 | 202 | 2.06 | 3.61 | 0.38 | 215 | 0  | 1215 | 3.66 | 38 | 60  | 224 | 7  | 133 | 247 | 25 | 218 | 0  | 0  | 48 | 6  | 22 | 19 |
| B3I3    |         |          |      |      |       |      |     |      |      |      |     |    |      |      |    |     |     |    |     |     |    |     |    |    |    |    |    |    |

|       |          |          |      |      |       |      |       |      |      |      |     |    |      |      |    |     |     |   |     |     |    |     |   |   |    |   |     |    |
|-------|----------|----------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|-----|----|------|------|----|-----|-----|---|-----|-----|----|-----|---|---|----|---|-----|----|
| B4L3  | 70296.3  | 86548.23 | 0.73 | 4.95 | 21.82 | 1.30 | 0     | 1.78 | 4.44 | 0.37 | 303 | 0  | 1747 | 3.70 | 32 | 108 | 309 | 5 | 123 | 255 | 26 | 198 | 0 | 0 | 47 | 0 | 20  | 17 |
| B5L3  | 70296.4  | 86548.23 | 0.51 | 4.8  | 20.96 | 1.37 | 0     | 1.75 | 4.24 | 0.38 | 250 | 48 | 1856 | 3.89 | 41 | 107 | 308 | 6 | 131 | 253 | 25 | 180 | 0 | 0 | 58 | 0 | 19  | 16 |
| B6L3  | 70296.5  | 86548.23 | 0.54 | 5.21 | 24.81 | 0.67 | 0     | 1.98 | 2.19 | 0.33 | 254 | 41 | 915  | 3.40 | 23 | 49  | 145 | 4 | 110 | 195 | 31 | 220 | 0 | 0 | 54 | 0 | 21  | 22 |
| B7L3  | 70296.6  | 86548.23 | 0.57 | 5.56 | 25.01 | 0.69 | 0     | 1.99 | 2.28 | 0.38 | 234 | 62 | 1128 | 3.54 | 40 | 76  | 169 | 7 | 116 | 202 | 31 | 222 | 0 | 0 | 44 | 0 | 17  | 19 |
| B8L3  | 70296.7  | 86548.23 | 0.61 | 5.68 | 26.16 | 0.38 | 0     | 2.09 | 1.62 | 0.38 | 296 | 51 | 757  | 3.75 | 30 | 42  | 124 | 6 | 128 | 190 | 26 | 206 | 0 | 0 | 57 | 0 | 19  | 21 |
| B9L3  | 70296.8  | 86548.23 | 0.57 | 5.5  | 25.62 | 0.66 | 0     | 1.98 | 1.93 | 0.33 | 274 | 0  | 851  | 3.57 | 29 | 52  | 135 | 5 | 116 | 184 | 29 | 230 | 0 | 0 | 54 | 0 | 20  | 20 |
| B10L3 | 70296.9  | 86548.23 | 0.65 | 5.58 | 25.87 | 0.72 | 0     | 2.05 | 1.98 | 0.35 | 184 | 76 | 870  | 3.59 | 31 | 60  | 147 | 0 | 117 | 192 | 29 | 241 | 0 | 0 | 52 | 0 | 23  | 20 |
| C2L3  | 70296.1  | 86548.33 | 0.57 | 5.34 | 25.56 | 0.64 | 0     | 2.04 | 3.17 | 0.40 | 293 | 51 | 979  | 3.73 | 32 | 42  | 188 | 5 | 127 | 226 | 25 | 203 | 0 | 0 | 57 | 0 | 21  | 11 |
| C3L3  | 70296.2  | 86548.33 | 0.71 | 5.06 | 24.07 | 1.06 | 0     | 1.93 | 4.70 | 0.37 | 268 | 57 | 1466 | 3.53 | 44 | 77  | 275 | 7 | 128 | 274 | 30 | 192 | 0 | 0 | 54 | 0 | 20  | 16 |
| C4L3  | 70296.3  | 86548.33 | 0.48 | 5.12 | 24.05 | 1.20 | 0     | 1.88 | 4.20 | 0.38 | 270 | 59 | 1467 | 3.48 | 37 | 98  | 267 | 4 | 123 | 234 | 30 | 206 | 0 | 0 | 51 | 0 | 20  | 13 |
| C5L3  | 70296.4  | 86548.33 | 0.53 | 5.45 | 25.68 | 0.80 | 0     | 2.00 | 2.73 | 0.34 | 198 | 61 | 1110 | 3.40 | 29 | 53  | 169 | 0 | 113 | 222 | 29 | 199 | 0 | 0 | 50 | 0 | 22  | 14 |
| C6L3  | 70296.5  | 86548.33 | 0.54 | 5.59 | 26.52 | 0.53 | 0     | 2.06 | 2.21 | 0.35 | 247 | 40 | 823  | 3.40 | 40 | 48  | 127 | 0 | 119 | 193 | 31 | 224 | 0 | 0 | 49 | 6 | 22  | 17 |
| C7L3  | 70296.6  | 86548.33 | 0.53 | 5.8  | 27.82 | 0.45 | 0     | 2.11 | 1.93 | 0.34 | 266 | 50 | 758  | 3.37 | 38 | 39  | 115 | 4 | 112 | 176 | 32 | 242 | 0 | 0 | 55 | 6 | 21  | 24 |
| C8L3  | 70296.7  | 86548.33 | 0.6  | 5.59 | 27.21 | 0.48 | 0     | 2.06 | 1.94 | 0.33 | 296 | 55 | 784  | 3.38 | 32 | 54  | 117 | 4 | 111 | 177 | 30 | 225 | 0 | 0 | 49 | 0 | 21  | 17 |
| C9L3  | 70296.8  | 86548.33 | 0.55 | 5.58 | 26.98 | 0.60 | 0     | 2.03 | 1.90 | 0.33 | 208 | 66 | 767  | 3.49 | 33 | 51  | 123 | 5 | 116 | 184 | 30 | 248 | 0 | 0 | 51 | 0 | 18  | 17 |
| C10L3 | 70296.9  | 86548.33 | 0.53 | 5.34 | 24.91 | 0.68 | 0     | 1.93 | 2.01 | 0.35 | 210 | 45 | 955  | 3.53 | 34 | 58  | 148 | 4 | 114 | 184 | 30 | 223 | 0 | 0 | 62 | 0 | 22  | 22 |
| D1L3  | 70296.1  | 86548.43 | 0.62 | 5.61 | 29.08 | 0.16 | 0     | 2.37 | 1.73 | 0.42 | 241 | 58 | 492  | 3.68 | 30 | 0   | 95  | 6 | 118 | 209 | 23 | 223 | 0 | 0 | 55 | 0 | 18  | 20 |
| D3L3  | 70296.2  | 86548.43 | 0.63 | 5.32 | 26.91 | 0.17 | 0     | 2.15 | 1.88 | 0.40 | 225 | 58 | 489  | 3.69 | 26 | 19  | 91  | 5 | 136 | 194 | 21 | 180 | 0 | 0 | 45 | 0 | 19  | 12 |
| D4L3  | 70296.3  | 86548.43 | 0.85 | 4.96 | 22.87 | 1.11 | 0     | 1.87 | 4.75 | 0.37 | 257 | 43 | 1420 | 3.38 | 32 | 80  | 453 | 4 | 129 | 254 | 24 | 200 | 0 | 0 | 52 | 0 | 20  | 13 |
| D5L3  | 70296.4  | 86548.43 | 0.32 | 5.18 | 24.33 | 0.71 | 0     | 1.91 | 2.61 | 0.32 | 232 | 51 | 1104 | 3.41 | 35 | 57  | 171 | 5 | 115 | 213 | 27 | 206 | 0 | 0 | 50 | 0 | 19  | 19 |
| D6L3  | 70296.5  | 86548.43 | 0.51 | 5.33 | 25    | 0.47 | 0     | 1.94 | 2.20 | 0.31 | 255 | 44 | 806  | 3.47 | 29 | 47  | 125 | 6 | 118 | 194 | 25 | 195 | 0 | 0 | 50 | 0 | 19  | 19 |
| D7L3  | 70296.6  | 86548.43 | 0.5  | 5.53 | 27.03 | 0.39 | 0     | 2.14 | 1.81 | 0.34 | 227 | 51 | 727  | 3.50 | 34 | 41  | 112 | 6 | 119 | 181 | 30 | 227 | 0 | 0 | 44 | 0 | 19  | 20 |
| D8L3  | 70296.7  | 86548.43 | 0.52 | 5.65 | 27.57 | 0.41 | 0     | 2.13 | 1.87 | 0.33 | 283 | 0  | 718  | 3.41 | 34 | 45  | 106 | 4 | 113 | 179 | 35 | 228 | 0 | 0 | 42 | 0 | 20  | 21 |
| D9L3  | 70296.8  | 86548.43 | 0.55 | 5.61 | 27.31 | 0.51 | 0     | 2.15 | 2.00 | 0.33 | 292 | 51 | 716  | 3.38 | 32 | 55  | 111 | 4 | 112 | 183 | 36 | 244 | 0 | 0 | 50 | 0 | 19  | 21 |
| D10L3 | 70296.9  | 86548.43 | 0.54 | 5.6  | 25.78 | 0.69 | 0     | 1.98 | 2.05 | 0.35 | 218 | 73 | 863  | 3.52 | 25 | 61  | 137 | 6 | 116 | 186 | 30 | 221 | 0 | 0 | 55 | 0 | 20  | 24 |
| E2L3  | 70296.1  | 86548.53 | 0.53 | 5.59 | 28.38 | 0.24 | 0     | 2.32 | 2.76 | 0.36 | 210 | 53 | 548  | 3.43 | 34 | 11  | 112 | 6 | 136 | 213 | 24 | 194 | 0 | 0 | 57 | 0 | 21  | 23 |
| E3L3  | 70296.2  | 86548.53 | 0.7  | 4.7  | 23.03 | 0.84 | 0     | 1.91 | 5.45 | 0.35 | 172 | 0  | 1131 | 3.44 | 29 | 64  | 225 | 0 | 129 | 275 | 22 | 170 | 0 | 0 | 50 | 5 | 20  | 16 |
| F4L3  | 70296.3  | 86548.53 | 0.68 | 4.48 | 20.99 | 1.05 | 0     | 1.76 | 7.39 | 0.35 | 231 | 49 | 1475 | 3.40 | 33 | 87  | 274 | 4 | 118 | 283 | 22 | 175 | 0 | 0 | 52 | 0 | 19  | 14 |
| F5L3  | 70296.4  | 86548.53 | 0.48 | 5.31 | 26.55 | 0.52 | 0     | 2.13 | 2.28 | 0.33 | 257 | 0  | 849  | 3.47 | 28 | 36  | 134 | 6 | 113 | 190 | 35 | 228 | 0 | 0 | 50 | 0 | 20  | 23 |
| F6L3  | 70296.5  | 86548.53 | 0.54 | 5.43 | 27.1  | 0.50 | 0     | 2.09 | 2.10 | 0.33 | 242 | 62 | 798  | 3.30 | 35 | 36  | 134 | 0 | 110 | 181 | 32 | 238 | 0 | 0 | 50 | 0 | 23  | 13 |
| F7L3  | 70296.6  | 86548.53 | 0.74 | 5.3  | 27.25 | 0.53 | 0     | 2.17 | 2.14 | 0.32 | 218 | 55 | 821  | 3.36 | 28 | 39  | 130 | 4 | 119 | 191 | 32 | 260 | 0 | 0 | 51 | 0 | 21  | 21 |
| F8L3  | 70296.7  | 86548.53 | 0.67 | 5.76 | 28.52 | 0.38 | 0     | 2.15 | 1.86 | 0.33 | 241 | 46 | 761  | 3.41 | 26 | 34  | 104 | 0 | 113 | 178 | 32 | 240 | 0 | 0 | 57 | 0 | 22  | 24 |
| F9L3  | 70296.8  | 86548.53 | 0.55 | 5.7  | 27.96 | 0.39 | 0     | 2.13 | 1.95 | 0.33 | 233 | 48 | 721  | 3.33 | 30 | 47  | 100 | 0 | 118 | 181 | 39 | 245 | 0 | 0 | 52 | 0 | 24  | 28 |
| E10L3 | 70296.9  | 86548.53 | 0.68 | 5.42 | 25.32 | 0.75 | 0     | 2.01 | 2.35 | 0.34 | 159 | 48 | 925  | 3.40 | 30 | 74  | 152 | 0 | 108 | 189 | 32 | 217 | 0 | 0 | 50 | 0 | 20  | 26 |
| F2L3  | 70296.1  | 86548.63 | 0.65 | 4.74 | 23.45 | 0.80 | 254   | 1.92 | 5.75 | 0.35 | 238 | 47 | 1010 | 3.37 | 36 | 61  | 206 | 0 | 120 | 265 | 22 | 168 | 0 | 0 | 53 | 0 | 25  | 15 |
| F3L3  | 70296.2  | 86548.63 | 0.53 | 4.94 | 24.59 | 0.56 | 0     | 2.06 | 4.22 | 0.32 | 286 | 0  | 757  | 3.26 | 27 | 35  | 150 | 4 | 133 | 226 | 25 | 194 | 0 | 0 | 51 | 0 | 21  | 12 |
| F4L3  | 70296.3  | 86548.63 | 0.59 | 5.04 | 24.12 | 0.84 | 0     | 1.90 | 4.04 | 0.56 | 232 | 84 | 1162 | 3.40 | 37 | 55  | 226 | 7 | 131 | 237 | 41 | 164 | 0 | 0 | 41 | 0 | 18  | 17 |
| F5L3  | 70296.4  | 86548.63 | 0.6  | 5.37 | 25.71 | 0.48 | 0     | 1.98 | 2.31 | 0.34 | 273 | 44 | 746  | 3.59 | 27 | 23  | 133 | 5 | 131 | 213 | 25 | 184 | 0 | 0 | 57 | 5 | 18  | 15 |
| F6L3  | 70296.5  | 86548.63 | 0.77 | 5.18 | 24.63 | 0.70 | 0     | 1.94 | 3.08 | 0.32 | 203 | 0  | 1260 | 3.41 | 37 | 57  | 185 | 4 | 111 | 214 | 28 | 200 | 0 | 0 | 40 | 0 | 18  | 24 |
| F7L3  | 70296.6  | 86548.63 | 0.57 | 5.36 | 27.13 | 0.58 | 0     | 2.06 | 2.43 | 0.33 | 196 | 0  | 993  | 3.36 | 27 | 38  | 143 | 0 | 113 | 189 | 34 | 245 | 0 | 0 | 55 | 5 | 21  | 22 |
| F8L3  | 70296.7  | 86548.63 | 0.51 | 5.33 | 27.8  | 0.38 | 0     | 2.11 | 1.95 | 0.33 | 213 | 64 | 758  | 3.29 | 25 | 32  | 109 | 0 | 113 | 173 | 35 | 231 | 0 | 0 | 51 | 0 | 21  | 25 |
| F9L3  | 70296.8  | 86548.63 | 0.68 | 5.7  | 28.38 | 0.39 | 0     | 2.15 | 2.00 | 0.33 | 238 | 58 | 790  | 3.30 | 36 | 32  | 110 | 0 | 111 | 182 | 36 | 258 | 0 | 0 | 55 | 0 | 21  | 24 |
| F10L3 | 70296.9  | 86548.63 | 0.64 | 5.61 | 26.95 | 0.66 | 0     | 2.05 | 2.17 | 0.34 | 191 | 49 | 872  | 3.41 | 33 | 42  | 141 | 7 | 106 | 189 | 31 | 234 | 0 | 0 | 48 | 0 | 17  | 23 |
| G4L3  | 70296.3  | 86548.73 | 0.69 | 5.17 | 24.73 | 0.56 | 0     | 1.99 | 3.46 | 0.36 | 228 | 79 | 939  | 3.51 | 40 | 46  | 174 | 5 | 128 | 223 | 23 | 169 | 0 | 0 | 46 | 0 | 20  | 14 |
| G5L3  | 70296.4  | 86548.73 | 0.58 | 5.44 | 25.86 | 0.30 | 0     | 2.05 | 1.72 | 0.35 | 276 | 61 | 605  | 3.76 | 34 | 27  | 112 | 6 | 133 | 208 | 27 | 195 | 0 | 0 | 59 | 0 | 21  | 25 |
| G6L3  | 70296.5  | 86548.73 | 0.52 | 3.68 | 17.57 | 0.94 | 12351 | 1.67 | 4.43 | 0.26 | 159 | 0  | 1051 | 3.13 | 25 | 91  | 264 | 9 | 93  | 211 | 26 | 175 | 0 | 0 | 39 | 0 | 155 | 25 |
| G7L3  | 70296.6  | 86548.73 | 0.6  | 5.23 | 24.96 | 0.75 | 0     | 1.99 | 2.92 | 0.33 | 198 | 56 | 1231 | 3.32 | 31 | 58  | 185 | 0 | 107 | 202 | 33 | 235 | 0 | 0 | 50 | 0 | 20  | 22 |
| G8L3  | 70296.7  | 86548.73 | 0.58 | 5.62 | 27.47 | 0.53 | 0     | 2.10 | 2.29 | 0.32 | 272 | 45 | 994  | 3.35 | 32 | 39  | 135 | 4 | 111 | 187 | 38 | 258 | 0 | 0 | 58 | 0 | 18  | 24 |
| G9L3  | 70296.8  | 86548.73 | 0.53 | 5.52 | 27.62 | 0.38 | 0     | 2.13 | 1.95 | 0.38 | 232 | 0  | 793  | 3.47 | 33 | 36  | 113 | 4 | 113 | 177 | 35 | 237 | 0 | 0 | 45 | 5 | 19  | 26 |
| G10L3 | 70296.9  | 86548.73 | 0.58 | 5.29 | 25.98 | 0.58 | 0     | 1.95 | 2.37 | 0.33 | 285 | 49 | 1011 | 3.53 | 27 | 61  | 164 | 4 | 116 | 203 | 28 | 228 | 0 | 0 | 52 | 0 | 19  | 16 |
| B2L4  | 70296.10 | 86548.23 | 0.53 | 4.82 | 23.08 | 1.29 | 869   | 2.28 | 2.02 | 0.38 | 282 | 40 | 704  | 3.65 | 29 | 15  | 141 | 0 | 146 | 204 | 25 | 194 | 0 | 0 | 51 | 0 | 27  | 19 |
| B3L4  | 70296.20 | 86548.23 | 0.64 | 5.59 | 27.96 | 0.13 | 0     | 2.34 | 1.31 | 0.37 | 289 | 81 | 491  | 3.80 | 26 | 16  | 93  | 7 | 142 | 207 | 22 | 185 | 0 | 0 | 50 | 0 | 21  | 19 |
| B4L4  | 70296.30 | 86548.2  |      |      |       |      |       |      |      |      |     |    |      |      |    |     |     |   |     |     |    |     |   |   |    |   |     |    |

