



Riksantikvarieämbetet
Avdelningen för arkeologiska undersökningar

UV UPPSALA RAPPORT 2009:17

GEOARKEOLOGISK UNDERSÖKNING

Smidet vid Smedjegatan

Analyser av slagger och ^{14}C -datering av smidet

Västmanland, Västerås stad, Vasagatan

Lena Grandin, med bidrag av Ulf Strucke



UV UPPSALA RAPPORT 2009:17

GEOARKEOLOGISK UNDERSÖKNING

Smidet vid Smedjegatan

Analyser av slagger och ^{14}C -datering av smidet

Västmanland, Västerås stad, Vasagatan

Lena Grandin, med bidrag av Ulf Strucke



Riksantikvarieämbetet
Avdelningen för arkeologiska undersökningar



Riksantikvarieämbetet

Avdelningen för arkeologiska undersökningar

UV Uppsala

Portalgatan 2A

754 23 Uppsala

Växel: 010-480 80 30

Fax: 010-480 80 47

e-post: uvupsala@raa.se

e-post: fornamn.efternamn@raa.se

www.arkeologiuv.se

Innehåll

Sammanfattning	7
Abstract	8
Inledning.....	9
Uppdrag	9
Bakgrund.....	9
Material och metod.....	10
Ett kontinuerligt analysarbete i flera steg	10
Okulär klassificering och specialregistrering	10
Analyser av slagger och järn.....	11
Petrografiska analyser	11
Metallografiska analyser	11
Totalkemiska analyser	12
Urval av material för datering	12
Vedartsanalyser av kol från slagger	12
Datering av kol från slagger	12
Allmänt om slagger från järnframställning och smide	12
Järnframställning.....	12
Smide	13
Resultat	13
Slaggerna i översikt	14
Provurval ur flera slaggtypen	20
Petrografiska analyser	20
Metallografiska analyser	33
Homogen slagg med järnkoncentration	34
Homogen slagg	35
Komplexa slagger	36
Fyndposter med annat material	36
Kemiska analyser.....	37
Analysbakgrund	37
Analysresultat	37
Kol i slagg, vedart och datering.....	52
Utplockning av kolstycken.....	52
Vedartsanalys	53
Datering	53
Sammanfattning och utvärdering	53
Järnsmide	53
Okulärt homogena slagger med och utan järn	54
Komplexa slagger	54
Annat material.....	55
Metaller	55
Tidpunkt för smidet	55
Var och hur tillverkades järnet som smiddes vid Smedjegatan?	56

Referenser	58
Administrativa uppgifter	59
Bilagor	60
Bilaga 1. Vedartsanalys utförd av Ulf Strucke, RAÄ UV Mitt.	60
Bilaga 2. Resultat från datering av Fnr 50 och Fnr 54. Resultatprotokoll och kalibrering från Ångströmlaboratoriet.	62
Bilaga 3. Slagg i Smedjegatan. Huvudfaser och datering. Av Ulla Bergquist.	64
Referenser	64
Figurer	69
Tabellförteckning	71

Sammanfattning

Geoarkeologiskt Laboratorium (GAL) vid Riksantikvarieämbetet UV Uppsala har analyserat ett mindre urval av slagger från Västerås. Slaggerna kommer från medeltida lager i en arkeologisk undersökning i korsningen mellan Vasagatan och Smedjegatan. Uppdraget omfattade frågor kring vilken process som slaggen i de medeltida lagren i området representerar, om det är möjligt att uttala sig om verksamhetens äldsta respektive yngsta datering, samt om det går att säga något om malmens ursprung. Resultaten från den nu genomförda undersökningen ligger till grund för fortsatta diskussioner kring vilken roll smederna i Västerås hade i produktionskedjan och smidets relation till Bergslagen.

Kolprover som plockades ut ur slagger från flera lager daterades och visade att slaggerna är i det närmaste samtida, från 1260/1270–1400.