|       |          |          |      |      |       |      |     |      |      |      |     |    |      |      |    |    |     |   |     |     |    |     |   |    |    |    |    |    |    |
|-------|----------|----------|------|------|-------|------|-----|------|------|------|-----|----|------|------|----|----|-----|---|-----|-----|----|-----|---|----|----|----|----|----|----|
| B9I4  | 70296.80 | 86548.23 | 0.4  | 5.39 | 25.79 | 0.37 | 0   | 2.01 | 1.58 | 0.38 | 206 | 0  | 647  | 3.57 | 31 | 51 | 105 | 8 | 127 | 185 | 28 | 199 | 0 | 0  | 38 | 0  | 19 |    | 22 |
| C2I4  | 70296.10 | 86548.33 | 0.6  | 5.3  | 25.08 | 0.47 | 688 | 2.11 | 2.42 | 0.37 | 257 | 52 | 732  | 3.48 | 43 | 33 | 131 | 5 | 135 | 223 | 72 | 173 | 0 | 0  | 51 | 5  | 23 |    | 15 |
| C3I4  | 70296.20 | 86548.33 | 0.6  | 4.51 | 22.14 | 0.91 | 0   | 1.69 | 3.69 | 0.34 | 244 | 46 | 1311 | 3.36 | 33 | 69 | 229 | 5 | 122 | 242 | 21 | 174 | 0 | 0  | 47 | 0  | 20 |    | 20 |
| C4I4  | 70296.30 | 86548.33 | 0.61 | 4.88 | 22.39 | 0.98 | 0   | 1.76 | 3.56 | 0.38 | 267 | 63 | 1370 | 3.63 | 34 | 84 | 235 | 0 | 125 | 269 | 25 | 178 | 0 | 0  | 55 | 0  | 23 |    | 17 |
| C5I4  | 70296.40 | 86548.33 | 0.39 | 4.92 | 23.51 | 0.55 | 0   | 1.81 | 2.11 | 0.35 | 239 | 42 | 944  | 3.46 | 24 | 51 | 144 | 0 | 125 | 212 | 25 | 200 | 0 | 0  | 53 | 0  | 22 |    | 18 |
| C6I4  | 70296.50 | 86548.33 | 0.55 | 5.05 | 24.13 | 0.65 | 0   | 1.85 | 2.47 | 0.32 | 269 | 0  | 1089 | 3.35 | 29 | 62 | 149 | 0 | 112 | 202 | 29 | 205 | 0 | 0  | 48 | 0  | 20 |    | 20 |
| C7I4  | 70296.60 | 86548.33 | 0.61 | 5.99 | 26.08 | 0.47 | 0   | 2.02 | 1.93 | 0.36 | 259 | 59 | 753  | 3.51 | 41 | 38 | 130 | 6 | 124 | 205 | 26 | 241 | 0 | 0  | 57 | 0  | 19 |    | 19 |
| C8I4  | 70296.70 | 86548.33 | 0.55 | 5.35 | 26.29 | 0.55 | 0   | 2.05 | 1.93 | 0.36 | 182 | 0  | 835  | 3.33 | 35 | 39 | 127 | 4 | 118 | 190 | 29 | 230 | 0 | 0  | 57 | 0  | 23 |    | 20 |
| C9I4  | 70296.80 | 86548.33 | 0.56 | 5.7  | 25.7  | 0.55 | 0   | 2.00 | 1.99 | 0.37 | 266 | 55 | 922  | 3.68 | 35 | 51 | 149 | 0 | 118 | 207 | 25 | 203 | 0 | 0  | 55 | 0  | 34 |    | 16 |
| C10I4 | 70296.90 | 86548.33 | 0.47 | 5.36 | 23.9  | 0.47 | 0   | 1.94 | 1.79 | 0.35 | 248 | 43 | 790  | 3.66 | 41 | 50 | 128 | 5 | 130 | 204 | 24 | 197 | 0 | 0  | 55 | 0  | 22 |    | 16 |
| C11I4 | 70297.00 | 86548.33 | 0.52 | 5.22 | 26.65 | 0.41 | 0   | 2.01 | 1.74 | 0.39 | 216 | 60 | 703  | 3.60 | 39 | 41 | 119 | 5 | 125 | 218 | 0  | 0   | 0 | 53 | 0  | 22 |    | 14 |    |
| D2I4  | 70296.10 | 86548.33 | 0.43 | 5.4  | 27.7  | 0.18 | 0   | 2.33 | 1.73 | 0.38 | 281 | 0  | 517  | 3.77 | 29 | 13 | 99  | 6 | 140 | 198 | 27 | 193 | 0 | 0  | 49 | 0  | 23 |    | 19 |
| D3I4  | 70296.20 | 86548.33 | 0.41 | 5.68 | 28.21 | 0.06 | 0   | 2.43 | 1.36 | 0.39 | 233 | 51 | 447  | 3.62 | 42 | 0  | 85  | 6 | 146 | 210 | 26 | 190 | 0 | 0  | 65 | 0  | 18 |    | 28 |
| D4I4  | 70296.30 | 86548.33 | 0.58 | 5.16 | 24.98 | 0.76 | 0   | 2.08 | 3.39 | 0.37 | 214 | 45 | 1128 | 3.66 | 34 | 61 | 216 | 5 | 137 | 227 | 27 | 195 | 0 | 0  | 52 | 0  | 20 |    | 20 |
| D5I4  | 70296.40 | 86548.33 | 0.49 | 5.07 | 23.98 | 0.60 | 0   | 1.89 | 2.46 | 0.35 | 222 | 0  | 965  | 3.49 | 41 | 49 | 156 | 5 | 119 | 209 | 30 | 182 | 0 | 0  | 55 | 0  | 21 |    | 23 |
| D6I4  | 70296.50 | 86548.33 | 0.46 | 5.16 | 24.91 | 0.49 | 0   | 1.94 | 2.25 | 0.34 | 256 | 0  | 920  | 3.47 | 38 | 42 | 133 | 5 | 119 | 200 | 26 | 201 | 0 | 0  | 47 | 0  | 21 |    | 18 |
| D7I4  | 70296.60 | 86548.33 | 0.43 | 5.27 | 25.53 | 0.41 | 0   | 2.02 | 1.95 | 0.38 | 255 | 61 | 832  | 3.74 | 38 | 41 | 135 | 5 | 145 | 202 | 24 | 204 | 0 | 0  | 63 | 0  | 22 |    | 19 |
| D8I4  | 70296.70 | 86548.33 | 0.61 | 5.43 | 25.67 | 0.42 | 0   | 2.02 | 1.80 | 0.36 | 261 | 54 | 757  | 3.62 | 45 | 43 | 127 | 6 | 122 | 210 | 30 | 204 | 0 | 0  | 62 | 0  | 21 |    | 20 |
| D9I4  | 70296.80 | 86548.33 | 0.59 | 5.49 | 25.16 | 0.56 | 0   | 1.99 | 2.12 | 0.36 | 242 | 51 | 1077 | 3.64 | 35 | 74 | 144 | 0 | 122 | 203 | 26 | 191 | 0 | 0  | 44 | 0  | 21 |    | 12 |
| D10I4 | 70296.90 | 86548.33 | 0.4  | 5.53 | 25.7  | 0.55 | 0   | 2.00 | 1.92 | 0.37 | 239 | 49 | 838  | 3.46 | 31 | 48 | 137 | 5 | 115 | 194 | 30 | 217 | 0 | 0  | 54 | 0  | 30 |    | 16 |
| E2I4  | 70296.10 | 86548.33 | 0.75 | 5.35 | 26.77 | 0.41 | 0   | 2.15 | 3.04 | 0.37 | 169 | 79 | 770  | 3.71 | 34 | 30 | 156 | 4 | 131 | 222 | 25 | 203 | 0 | 0  | 50 | 6  | 21 |    | 0  |
| E3I4  | 70296.20 | 86548.33 | 0.62 | 5.27 | 25.18 | 0.58 | 0   | 2.11 | 3.45 | 0.38 | 243 | 59 | 902  | 3.78 | 40 | 41 | 184 | 6 | 135 | 242 | 22 | 195 | 0 | 0  | 58 | 0  | 21 |    | 23 |
| E4I4  | 70296.30 | 86548.33 | 0.54 | 5.3  | 25.59 | 0.38 | 0   | 2.03 | 2.14 | 0.42 | 296 | 69 | 732  | 3.63 | 28 | 30 | 126 | 7 | 137 | 209 | 27 | 198 | 0 | 0  | 50 | 0  | 22 |    | 17 |
| E5I4  | 70296.40 | 86548.33 | 0.59 | 5.17 | 26.64 | 0.48 | 0   | 2.04 | 2.21 | 0.35 | 217 | 0  | 847  | 3.34 | 26 | 34 | 128 | 5 | 110 | 185 | 30 | 218 | 0 | 0  | 44 | 5  | 21 |    | 24 |
| E6I4  | 70296.50 | 86548.33 | 0.41 | 5.2  | 27.63 | 0.42 | 0   | 2.12 | 2.06 | 0.34 | 171 | 0  | 819  | 3.35 | 31 | 38 | 119 | 4 | 113 | 185 | 29 | 232 | 0 | 0  | 47 | 0  | 22 |    | 17 |
| E7I4  | 70296.60 | 86548.33 | 0.69 | 5.47 | 27.45 | 0.33 | 0   | 2.11 | 1.83 | 0.37 | 292 | 44 | 743  | 3.60 | 34 | 41 | 106 | 5 | 124 | 194 | 28 | 225 | 0 | 0  | 59 | 0  | 19 |    | 24 |
| E8I4  | 70296.70 | 86548.33 | 0.54 | 5.57 | 27.51 | 0.40 | 0   | 2.13 | 1.92 | 0.36 | 214 | 49 | 749  | 3.37 | 29 | 33 | 111 | 0 | 115 | 184 | 32 | 234 | 0 | 0  | 49 | 0  | 24 |    | 24 |
| E9I4  | 70296.80 | 86548.33 | 0.43 | 5.18 | 24.62 | 0.38 | 0   | 1.92 | 2.19 | 0.32 | 121 | 0  | 720  | 3.23 | 32 | 62 | 99  | 5 | 105 | 179 | 30 | 214 | 0 | 0  | 41 | 0  | 19 |    | 23 |
| E10I4 | 70296.90 | 86548.33 | 0.58 | 5.33 | 24.81 | 0.63 | 0   | 1.91 | 2.37 | 0.33 | 241 | 62 | 968  | 3.43 | 33 | 75 | 153 | 6 | 108 | 195 | 30 | 309 | 0 | 0  | 52 | 0  | 18 |    | 20 |
| F1I4  | 70297.00 | 86548.33 | 0.63 | 5.22 | 24.6  | 0.68 | 0   | 1.90 | 2.46 | 0.35 | 250 | 59 | 977  | 3.75 | 35 | 77 | 179 | 6 | 125 | 209 | 29 | 213 | 0 | 0  | 44 | 0  | 21 |    | 19 |
| F2I4  | 70296.10 | 86548.33 | 0.63 | 5.32 | 26.09 | 0.40 | 0   | 2.10 | 2.92 | 0.37 | 238 | 93 | 669  | 3.81 | 21 | 27 | 123 | 5 | 132 | 207 | 23 | 199 | 0 | 0  | 52 | 0  | 30 |    | 14 |
| F3I4  | 70296.20 | 86548.33 | 0.74 | 5.31 | 24.36 | 0.26 | 0   | 2.04 | 2.11 | 0.37 | 253 | 76 | 967  | 3.86 | 33 | 29 | 101 | 6 | 149 | 233 | 26 | 207 | 0 | 0  | 50 | 0  | 25 |    | 21 |
| F4I4  | 70296.30 | 86548.33 | 0.53 | 5.18 | 27.13 | 0.44 | 0   | 2.10 | 2.29 | 0.37 | 230 | 88 | 761  | 3.60 | 34 | 31 | 130 | 6 | 127 | 190 | 26 | 186 | 0 | 0  | 46 | 0  | 21 |    | 16 |
| F5I4  | 70296.40 | 86548.33 | 0.66 | 5.2  | 26.01 | 0.55 | 0   | 2.01 | 2.46 | 0.34 | 222 | 61 | 955  | 3.62 | 29 | 51 | 161 | 6 | 113 | 196 | 29 | 218 | 0 | 0  | 51 | 0  | 18 |    | 19 |
| F6I4  | 70296.50 | 86548.33 | 0.61 | 5.35 | 25.51 | 0.46 | 0   | 2.03 | 2.41 | 0.37 | 305 | 55 | 1067 | 3.65 | 35 | 43 | 170 | 7 | 125 | 209 | 26 | 204 | 0 | 0  | 54 | 0  | 18 |    | 18 |
| F7I4  | 70296.60 | 86548.33 | 0.65 | 5.42 | 27.48 | 0.46 | 0   | 2.06 | 2.10 | 0.36 | 225 | 70 | 911  | 3.46 | 36 | 49 | 136 | 4 | 115 | 193 | 30 | 224 | 0 | 0  | 45 | 0  | 19 |    | 15 |
| F8I4  | 70296.70 | 86548.33 | 0.51 | 4.76 | 24.07 | 0.46 | 0   | 1.94 | 2.45 | 0.33 | 223 | 0  | 1034 | 3.38 | 28 | 60 | 117 | 5 | 105 | 193 | 35 | 210 | 0 | 0  | 50 | 0  | 18 |    | 23 |
| F9I4  | 70296.80 | 86548.33 | 0.45 | 5.4  | 25.45 | 0.38 | 0   | 1.98 | 2.16 | 0.34 | 228 | 41 | 838  | 3.42 | 29 | 56 | 104 | 0 | 105 | 180 | 36 | 231 | 0 | 0  | 50 | 0  | 21 |    | 24 |
| F10I4 | 70296.90 | 86548.33 | 0.45 | 5.41 | 25.8  | 0.50 | 0   | 2.00 | 2.27 | 0.33 | 249 | 0  | 920  | 3.40 | 29 | 53 | 141 | 0 | 119 | 197 | 34 | 216 | 0 | 0  | 58 | 0  | 19 |    | 17 |
| G5I4  | 70296.40 | 86548.73 | 0.56 | 5.07 | 25.13 | 0.58 | 0   | 1.93 | 2.69 | 0.34 | 243 | 65 | 1096 | 3.35 | 33 | 52 | 167 | 0 | 110 | 202 | 29 | 217 | 0 | 0  | 48 | 0  | 20 |    | 16 |
| G6I4  | 70296.50 | 86548.73 | 0.52 | 4.79 | 23.38 | 0.73 | 638 | 1.92 | 2.95 | 0.33 | 248 | 73 | 1218 | 3.41 | 23 | 77 | 210 | 0 | 103 | 213 | 28 | 182 | 0 | 0  | 40 | 0  | 72 |    | 16 |
| G7I4  | 70296.60 | 86548.73 | 0.73 | 4.93 | 24.03 | 0.91 | 0   | 1.87 | 3.44 | 0.33 | 283 | 0  | 1617 | 3.34 | 26 | 58 | 260 | 5 | 111 | 225 | 28 | 199 | 0 | 0  | 44 | 0  | 17 |    | 21 |
| G8I4  | 70296.70 | 86548.73 | 0.5  | 4.95 | 24.41 | 0.76 | 0   | 1.95 | 2.89 | 0.35 | 192 | 0  | 1384 | 3.36 | 33 | 62 | 202 | 5 | 106 | 205 | 34 | 235 | 0 | 0  | 44 | 0  | 20 |    | 28 |
| G9I4  | 70296.80 | 86548.73 | 0.56 | 5.19 | 25.42 | 0.63 | 0   | 1.95 | 2.55 | 0.34 | 244 | 52 | 1095 | 3.45 | 36 | 60 | 173 | 7 | 117 | 203 | 28 | 221 | 0 | 0  | 43 | 0  | 19 |    | 19 |
| B6I5  | 70296.5  | 86548.23 | 0.42 | 5.15 | 25.84 | 0.52 | 0   | 1.99 | 1.93 | 0.35 | 228 | 57 | 731  | 3.43 | 31 | 41 | 113 | 5 | 126 | 202 | 24 | 212 | 0 | 0  | 51 | 0  | 21 |    | 22 |
| B7I5  | 70296.6  | 86548.23 | 0.52 | 5.38 | 26.63 | 0.51 | 0   | 2.10 | 2.08 | 0.34 | 165 | 0  | 879  | 3.55 | 24 | 55 | 144 | 6 | 122 | 202 | 27 | 264 | 0 | 0  | 57 | 0  | 20 |    | 24 |
| B8I5  | 70296.7  | 86548.23 | 0.58 | 5.41 | 25.89 | 0.56 | 0   | 1.98 | 2.09 | 0.34 | 256 | 0  | 910  | 3.51 | 27 | 64 | 154 | 5 | 119 | 191 | 29 | 215 | 0 | 0  | 54 | 0  | 19 |    | 19 |
| B9I5  | 70296.8  | 86548.23 | 0.51 | 5.34 | 25.35 | 0.60 | 0   | 2.00 | 2.10 | 0.36 | 236 | 59 | 839  | 3.54 | 35 | 55 | 134 | 6 | 119 | 196 | 27 | 198 | 0 | 0  | 43 | 0  | 18 |    | 26 |
| B10I5 | 70296.9  | 86548.23 | 0.56 | 5.11 | 24.71 | 0.49 | 0   | 1.94 | 1.71 | 0.36 | 209 | 43 | 747  | 4.13 | 29 | 60 | 133 | 4 | 124 | 184 | 24 | 212 | 0 | 0  | 48 | 0  | 18 |    | 15 |
| C6I5  | 70296.5  | 86548.33 | 0.56 | 5.19 | 24.6  | 0.46 | 0   | 1.95 | 1.94 | 0.36 | 248 | 80 | 790  | 3.56 | 36 | 41 | 121 | 5 | 126 | 191 | 27 | 199 | 0 | 0  | 57 | 0  | 18 |    | 14 |
| C7I5  | 70296.6  | 86548.33 | 0.48 | 5.37 | 25.46 | 0.47 | 0   | 1.96 | 2.05 | 0.35 | 227 | 44 | 822  | 3.38 | 33 | 47 | 127 | 0 | 117 | 198 | 30 | 220 | 0 | 0  | 56 | 0  | 21 |    | 15 |
| C8I5  | 70296.7  | 86548.33 | 0.59 | 5.3  |       |      |     |      |      |      |     |    |      |      |    |    |     |   |     |     |    |     |   |    |    |    |    |    |    |

|       |         |          |      |      |       |      |  |   |      |      |      |     |    |      |      |    |    |     |   |     |     |    |     |   |   |    |   |    |  |    |
|-------|---------|----------|------|------|-------|------|--|---|------|------|------|-----|----|------|------|----|----|-----|---|-----|-----|----|-----|---|---|----|---|----|--|----|
| D9L5  | 70296.8 | 86548.73 | 0.56 | 5.32 | 24.84 | 0.59 |  | 0 | 1.97 | 2.24 | 0.37 | 223 | 45 | 998  | 3.49 | 35 | 61 | 168 | 7 | 123 | 196 | 30 | 223 | 0 | 0 | 43 | 0 | 17 |  | 19 |
| D10L5 | 70296.9 | 86548.73 | 0.45 | 5.38 | 25.33 | 0.54 |  | 0 | 1.96 | 1.96 | 0.35 | 243 | 43 | 873  | 3.56 | 33 | 48 | 145 | 5 | 122 | 204 | 27 | 218 | 0 | 0 | 56 | 0 | 21 |  | 19 |
| E6L5  | 70296.5 | 86548.53 | 0.64 | 5.43 | 27.36 | 0.32 |  | 0 | 2.11 | 1.82 | 0.40 | 228 | 51 | 739  | 3.42 | 33 | 19 | 102 | 5 | 125 | 210 | 27 | 215 | 0 | 0 | 60 | 7 | 19 |  | 16 |
| E7L5  | 70296.6 | 86548.53 | 0.51 | 5.38 | 27.96 | 0.34 |  | 0 | 2.16 | 1.83 | 0.35 | 199 | 41 | 648  | 3.40 | 21 | 27 | 105 | 5 | 123 | 187 | 31 | 230 | 0 | 0 | 55 | 0 | 21 |  | 21 |
| E8L5  | 70296.7 | 86548.53 | 0.46 | 5.09 | 25.06 | 0.44 |  | 0 | 2.00 | 2.20 | 0.34 | 122 | 0  | 824  | 3.29 | 32 | 46 | 116 | 0 | 113 | 200 | 28 | 233 | 0 | 0 | 53 | 0 | 18 |  | 21 |
| E9L5  | 70296.8 | 86548.53 | 0.65 | 5.34 | 25.24 | 0.50 |  | 0 | 1.97 | 2.17 | 0.34 | 242 | 56 | 855  | 3.42 | 38 | 56 | 130 | 0 | 122 | 187 | 32 | 211 | 0 | 0 | 49 | 0 | 21 |  | 13 |
| E10L5 | 70296.9 | 86548.53 | 0.43 | 5.23 | 23.69 | 0.63 |  | 0 | 1.85 | 2.47 | 0.36 | 191 | 50 | 1145 | 3.61 | 25 | 71 | 173 | 4 | 117 | 234 | 27 | 205 | 0 | 0 | 47 | 0 | 23 |  | 25 |
| F6L5  | 70296.5 | 86548.63 | 0.44 | 5.16 | 24.22 | 0.68 |  | 0 | 1.91 | 2.82 | 0.33 | 255 | 46 | 1180 | 3.42 | 30 | 55 | 176 | 6 | 117 | 221 | 29 | 203 | 0 | 0 | 55 | 0 | 17 |  | 19 |
| F9L5  | 70296.8 | 86548.63 | 0.52 | 4.95 | 23.3  | 0.49 |  | 0 | 1.83 | 2.61 | 0.33 | 219 | 0  | 1002 | 3.26 | 32 | 69 | 128 | 4 | 104 | 204 | 29 | 208 | 0 | 0 | 41 | 0 | 18 |  | 18 |
| F10L5 | 70296.9 | 86548.63 | 0.39 | 4.92 | 24.15 | 0.41 |  | 0 | 1.90 | 2.84 | 0.32 | 262 | 0  | 861  | 3.32 | 21 | 62 | 117 | 4 | 108 | 191 | 25 | 219 | 0 | 0 | 46 | 0 | 20 |  | 19 |
| G6L5  | 70296.5 | 86548.73 | 0.68 | 5.32 | 25.39 | 0.32 |  | 0 | 2.06 | 1.74 | 0.36 | 232 | 64 | 674  | 3.55 | 33 | 30 | 109 | 7 | 134 | 196 | 23 | 175 | 0 | 0 | 54 | 0 | 20 |  | 16 |
| G7L5  | 70296.6 | 86548.73 | 0.6  | 5.36 | 25.54 | 0.46 |  | 0 | 2.07 | 2.27 | 0.38 | 255 | 46 | 1025 | 3.60 | 37 | 30 | 165 | 0 | 128 | 212 | 27 | 206 | 0 | 0 | 52 | 6 | 22 |  | 18 |
| G5L5  | 70296.7 | 86548.73 | 0.62 | 5.05 | 23.25 | 0.74 |  | 0 | 1.77 | 2.99 | 0.34 | 217 | 71 | 1412 | 3.35 | 32 | 53 | 233 | 6 | 110 | 224 | 28 | 198 | 0 | 0 | 51 | 0 | 16 |  | 17 |
| G9L5  | 70296.8 | 86548.73 | 0.54 | 5.34 | 24.74 | 0.58 |  | 0 | 1.87 | 2.48 | 0.35 | 262 | 54 | 1118 | 3.58 | 34 | 54 | 187 | 4 | 116 | 213 | 28 | 225 | 0 | 0 | 45 | 0 | 20 |  | 16 |
| G10L5 | 70296.9 | 86548.73 | 0.67 | 5.25 | 25.96 | 0.48 |  | 0 | 2.03 | 2.17 | 0.36 | 198 | 49 | 836  | 3.37 | 21 | 41 | 155 | 6 | 125 | 217 | 26 | 188 | 0 | 0 | 52 | 0 | 19 |  | 19 |