Materialet som analyserades kommer entydigt från smide. Såväl karaktäristiska smidesskällor med plankonvexa former som mer oregelbundna slagger finns bland fyndposterna. Förekomsten av metalliskt järn i slaggerna var oväntat litet. De få koncentrationer som fanns analyserades och resultaten visar att såväl mjukt järn som stål fanns representerat. Med utgångspunkt i detta ringa material är det inte möjligt att dra några slutsatser om vilket järn som smederna har bearbetat och därmed inte heller vilken typ av produktion det har rört sig om, eller vad utgångsmaterialet var. Med hjälp av förekomst av sand i slaggerna finns det dock indikationer på att vällning, möjligen av järn och stål av olika sammansättningar har skett.

Slaggernas kemiska sammansättning bestämdes för att pröva om det var möjligt att hitta var järnet som smiddes i Västerås hade tillverkats. Alla analyserade slagger från Smedjegatan är i stora drag mycket lika vilket innebär att det är rimligt att dra slutsatsen att järnet som smederna har bearbetat är tillverkat på samma plats, men det är osäkrare var denna låg. För att kunna spåra ursprunget krävs ett jämförelsematerial där såväl huvudämnen som spårämnen ingår i analyserna. Referensslagger och malmer med analyserade huvudämnen är vanligare än sådana som också täcker in de mer lokalt specifika spårämnena. Genom att stegvis jämföra möjliga områden och innehåll av huvudämnen som mangan och magnesium och därefter spårämnena, kunde några områden ses som möjliga leverantörer. Eftersom det finns skriftliga belägg för kontakter mellan Västerås och Norberg granskades en del slagger och malmer därifrån. De flesta malmerna har dock endast analyserats med avseende på huvudämnen varför detaljerade jämförelser inte medges, men ett antal gruvområden i Norbergs socken och i Västanfors socken är värda att titta närmare på ur ett kemiskt perspektiv. Även några bergmalmer från Skinnskattebergs socken uppvisar en del drag som liknar slaggerna från Smedjegatan. Från Skinnskattebergs socken finns också stöd att få i mer detaljerade analyser av limonitmalmer vilka indirekt speglar områdets kemiska sammansättning. Såväl dessa rödjordar som slagger från äldre järnålderns lokala blästbruk ger indikationer på att detta område är intressant som ursprungsregion för järnet som smiddes vid Smedjegatan i Västerås.

Abstract

A small selection of slag samples from Medieval phases of the town Västerås have been analysed. The slags were recovered in layers during an archaeological excavation in the crossing of the streets *Vasagatan* and *Smedjegatan* (Smithing street) during 1993. Within the project “Kristnande och urbanisering i mellersta Mälardalen – Västerås medeltid” run by Ulla Bergquist, the slags again came in focus. Archaeometallographic analyses comprising metallographic studies of iron, petrographic and elemental analyses of slags and radiocarbon dating of entrapped charcoal pieces, were performed. The aim was to establish when the smiting took place, if more details regarding the smithing process and techniques could be determined and whether it is possible to provenance the iron by analysing the slag.

The charcoal that were selected for radiocarbon dating was hazel and pine. One is from the lowest part in the stratigraphy, the other one from the uppermost layer. The dating results indicate a more or less contemporary activity, within the period 1260/1270 – 1400 AD.

All the analysed material is debris from smithing. Characteristic plano-convex smithing slags as well as more irregular slag pieces are present. However, metallic iron is scarce. Only a few inclusions have been observed. Among these soft ferritic iron as well as steel with various carbon content have been documented. From this very limited material it is unfortunately difficult to make significant conclusions of what product and quality that was available to the smith. Indications of welding iron and steel are however found as quartz-rich sand layers included in a few slags.

Chemical analyses were made on some slags to test if it is possible to provenance the iron that was forged in Västerås. The surrounding region, to the north, has long tradition in iron production. Already during late Bronze Age iron was produced from limonitic ores in bloomery furnaces. During the Medieval Period the blast furnace, using rock ore was introduced. Comparisons were made with available reference data on slags from both these processes and ore types. Previously made analyses were generally restricted to major elements, but more recently, and in this study, also minor and trace elements have been included. By combining these results, some mining fields within *Norbergs* and *Skinnskattebergs bergslager*, seem reasonable as origin for the iron in Västerås, although it is not verified. Most of these reference data lack minor elements, but additional data from the earlier bloomery iron production and corresponding limonitic ores within one of the sites, provide more information that can be related to the current slags from Västerås. Since the written records also indicates relations with or contacts towards these regions, further analyses are suggested to focus on these sites as possible iron suppliers.