## Referenser

Eriksson, J. Dahlin, S., Nilsson, I. & Simonsson, M. 2003. *Marklära*. Studentlitteratur.

Hjulström, B. & Isaksson, S. 2007. Dolda spår av forntida verksamhet. Geokemiska analyser i samband med E4-undersökningarna sträckan Uppsala-Mehedeby. I: Göthberg, H. (red) Hus och bebyggelse i Uppland. Delar av förhistoriska sammanhang. Arkeologi E4 Uppland – studier Volym 3. Uppsala.

Hjulström, B., Isaksson, S. & Karlsson, C. 2008. Prominent migration period building. Lipid and elemental analyses from an excavation at Alby, parish of Botkyrka, Södermanland, Sweden. *ACTA Archaeologica*. 79:62-78.

Hjulström, B., Isaksson, S., 2009. Identification of activity area signatures in a reconstructed Iron Age house by combining element and lipid analyses of sediments. *Journal of Archaeological Science* 36, 174–183. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.08.005>

Isaksson, S., 2000. Food and rank in early medieval time, Theses and papers in scientific archaeology. Stockholm Univ., Archaeological Research Laboratory, Stockholm.

Lehninger, A. L., Nelson, D. L. & Cox, M. M. 1993. *Principles of Biochemistry*. 2<sup>nd</sup> Edition. Worth Publisher.

Pollard, M., Batt, C. Stern, B. & Young, S. M. M. 2011. *Analytical Chemistry in Archaeology*. Cambridge Manuals in Archaeology.

## E-länk

<http://resource.sgu.se/dokument/mineralnaring/Geokemisk%20atlas/text/10%20APPENDIX%20%20BAKGRUNDSHALTER%20I%20MOR%C3%84N%20I%20SVERIGES%20L%C3%84N%20Background%20concentrations%20of%20elements%20in%20till%20in%20Swedish%20counties.pdf>

## Bilaga 3. Vedartsanalys av Ulf Strucke, Antraco

# Antraco

vedartsanalys

ProjektId 2787

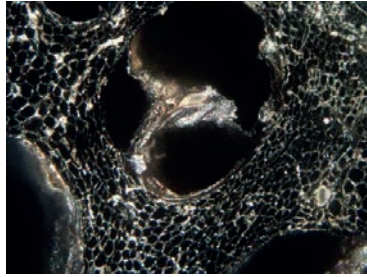
Södermanland, Botkyrka kommun och socken,3, Hallunda 4:34, L2017:2252 (Botkyrka 13:1),  
Gravfält

Träkolet var rent och i huvudsak fritt från spår av röta och insektsangrepp. I några fall rensades skärvtigt grus och sand från proverna. Den förkolnade eken kommer från väl uppvuxna stammar med en likartad grundstruktur. Egenåldern överstiger i samtliga fall 30 år. Av mikroskopbilderna framgår att såväl utvecklad som begynnande tylosis förekommer (bl.a. FID3179526, Ugn, A42, F8). Dessa blockeringar förekommer oftast i samband med omvandling av splinten till kärnved. Kraftiga mörkstrålar var vanligt förekommande (FID3178717, Ugn, A4, F9).

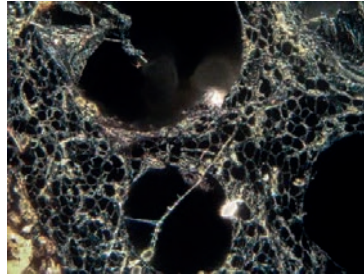
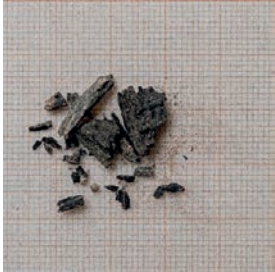
Undantaget i detta sammanhang är provet från kulturlagret som kommer från frisk björk. I provet fanns även 6 fragment av näver vilka bröts loss från träkolet

| FID     | Anläggningstyp | Anlnr | Provnr     | Vikt | Analyserad vikt | Fragment | Analyserat antal | Antal | Art        |
|---------|----------------|-------|------------|------|-----------------|----------|------------------|-------|------------|
| 3178705 | Ugn            | A42   | F8-F9      | 1,1  | 1,1             | 13       | 13               | 13    | Ek         |
| 3178714 | Ugn            | A42   | C7         | 0,3  | 0,3             | 10       | 10               | 10    | Ek         |
| 3178717 | Ugn            | A42   | F9         | 0,1  | 0,1             | 21       | 21:              | 21    | Ek         |
| 3179041 | Ugn            | A40   | X294/544   | 3    | 3               | 37       | 37               | 37    | Ek         |
| 3179042 | Lager          | A38   | X293/547   | 9,7  | 4,2             | 192      | 60               | 60    | Ek         |
| 3179526 | Ugn            | A42   | F8         | 1,2  | 1,2             | 31       | 31               | 31    | Ek         |
| 3179527 | Ugn            | A42   | E9         | 0,1  | 0,1             | 4        | 4                | 4     | Ek         |
| 3179528 | Ugn            | A42   | G9         | 0,2  | 0,2             | 22       | 22               | 22    | Ek         |
| 3179539 | Kulturlager    | L2    | X285 y 548 | 7,7  | 6,9             | 69       | 56               | 6     | Björknäver |
| 3179539 | Kulturlager    | L2    | X285 y 548 | 7,7  | 6,9             | 69       | 56               | 50    | Björk      |

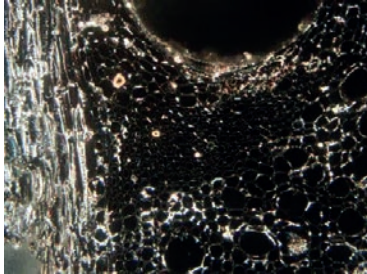
Ulf Strucke 2024-05-10



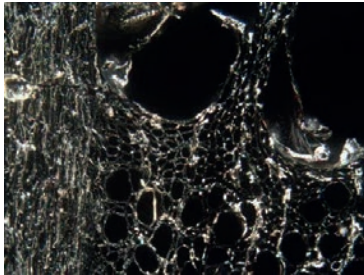
FID3178705, Ugn, A42, F8-F9



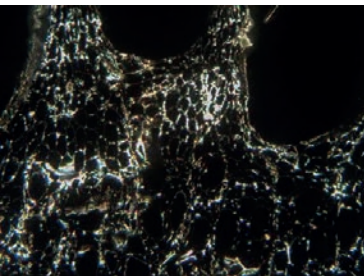
FID3178714, Ugn, A42, C7



FID3178717, Ugn, A4, F9

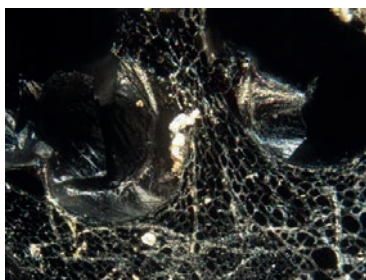


FID3179041, Ugn, A40, X294/544

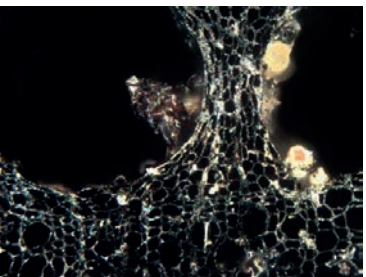


FID3179042, Lager, A38, X293/547

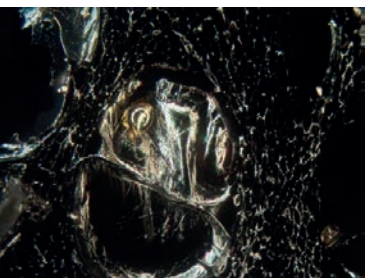
Ulf Strucke 2024-05-10



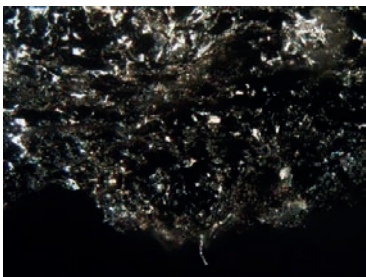
FID3179526, Ugn, A42, F8



FID3179527, Ugn, A42, E9



FID3179528, Ugn, A42, G9



FID3179539, Kulturlager, L2, X285 y 548

Ulf Strucke 2024-05-10

# Bilaga 4. $^{14}\text{C}$ -dateringar av Angstromlaboratoriet, Tandemlaboratoriet, Uppsala universitet



UPPSALA  
UNIVERSITET

Ångströmlaboratoriet  
Tandemlaboratoriet

Kol-14 gruppen

Besöksadress:  
Ångström Laboratoriet  
Lägerhyddsvägen 1

Postadress:  
Box 529  
751 21 Uppsala

Telefon:  
018 – 471 3124

Hemsida:  
[www.uu.se/centrum/tandemlab](http://www.uu.se/centrum/tandemlab)

E-post:  
[radiocarbon@physics.uu.se](mailto:radiocarbon@physics.uu.se)

Uppsala 2024-07-12

Torun Zachrisson  
Upplandsmuseet  
Drottninggatan 7  
753 10 UPPSALA

## Resultat av $^{14}\text{C}$ datering av träkol och matskorpa från SHM29458, RAÄ13, Hallunda, Botkyrka socken, Södermanland. (p 5970)

### Förbehandling av träkol:

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

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

Före mätningen av  $^{14}\text{C}$ -innehållet i acceleratorn förbränns det tvättade och intorkade materialet, surgjort till pH 3, till  $\text{CO}_2$ -gas som i sin tur grafiteras genom en Fe-katalytisk reaktion. I den aktuella undersökningen har fraktionen INS daterats.

### Förbehandling av matskorpa(organiskt material på keramik):

1. Organiskt material skrapas bort från keramiken med skalpell.
2. Etanol:acetone (1:1) tillsätts (5 min, i ultraljudsbadet).
3. 1 % HCl tillsätts (10 h, under kokpunkten) (karbonat bort).
4. 1 % NaOH tillsätts (10 h, 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.

Före mätningen av  $^{14}\text{C}$ -innehållet i acceleratorn förbränns det tvättade och intorkade materialet, surgjort till pH 3, till  $\text{CO}_2$ -gas som i sin tur grafiteras genom en Fe-katalytisk reaktion. I den aktuella undersökningen har fraktionen INS daterats.

## RESULTAT

| Labbnummer       | Prov    | $\delta^{13}\text{C}_{\text{‰}}$ V-PDB | $^{14}\text{C}$ ålder BP |
|------------------|---------|----------------------------------------|--------------------------|
| <b>träkol</b>    |         |                                        |                          |
| Ua-83747         | 3178705 | -24,6                                  | 2 733 ± 30               |
| Ua-83748         | 3178714 | -25,8                                  | 2 684 ± 30               |
| Ua-83749         | 3178717 | -24,0                                  | 2 737 ± 30               |
| Ua-83750         | 3179041 | -26,5                                  | 2 823 ± 31               |
| Ua-83751         | 3179042 | -25,7                                  | 2 865 ± 30               |
| Ua-83752         | 3179526 | -24,9                                  | 2 754 ± 30               |
| Ua-83753         | 3179527 | -25,0                                  | 2 731 ± 30               |
| Ua-83754         | 3179528 | -24,6                                  | 2 685 ± 30               |
| Ua-83755         | 3179539 | -28,7                                  | 2 785 ± 30               |
| <b>matskorpa</b> |         |                                        |                          |
| Ua-83756         | 3221158 | -32,3                                  | 2 773 ± 31               |
| Ua-83757         | 3221159 | -23,6                                  | 2 840 ± 31               |

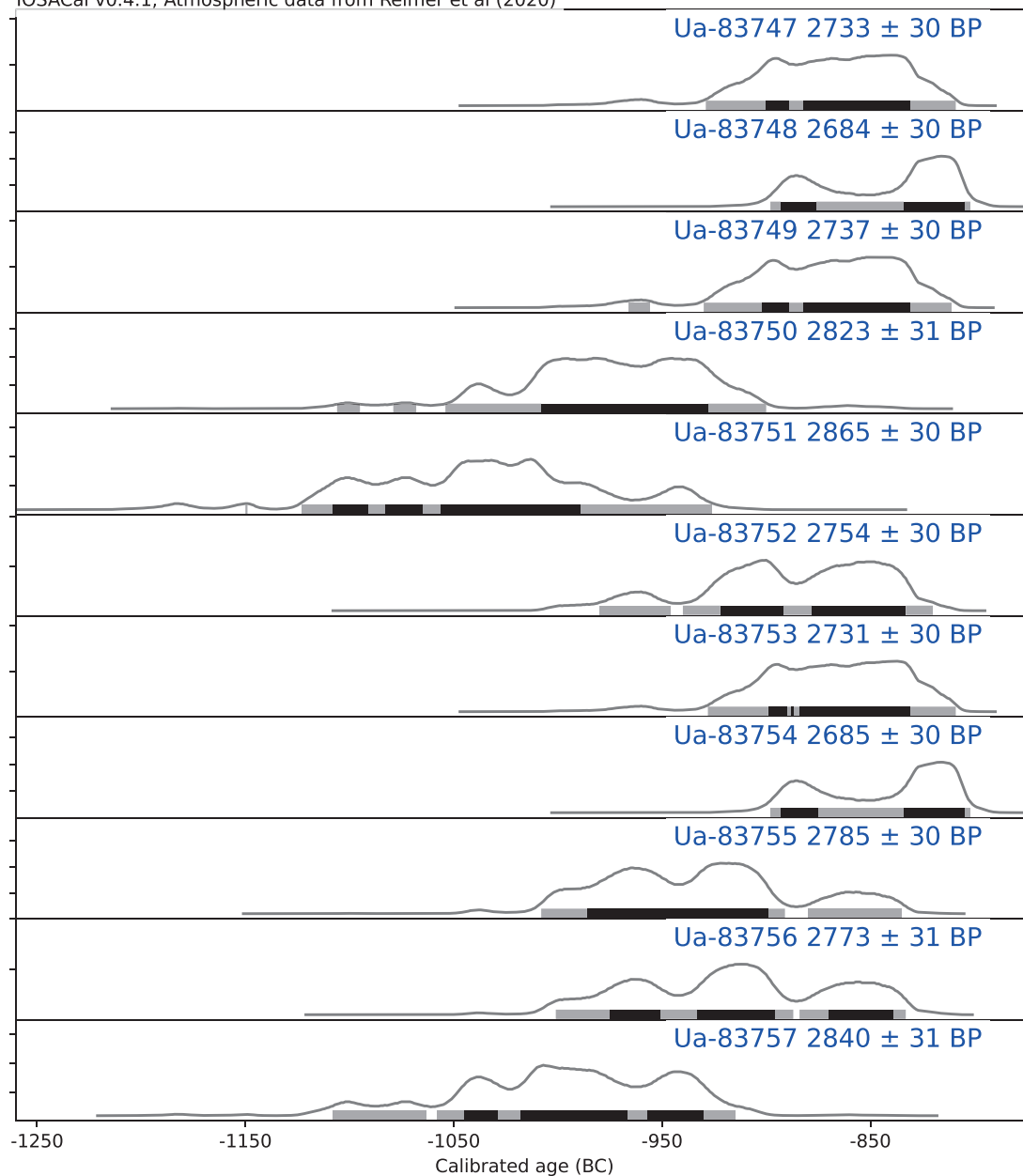
Med vänliga hälsningar

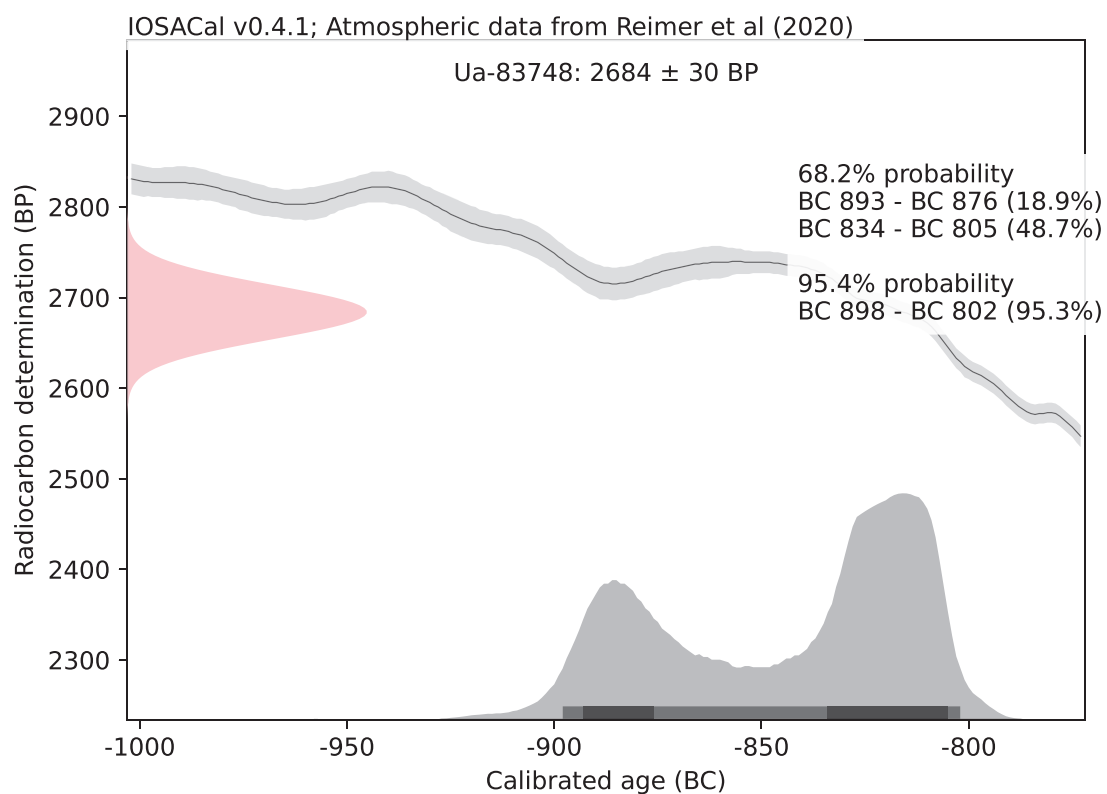
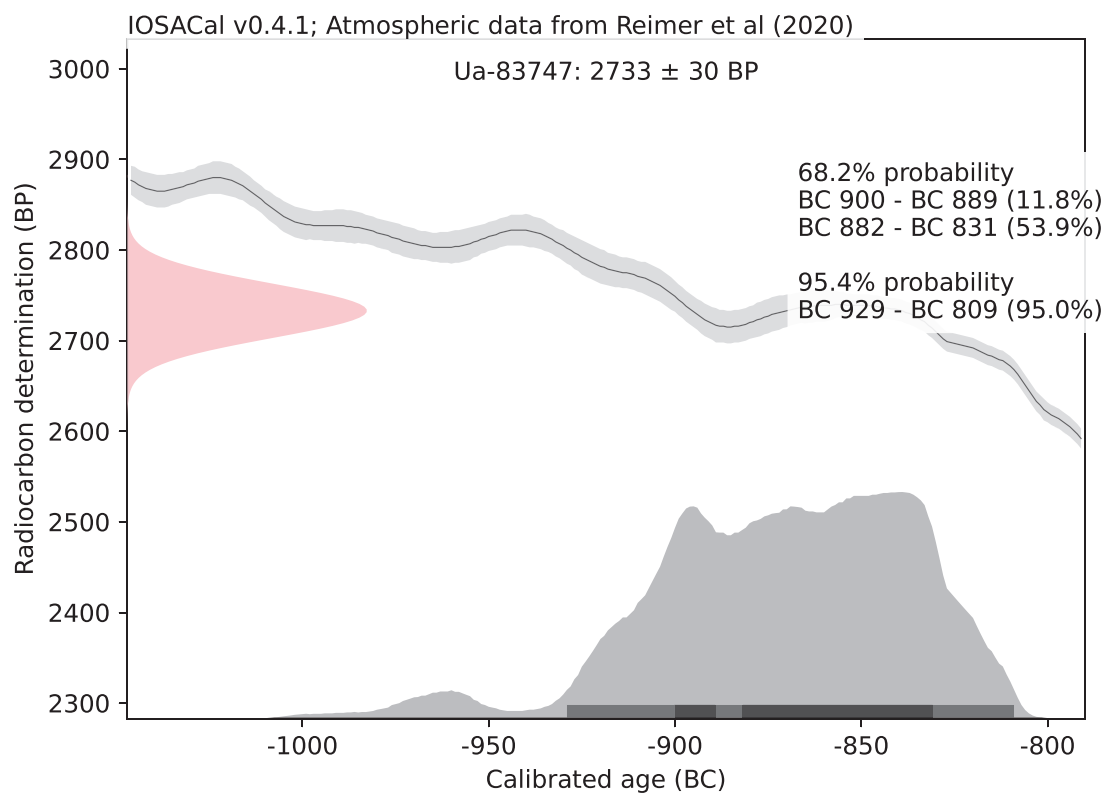
**Melanie** Melanie Mucke  
**Mucke** 2024.07.15  
 08:06:43 +02'00'

Melanie Mucke/Daniel Primetzhofer

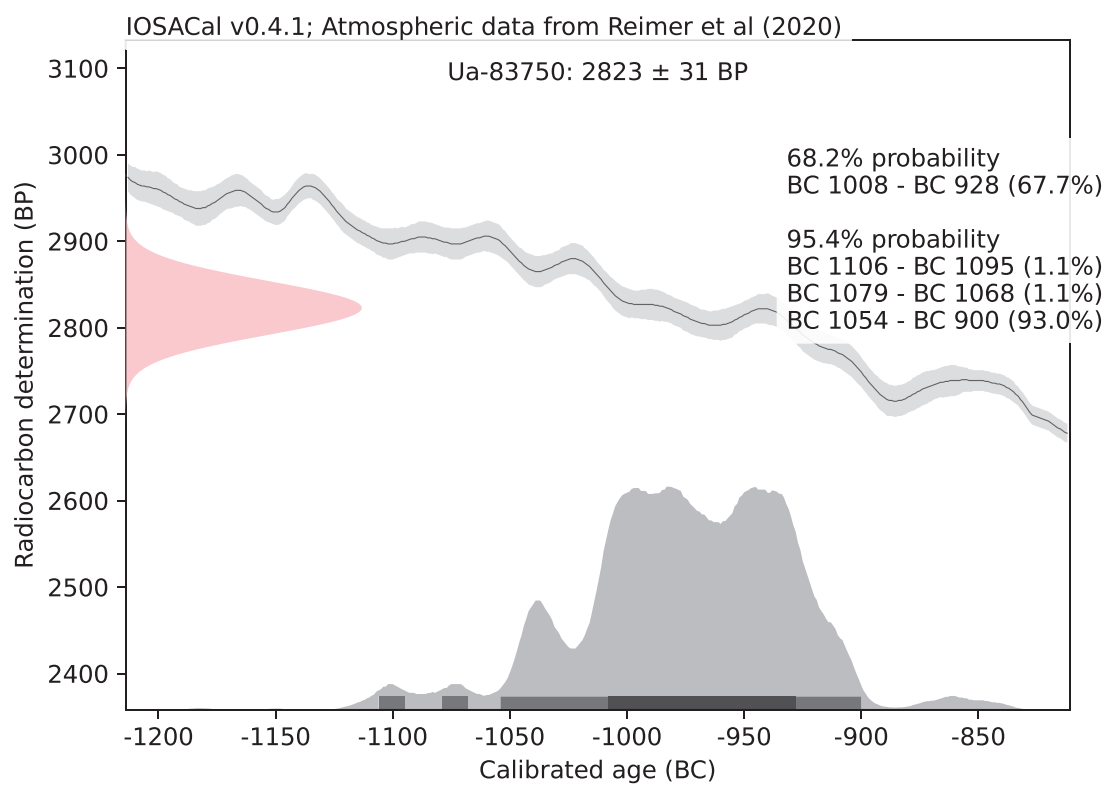
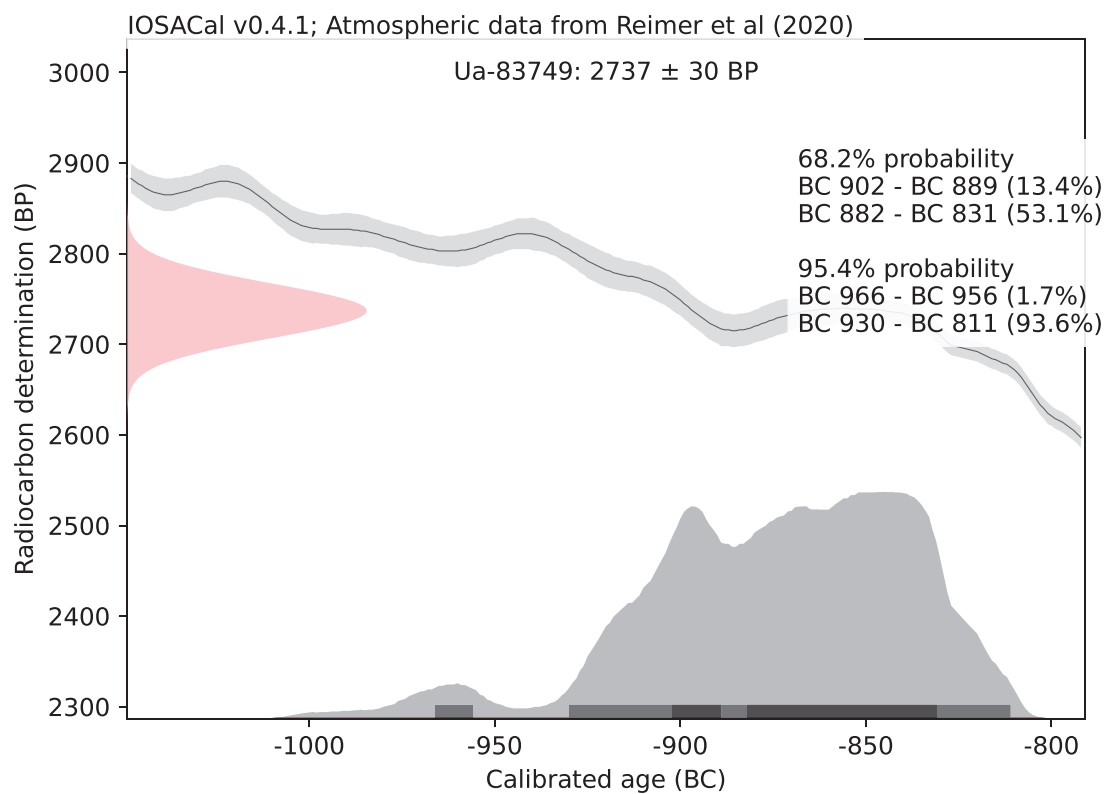
## Kalibreringskurvor