Inledning

Uppdrag

Geoarkeologiskt Laboratorium (GAL) vid Riksantikvarieämbetet UV Uppsala har fått uppdrag av Ulla Bergquist att genomföra en undersökning av slagger från Västerås. Slaggerna kommer från medeltida lager i en arkeologisk undersökning i korsningen mellan Vasagatan och Smedjegatan genomförd av Riksantikvarieämbetet Avdelningen för arkeologiska undersökningar under 1993 (Bergquist 2000).

Uppdraget omfattar frågor kring vilken process eller vilka processled som slaggen i de medeltida lagren i området representerar, om det är möjligt att uttala sig om verksamhetens äldsta respektive yngsta datering, och om det går att säga något om malmens ursprung. Resultaten från den nu genomförda undersökningen kan ligga till grund för fortsatta diskussioner kring vilken roll smederna i Västerås hade i produktionskedjan och smidets relation till Bergslagen.

Analyserna har genomförts med hjälp av generös finansiering till Ulla Bergquist från flera fonder. Hon vill rikta ett stort tack till Berit Wallenbergs stiftelse, Helge Ax:son Johnsons stiftelse, Jernkontoret Prytziska fonden nr 1 och Allan Wetterholms stiftelse. Analysen utgör också en del av projektet "Kristnande och urbanisering i mellersta Mälardalen – Västerås medeltid".

Bakgrund

Medeltida städer med hamnar har länge betraktats som utskeppningshamnar och skulle därmed endast ha utgjort en lagringsplats för järnet i väntan på utskeppning eller omlastning. Förekomst av slagger i medeltida städer tyder dock på en mer aktiv roll i järnhanteringen. Huruvida detta var en vidareförädling av införd järnråvara för senare utskeppning och/eller ett smide för tillverkning av föremål för eget lokalt bruk är dock inte helt utrett. Därför är det av vikt att i detalj karaktärisera de smidesslagger som påträffats för att se vilka processled inom smidet de härrör ifrån (primär- och eller sekundärsmide). Vidare är det viktigt att se om några specifika tekniska detaljer har använts i smidet. Därför genomförs nu en arkeometallurgisk undersökning, omfattande okulär granskning av slagger i sin helhet och i delade tvärsnitt, kompletterat med analyser i mikroskop och lämpliga kemiska analyser.

Eftersom slagger har noterats från flera faser i de medeltida lagren är det intressant att undersöka om det finns några skillnader mellan dessa faser och vad de i så fall representerar. Lagren presenteras i bilaga 3 tillsammans med en översikt över det aktuella området och fasindelningar. Eventuella skillnader skulle kunna bero på antingen att järnet har tillverkats med två skilda framställningstekniker, i bläst- eller masugn, eller att järnet har införts i olika förädlingsformer. Frågan om två olika framställningstekniker är intressant eftersom de två teknikerna delvis används parallellt under medeltiden, men att utvecklingen har varit olika i olika regioner. Järnframställning i masugn växte fram från 1100-talets andra hälft och under 1200-talet. Innan dess var det

blästugnstekniken som användes. De två processerna ger upphov till något olika järnprodukter eller ämnesjärn och kräver olika typer av upparbetning. I undersökning av slagger från Sigtuna och Söderköping har järn från framställning i blästugn noterats i tidigt material men en förändring har skett med tiden (Hjärthner-Holdar & Larsson 1997 respektive 1996). För att ta reda på om liknande företeelse finns i Västerås kommer slagger från olika faser att ingå. Ytterligare kunskap om ursprungsprocess och tillverkningsdetaljer fås med fördel från järn, antingen föremål eller avfall. Det senare är ofta ett vanligt inslag i eller tillsammans med slagger. Om metall påträffas i materialet kommer även detta analyseras.