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

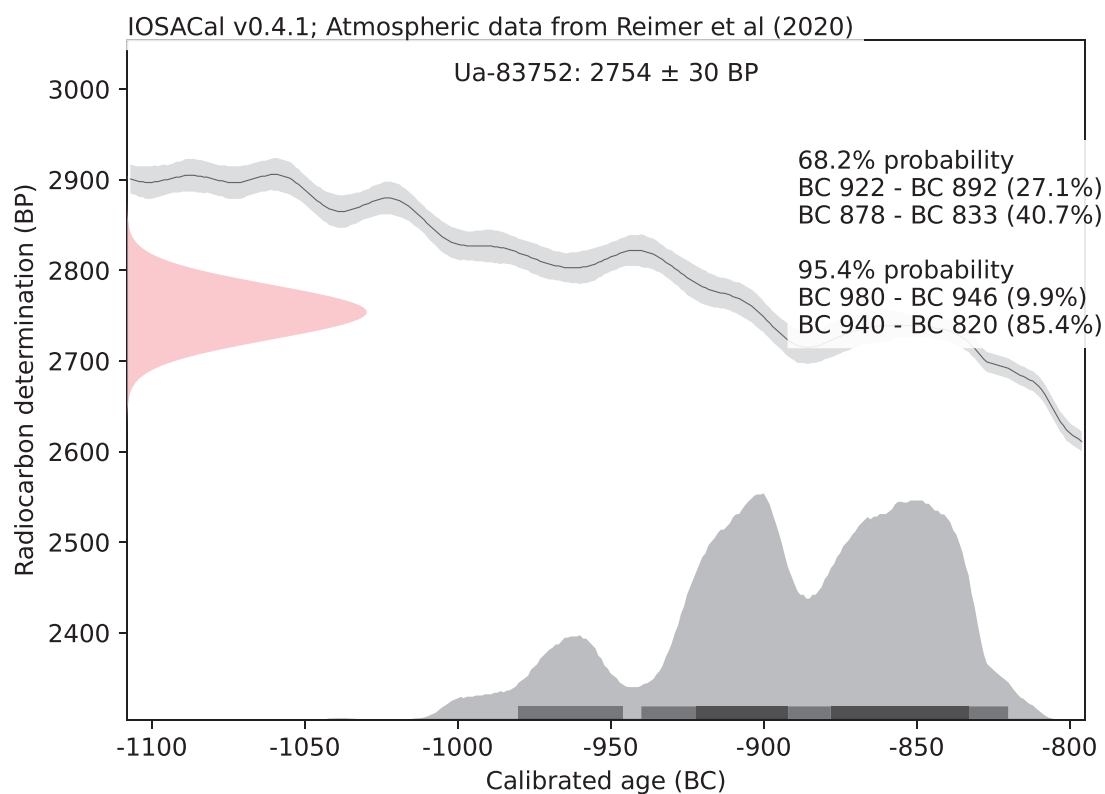
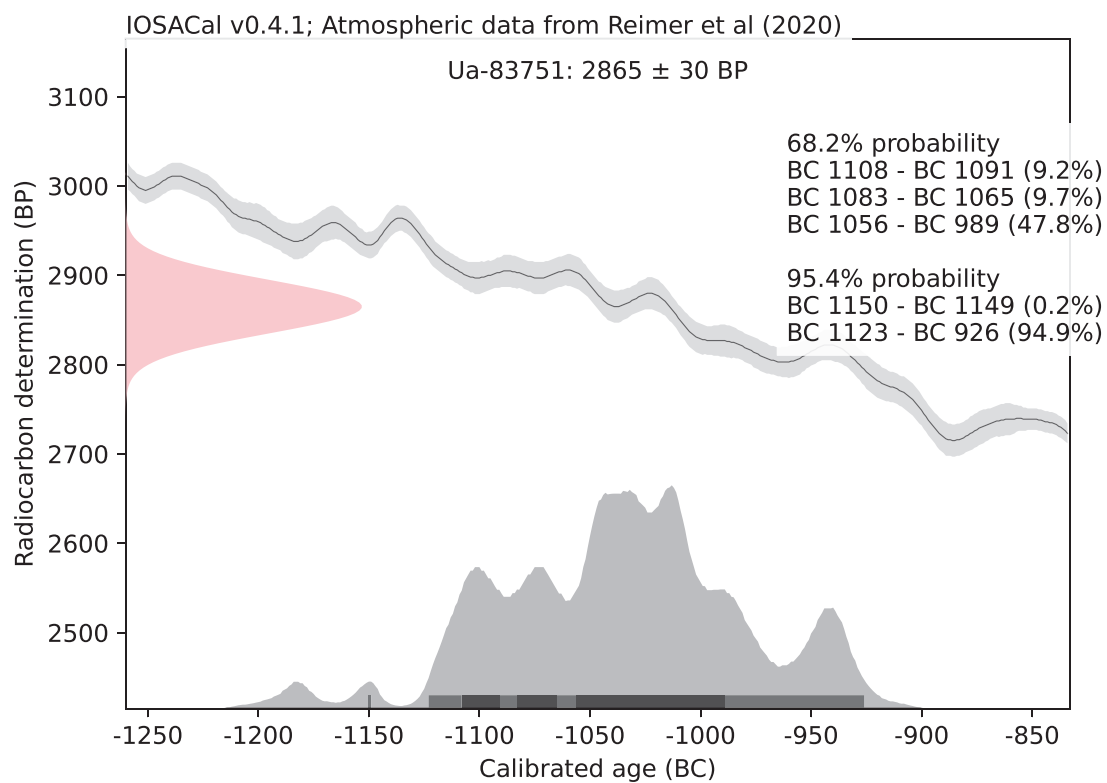




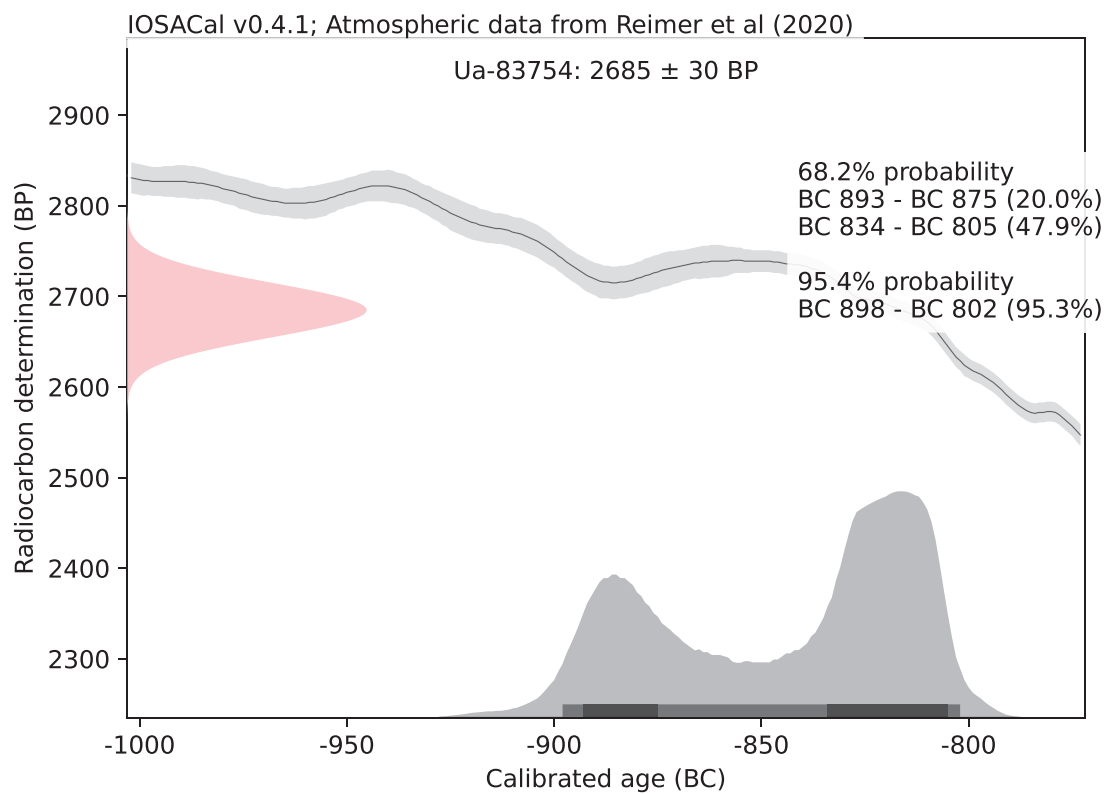
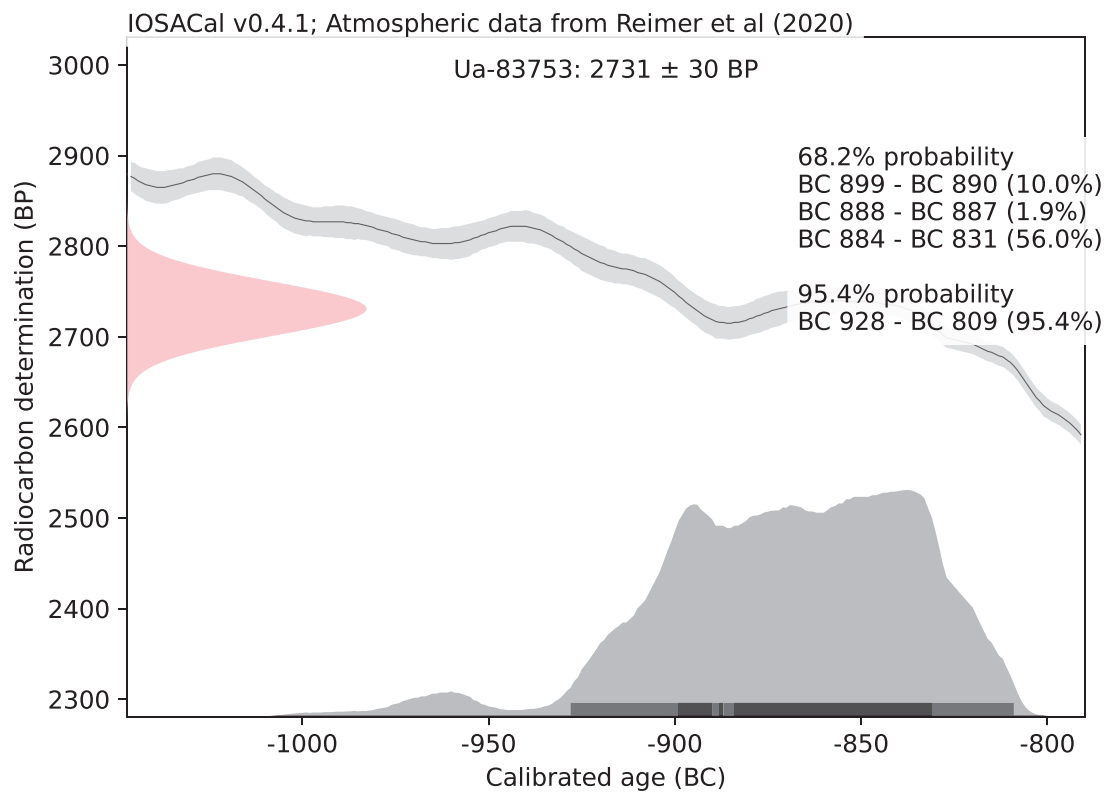
4/9

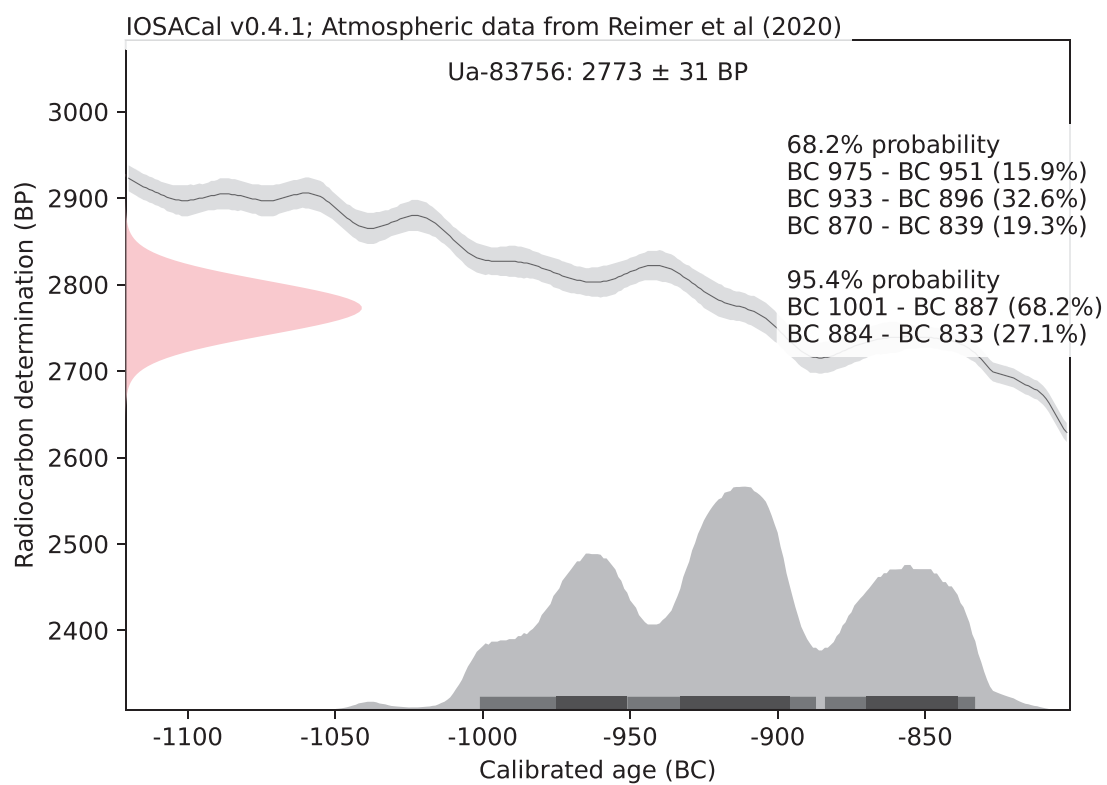
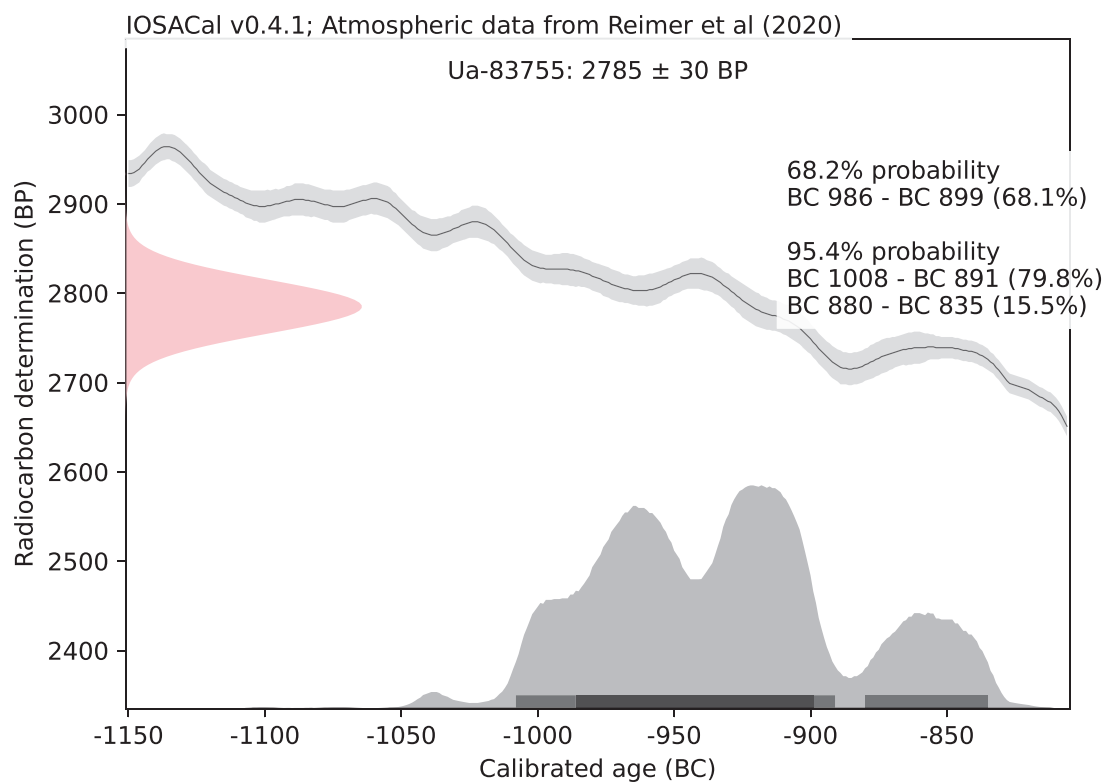


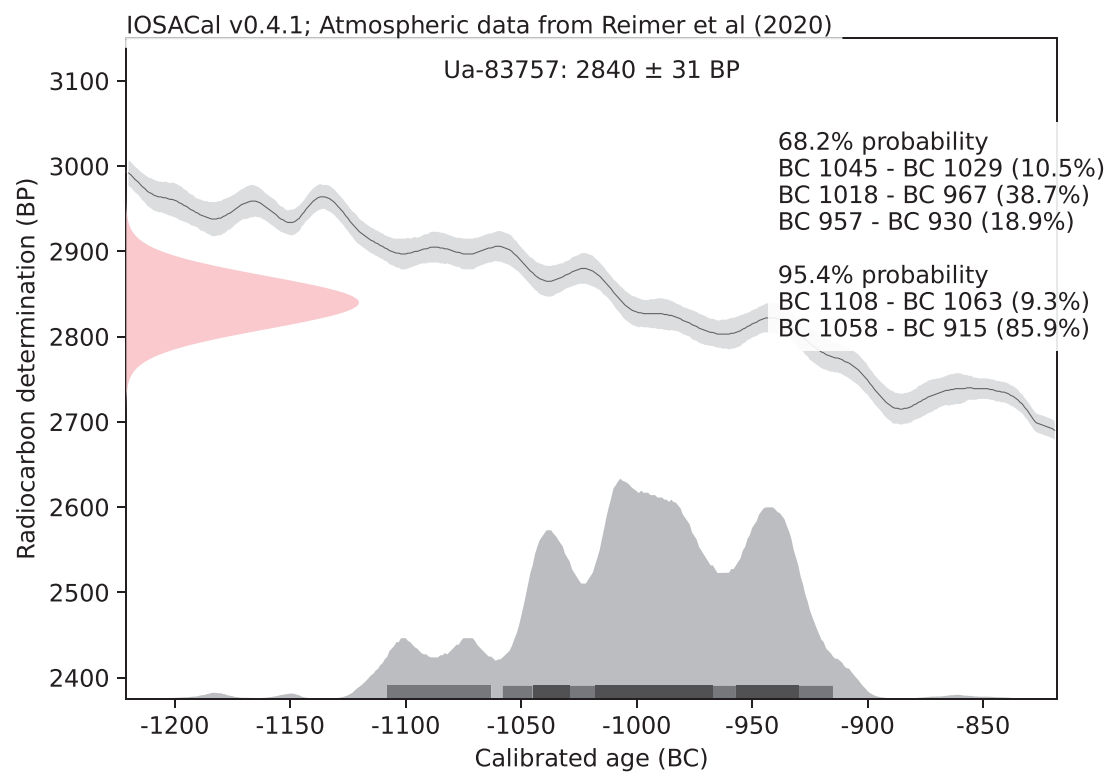
5/9



6/9







## Bilaga 5. Fyndlista över fynd tillvaratagna vid undersökningen 1969–71

| Bild                                                                                | Status                 | Sakord               | FID     | Antal | Material   | Dimension<br>enhet        | Dimen-<br>sioner | Beskrivning                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------|---------|-------|------------|---------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Från undersök. 1969–71 | Ugnsfoder Lerklining | 3178700 | 1     | Bränd lera | Vikt                      | 1730             | bränd och sintrad lera från ugn A42. Från lager 1–2                                                                                                                          |
|    | Från undersök. 1969–71 | Ugnsfoder Lerklining | 3178701 | 1     | Bränd lera | Vikt                      | 970              | sintrade och brända lerfragment och lerskivor från toppen av ugn. Lager 2. Fragment 3233386 utlockade under 3178702 för OSL-analys                                           |
|  | Från undersök. 1969–71 | Ugnsfoder Lerklining | 3178702 | 1     | Bränd lera | Vikt                      | 1500             | sintrad och bränd lera från toppen av A42. Inplockad år 1971. sintrade plattor och större fragment med vidjeavtryck. Fragment 3233389 utlockade under 3178702 för OSL-analys |
|  | Från undersök. 1969–71 | Ugnsfoder Lerklining | 3233386 | 1     | Bränd lera | Vikt<br>Längd<br>Tjocklek | 172<br>117<br>33 | bränd och sintrad lera från ugn A42. Från lager 1–2. Sintrad utsida. Utvalt för OSL-analys 2024 ur 3178799                                                                   |
|  | Från undersök. 1969–71 | Ugnsfoder Lerklining | 3233388 | 1     | Bränd lera | Vikt<br>Längd<br>Tjocklek | 78.6<br>63<br>37 | bränd lerklining med tydligt vidjeavtryck. lätt sintring. Från toppen av ugn. Lager 2. Utvalt ur 3178701 för OSL-analys                                                      |
|  | Från undersök. 1969–71 | Ugnsfoder Lerklining | 3233389 | 1     | Bränd lera | Vikt<br>Längd             | 86.5<br>53       | 2 fragment av sintrad och bränd lera från toppen av A42. Inplockad år 1971. saknar vidjeavtryck. Utplock ur 3178702 för OSL-analys                                           |

| Bild                                                                              | Status                   | Sakord | FID        | Antal | Material                | Dimension<br>enhet     | Dimen-<br>sioner   | Beskrivning                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------|------------|-------|-------------------------|------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                   | Från undersök. 1969–71   | Ben    | 562061_HST |       | Ben bränt               | Vikt                   | 53                 |                                                                                                                                                   |
|                                                                                   | Från undersök. 1969–71   | Ben    | 562107_HST |       | Ben bränt               | Vikt                   | 27                 |                                                                                                                                                   |
|  | Undersökt och destruerad | Ugn    | 46147_HST  | 1     | Bergart jord Bränd lera | Längd<br>Bredd<br>Höjd | 1.32<br>0.9<br>0.4 | Intaget preparat i trälåda av anläggning/ugn. I gips och träspån. I ytan skärersten och bränd lera. A42. Undersökt av Upplandsmuseet och SHM 2023 |