En teknikförändring från blästugn till masugn är vanligen kopplad till att limonitmalmer ersätts av bergmalmer som råvara. Vi ska dock komma ihåg att om denna övergång sker i samma område kan flera kemiska likheter ändå finnas eftersom den sammansättning som finns inom ett bergartsområde har gjort avtryck i såväl bergmalmer som limonitmalmer. Därför måste flera faktorer beaktas för att det med slaggernas hjälp ska vara möjligt att urskilja tekniker och/eller malmtyper.

Dateringsfrågan kan lösas med hjälp av metall och slagger. I metalliskt järn finns vanligtvis ett kolinnehåll, det vill säga det är egentligen stål snarare än järn, och detta kolinnehåll kan dateras med samma metod som kolstycken. Om inte metall finns kan kolstycken inneslutna i slaggerna vara bra material för datering. Därför kommer kolstycken att eftersökas.

Material och metod

Ett kontinuerligt analysarbete i flera steg

Undersökningen genomförs i flera steg där de olika momenten samordnas för att så långt möjligt kunna genomföra flera analysmoment på de utvalda slaggerna. Provvurvalet för analys baseras på den fasindelning av de medeltida lagren som gjorts av uppdragsgivaren med utgångspunkt i dokumentationen från den arkeologiska undersökningen (Bergquist 2000). Fasindelningen är uppbyggd från lagren i ett schakt (kallat schakt 16) och i en sektion (sektion 15) i korsningen mellan Vasagatan och Smedjegatan. Lagren i schaktet och sektionen kan i många fall också relateras till varandra.

Denna fasindelning låg till grund för provurval för fortsatta analyser. Inledningsvis granskades samtliga poster med slagg på plats i UV:s magasin i Tumba av Lena Grandin och Ulla Bergquist tillsammans. Diskussioner fördes kring materialet för att få fram slagger som var lämpliga ur analysynpunkt och för att kunna datera tidiga respektive sena faser. Dessutom gjordes en översiktlig bedömning om likheter och skillnader mellan slagger från olika lager.

Okulär klassificering och specialregistrering

Efter den översiktliga genomgången söktes om tillstånd för analys och de beviljade proverna valdes för fortsatta analyser. Dessa slagger togs till GAL. Där genomfördes de okulära granskningar som rutinmässigt genomförs för slagger. Okulär klassificering innebär att med hjälp av

stereolupp, magnet och vid behov sågning, bilda sig en preliminär uppfattning om materialets karaktär, dess tidsställning samt att dela in det i kategorier och typer, så långt detta är möjligt.

Analys av slaggar och järn

Petrografiska analyser

Av 9 slaggar tillverkades tunnslip (MINOPREP, Hunnebostrand) av så stora ytor som möjligt av deras tvärsnitt för att kunna få en detaljerad bild av vilket processled de representerar och hur processen fungerat samt för att vara ett komplement i tolkningen av de totalkemiska analyserna.

Petrografiska undersökningar utfördes i genomfallande och påfallande (planpolariserat ljus) för att identifiera materialets olika komponenter och texturella drag. Undersökningen gjordes i ett Zeiss Axioskop 40A polarisationsmikroskop som är utrustat med en digitalkamera.

Slaggerna består huvudsakligen av olivin, wüstit och glas. Vanliga inslag är också hercynit, magnetit, leucit, limonit och metalliskt järn. *Olivin* är ett silikatmineral med den allmänna formeln A_2SiO_4 , där A oftast är järn (fayalitisk sammansättning) men mangan, magnesium och kalcium kan förekomma i mindre mängder. *Wüstit*, FeO , är också ett mycket vanligt inslag i slaggar från blästbruket. Om höga koncentrationer av wüstit förekommer är slaggens totala järnhalt vanligtvis också hög. *Glas* utgör slaggernas "restsmälta" och kan därför variera kraftigt i sammansättning beroende på vilka mineral som tidigare kristalliserat, slaggernas totalsammansättning och avkylningsförlopp. *Magnetit*, Fe_3O_4 , kan förekomma i stället för wüstit om temperatur och/eller syretryck är högre och är vanligt förekommande i smidesslaggar. Ett mineral som kan förekomma i slaggar med relativt höga aluminiumhalter är spinellmineralet *hercynit*, $FeAl_2O_4$. Höga aluminiumhalter i kombination med höga kaliumhalter återfinns i *leucit*, $KAlSi_3O_8$, som i vissa slaggar kan förekomma i stället för den vanligare glasfasen. Droppar av *metalliskt järn*, några mikrometer stora, är också vanligt inslag i slaggar.