## Bilaga 6. Fyndlista över fynd och prover tillvaratagna vid undersökningen 2023

| Bild                                                                                | Sakord               | FID     | Antal | Material   | Dimension<br>enhet | Dimensioner | Beskrivning                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------|-------|------------|--------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Bryne                | 3178699 | 1     | Bergart    | Längd              | 47          | möjligt bryne. lätt skörbränd. en sida något polerad                                                                  |
|                                                                                     | Jordprov             | 3178703 | 1     | jordprov   |                    |             | prov av fyllning av röd, bränd pulveriserad lera, mindre fragment av sintrad lera. Från undersökning år 2023. Lager 2 |
|                                                                                     | Ugnsfoder Lerklining | 3178704 | 1     | Bränd lera | Vikt               | 48          | bränd och sintrad lera. lerklining och lerskivor. Från undersökning år 2023. Från ruta F7                             |
|                                                                                     | kolprov              | 3178705 | 1     | Träkol     | Vikt               | 1           | träkol taget i A42, ruta F8-F9, Lager 4. Undersökning år 2023. 14C-datering Ua-83747                                  |
|  | Ugnsfoder Lerklining | 3178706 | 1     | Bränd lera | Vikt               | 230         | sintrad och bränd lera från undersökning år 2023. A42, östra delen. Ruta A-D/6–12. Lager 1                            |
|  | Ugnsfoder Lerklining | 3178707 | 1     | Bränd lera | Vikt               | 290         | sintrad och bränd lera från undersökning år 2023. Lager 4 A42. Sintrade skivor. XRF-analys                            |
|                                                                                     | Ugnsfoder Lerklining | 3178708 | 1     | Bränd lera | Vikt               | 290         | sintrad och bränd lera från undersökning år 2023. från lager 1                                                        |

| Bild                                                                              | Sakord                  | FID     | Antal | Material      | Dimension<br>enhet | Dimensioner | Beskrivning                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------|-------|---------------|--------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Ugnsfoder<br>Lerklining | 3178710 | 1     | Bränd<br>lera | Vikt               | 48          | sintrad och bränd<br>lera från<br>undersökning år<br>2023. Ruta G9, lager<br>4. Sintrade skivor<br>och lerklining med<br>vidjeintryck |
|                                                                                   | Ugnsfoder<br>Lerklining | 3178711 | 1     | Bränd<br>lera | Vikt               | 15          | sintrad och bränd<br>lera från<br>undersökning år<br>2023. Sintrade<br>skivor, i lager 5                                              |
|                                                                                   | Ugnsfoder<br>Lerklining | 3178712 | 1     | Bränd<br>lera | Vikt               | 16          | sintrad och bränd<br>lera från<br>undersökning år<br>2023. sintrade<br>skivor från lager 5.                                           |
|                                                                                   | Lerklining<br>Ugnsfoder | 3178713 | 1     | Bränd<br>lera | Vikt               | 9           | sintrad och bränd<br>lera från<br>undersökning år<br>2023. sintrade<br>skivor                                                         |
|                                                                                   | kolprov                 | 3178714 | 1     | Träkol        | Vikt               | 1           | kolprov från<br>undersökning år<br>2023. kolprov från<br>ruta C7 i lager 3.<br>14C-datering Ua-<br>83748                              |
|                                                                                   | Jordprov                | 3178715 | 1     | jord          |                    |             | sintrad och bränd<br>lera från<br>undersökning år<br>2023. Miljöprov från<br>lager 5, ruta F-E/9                                      |
|                                                                                   | bränt ben               | 3178716 | 1     | Ben<br>bränt  | Vikt               | 1           | små brända ben?                                                                                                                       |
|                                                                                   | kolprov                 | 3178717 | 1     | Träkol        | Vikt               | 1           | kolprov från<br>undersökning år<br>2023. Ruta F9 lager<br>5. 14C-datering Ua-<br>83749                                                |
|                                                                                   | kolprov                 | 3178718 | 1     | Träkol        | Vikt               | 1           | Undersökning år<br>2023. Kol ur ruta G9<br>Lager 1                                                                                    |
|                                                                                   | kolprov                 | 3179526 | 1     | Träkol        | Vikt               | 2           | Kolprov från<br>undersökning år<br>2023. Lager 3 ruta                                                                                 |

| Bild                                                                                | Sakord               | FID     | Antal | Material   | Dimension<br>enhet | Dimensioner | Beskrivning                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------|-------|------------|--------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     |                      |         |       |            |                    |             | F8. A42. 14C-datering Ua-83752                                                    |
|                                                                                     | kolprov              | 3179527 | 1     | Träkol     | Vikt               | 1           | kolprov från A42 vid undersökning år 2023. ruta E9 lager 4. 14C-datering Ua-83753 |
|                                                                                     | kolprov              | 3179528 | 1     | Träkol     | Vikt               | 1           | kolprov från A42 vid undersökning år 2023. ruta G9 Lager 4. 14C-datering Ua-83754 |
|                                                                                     | Ugnsfoder Lerklining | 3179529 | 1     | Bränd lera | Vikt               | 60          | undersökning år 2023. botten av anläggning. lager 6.                              |
|                                                                                     | Ugnsfoder Lerklining | 3179530 | 1     | Bränd lera | Vikt               | 9           | undersökning år 2023. ruta F3-8 lager 4                                           |
|  | Ugnsfoder Lerklining | 3179531 | 1     | Bränd lera | Vikt               | 184         | undersökning år 2023. Lager 3                                                     |
|  | Ugnsfoder Lerklining | 3179532 | 1     | Bränd lera | Vikt               | 282         | undersökning år 2023. sintrade skivor och lerklining. lager 3                     |
|                                                                                     | Ugnsfoder Lerklining | 3179533 | 1     | Bränd lera | Vikt               | 575         | undersökning år 2023. lager 2                                                     |

| Bild                                                                                | Sakord                  | FID       | Antal | Material                         | Dimension<br>enhet        | Dimensioner        | Beskrivning                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------|-------|----------------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                         |           |       |                                  |                           |                    |                                                                                                                                                                          |
|    | Ugnsfoder<br>Lerklining | 3179534   | 1     | Bränd<br>lera                    | Vikt                      | 630                | undersökning år<br>2023.                                                                                                                                                 |
|                                                                                     | Ugnsfoder<br>Lerklining | 3179535   | 1     | Bränd<br>lera                    | Vikt                      | 87                 | undersökning år<br>2023.                                                                                                                                                 |
|    | Ugnsfoder<br>Lerklining | 3233390   | 1     | Bränd<br>lera                    | Vikt<br>Längd<br>Tjocklek | 31.8<br>51<br>23   | sintrad och bränd<br>lera från<br>undersökning år<br>2023. Lager 4 A42.<br>Utvalt för analys ur<br>3178707                                                               |
|  | Ugnsfoder<br>Lerklining | 3233392   | 1     | Bränd<br>lera                    | Vikt<br>Längd<br>Tjocklek | 128.6<br>67<br>60  | Lerklining från<br>undersökning år<br>2023. Möjligen<br>gräsavtryck på en<br>sida. utplock ur<br>3179534 för analys                                                      |
|  | Ugnspreparat            | 46147_HST | 1     | Bergart<br>jord<br>Bränd<br>lera | Längd<br>Bredd<br>Höjd    | 1.32<br>0.9<br>0.4 | Intaget preparat i<br>trälåda av<br>anläggning/ugn. I<br>gips och träspån. I<br>ytan skärvsten och<br>bränd lera. A42.<br>Undersökt av<br>Upplandsmuseet<br>och SHM 2023 |

# Bilaga 7. OSL dating report – Hallunda, av Amber Hood, Lund Luminescence Laboratory, Geologiska Institutionen, Lunds universitet



Lund Luminescence Laboratory  
Department of Geology  
Lund University

## OSL dating report – Hallunda

Submitter: Thomas Eriksson

### Age summary

The polymineral OSL age determinations of the seven sintered clay samples are presented below in Table 1.

*Table 1. Summary of results. Age determined by using the measured external dose rate and the weighted mean of the equivalent dose measurements, using the central age model. n = number of aliquots, w.c. = water content.*

| Lab no. |          | Mean age           |           | Dose         | n          | Dose rate   | w.c.   |
|---------|----------|--------------------|-----------|--------------|------------|-------------|--------|
| Lund    | Your no. | (years since 2025) | Age (BCE) | (Gy)         | acc./total | (Gy/ka)     | (%)    |
| 24066   | 3233385  | 2788 ± 72          | 837–694   | 18.43 ± 0.35 | 5/6        | 6.61 ± 0.11 | 10 ± 5 |
| 24067   | 3233386  | 2333 ± 82          | 392–229   | 13.79 ± 0.41 | 5/6        | 5.91 ± 0.11 | 10 ± 5 |
| 24068   | 3233388  | 2842 ± 127         | 946–691   | 16.84 ± 0.7  | 6/6        | 5.93 ± 0.10 | 10 ± 5 |
| 24069   | 3233389  | 4406 ± 305         | 2688–2077 | 27.47 ± 1.84 | 5/6        | 6.24 ± 0.11 | 10 ± 5 |
| 24070   | 3233390  | 2542 ± 132         | 651–387   | 15.38 ± 0.75 | 6/6        | 6.05 ± 0.11 | 10 ± 5 |
| 24071   | 3233391  | 2254 ± 85          | 316–146   | 13.42 ± 0.44 | 6/6        | 5.95 ± 0.11 | 10 ± 5 |
| 24072   | 3233392  | 2601 ± 104         | 682–473   | 16.75 ± 0.6  | 5/6        | 6.44 ± 0.11 | 10 ± 5 |

Lund, 2025-03-03

A handwritten signature in black ink.

Amber Hood  
Lund Luminescence Laboratory

## Sample preparation

Owing to the nature of the sintered clay material from which the samples were derived, it was determined that standard laboratory sample preparations were not suitable; the material was not able to withstand the aggressive acid treatments standardly used in OSL coarse grain sample preparation (i.e. HCl and HF acids). The quantity of material that would have been needed to carry out standard sample preparation would have meant excessive sampling, and thus to uphold the integrity of the samples (given that they are from museum contexts), it was decided that an untreated polymineral fine grain fraction would be used for analysis, with a grain size fraction of 4-11  $\mu\text{m}$ . Table 2 provides general information for all samples.

Table 2. Sample information. PM=polymineral.

| Lab no.  |          |              | Altitude |               | Grain size        |         |
|----------|----------|--------------|----------|---------------|-------------------|---------|
| Lund     | Site     | Your no.     | (m asl)  | Depth (m)     | ( $\mu\text{m}$ ) | Mineral |
| 24066–72 | Hallunda | See Table 1. | ~30      | 0.2 $\pm$ 0.1 | 4-11              | PM      |

## Dose rate and water content

The environmental/external dose rate was determined by measurements carried out directly on the sintered clay samples, Lund Luminescence Laboratory's in-house  $\mu\text{Dose}$  system (Tudyka et al. 2018, 2023). A full account of the data used to determine the external dose rate measurements can be provided upon request.

External dose rate calculation with different water-content values can also be done on request, if the hydrogeological circumstances suggest other conditions. Using higher water contents would lead to older ages, and vice versa. We recommend carrying out a broader study on the external dose rate calculations, particularly concerning water content prior to publication of results owing to the significant impact water content has on the age determinations of the samples. We would not recommend that the results be published prior to such a study, unless presented in a preliminary manner with a note that these results may be further impacted by additional data.

## Dose

### Measurement

Fine grain aliquots of 4-11  $\mu\text{m}$  polymineral grains were analysed in a Risø TL/OSL reader model DA-20 (Bøtter-Jensen *et al.* 2010). A post-IR<sub>50</sub>IRSL<sub>290</sub> Single Aliquot Regeneration (SAR) protocol suitable for a polymineral fine grain fraction dominated by a feldspar component were used (Buylaert *et al.*, 2011; Thiel *et al.*, 2011), with pre-heat of 320°C and detection through a combination of Corning 7–59 and Schott BG-39 glass filters. The laboratory dose rate was ~0.17 Gy/s. Full explanation of settings for SAR-protocols can be provided upon request.

### Discussion

The minerals have clear luminescence sensitivity and respond well to given laboratory doses, which shows that they are suitable for feldspar dating.

### Dose calculation

Doses were calculated in the Risø Analyst 4.57 software with exponential curve fitting. Aliquots were accepted if they had a test dose error of <10%, a recycling ratio within 10% of unity and recuperation <5% of the natural. All aliquots were accepted for palaeodose analysis if these criteria were met; outliers according to the 1.5 interquartile range were identified and rejected.

### Statistic treatment of dose distributions

Doses for age calculation were calculated using the central age model (Galbraith et al. 1999; Burow 2023).

### Age determination

Additional factors considered during the age determination can be provided on request.

## References

- Burow, C., 2023. `calc_CentralDose()`: Apply the central age model (CAM) after Galbraith et al. (1999) to a given De distribution. Function version 1.4.1, in: Kreutzer, S., Burow, C., Dietze, M., Fuchs, M.C., Schmidt, C., Fischer, M., Friedrich, J., Mercier, N., Philippe, A., Riedesel, S., Autzen, M., Mittelstrass, D., Gray, H.J., Galharret, J. (Eds.), *Luminescence: Comprehensive Luminescence Dating Data Analysis*. R package version 0.9.23, Function version 1.4.1. ed, <https://CRAN.R-project.org/package=Luminescence>.
- Buylaert, J.P., Thiel, C., Murray, A.S., Vandenberghe, D.A.G., Yi, S., Lu, H., 2011. IRSL and post-IR IRSL residual doses recorded in modern dust samples from the chinese loess plateau. *Geochronometria* 38, 432-440. 10.2478/s13386-011-0047-0
- Bøtter-Jensen, L., Thomsen, K. J. & Jain, M. 2010: Review of optically stimulated luminescence (OSL) instrumental developments for retrospective dosimetry. *Radiation Measurements* 45, 253-257.
- Galbraith, R.F., Roberts, R.G., Laslett, G.M., Yoshida, H., Olley, J.M., 1999. Optical dating of single and multiple grains of quartz from Jinmium rock shelter, northern Australia. Part I: experimental design and statistical models. *Archaeometry* 41, 339-364. 10.1111/j.1475-4754.1999.tb00987.x
- Thiel, C., Buylaert, J.-P., Murray, A., Terhorst, B., Hofer, I., Tsukamoto, S., Frechen, M., 2011. Luminescence dating of the Stratzing loess profile (Austria) - Testing the potential of an elevated temperature post-IR IRSL protocol. *Quaternary International* 234, 23-31. 10.1016/j.quaint.2010.05.018
- Tudyka, K., Miłosz, S., Adamiec, G., Bluszcz, A., Poręba, G., Paszkowski, Ł., Kolarczyk, A., 2018.  $\mu$ Dose: A compact system for environmental radioactivity and dose rate measurement. *Radiation Measurements* 118, 8-13. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2018.07.016>
- Tudyka, K., Koruszowicz, M., Osadnik, R., Adamiec, G., Moska, P., Szymak, A., Bluszcz, A., Zhang, J., Kolb, T., Poręba, G., 2023.  $\mu$ Rate: An online dose rate calculator for trapped charge dating. *Archaeometry* 65, 423-443. <https://doi.org/10.1111/arcm.12828>

*The work leading up to the results presented in this report has been carried out by:*

Amber Hood, Helena Alexanderson and Zoran Perić, Lund Luminescence Laboratory (sample preparation, measurement, analysis, compilation)