Metallografiska analyser

Metallografiska analyser utfördes på två polerade järnprov i påfallande ljus, med syfte att bedöma järnkvaliteten. Under mikroskopet framträder järnets olika texturer i prover, som etsats med 2 % nitallösning, beroende på sammansättning och bearbetningssätt. Metoden är användbar för att bedöma kolhalten i materialet, t.ex. om det är ett mjukt järn eller ett hårt kolstål. Den kan också avslöja ett fosforinnehåll, vilket påverkar dess hårdhets- och seghetsegenskaper. Även mängden slagginneslutningar kan studeras för att ytterligare kunna bedöma styckets kvalitet och ändamål. Undersökningen gjordes i ett Zeiss Axioskop 40A polarisationsmikroskop som är utrustat med en digitalkamera.

Några termer som används för att beskriva metallen är *ferrit* som är mjukt järn utan kolinnehåll. *Cementit* är en förening av järn och kol (Fe_3C), och *perlit* som är en struktur uppbyggd av omväxlande ferrit och cementit. Generellt medför alltså en större mängd perlit en högre kolhalt och ett hårdare material. *Stål* är samlingsbenämning på en smidbar järn-kol-legering med mindre än 2 % kol och som byggs upp av en

kombination av ferrit, cementit och perlit. Innesluten slagg (se även texten om petrografiska analyser) består vanligen av flera mineral, bland annat *olivin* som är ett järnsilikatmineral, *wüstit* som är en järnoxid, och en *glasfas* som är en finkornig huvudsakligen ickekristallin fas vars sammansättning kan variera över stora intervall.

Totalkemiska analyser

Totalkemisk analys utfördes på 4 slaggprov hos ALS Scandinavia AB, Luleå. Använd analysmetod är ICP-AES för huvudelement och ICP-QMS för spårelement. Totalt analyserades 43 element i varje prov.

Urval av material för datering

För att hitta lämpliga kolstycken för datering delades de slaggar som misstänktes innehålla kol. En utplockning gjordes främst i snitten på slaggerna. I något fall togs kol ur ytan där det tydligt framgår att slaggen har stelnat mot kolstycket och formats runt detta.

Vedartsanalyser av kol från slaggar

Vedartsanalyser genomfördes av Ulf Strucke vid UV Mitt på ett urval av kolstycken från slaggar från de lager och faser som bedömdes ha högsta prioritet för datering.

Datering av kol från slaggar

Kolstycken från två fyndposter har daterats av Ångströmlaboratoriet vid Uppsala universitet.

Allmänt om slaggar från järnframställning och smide

Järnframställning

Järnframställning har skett med två huvudtyper av framställning. Den äldre järnframställningen, från yngre bronsålder och framåt, ägde rum i små schaktugnar, så kallade blästugnar där malmen reducerade till metalliskt järn med inget eller låga kolhalter (stål). Denna järnsmälta eller lupp var vanligen rik på slagg och behövde rensas innan det egentliga smidet kunde ta vid. Förutom järn bildades även slagg, så kallad reduktionsslagg, som stelnade i ugnens nedre del till större homogena bottenslaggar eller små stearinliknande formationer. Mindre vanligt var också att slaggen tappades ut ur ugnen. Blästugnen kördes huvudsakligen på limonitiska malmer, dvs. sjö- och myrmalm, eller rödjord.

Under 1100-talet avlöstes blästugnen successivt av den större masugnen som drevs vid högre temperaturer, vanligen med bergmalm som råvara. Metallen som reducerades fram här var tackjärn med en hög kolhalt. Detta järn behövde färskas, dvs. avkolas, innan det kunde smidas vidare. Slaggerna som bildades i masugnen tappades ut ur ugnen och var järnfattigare och lättare än de från blästugnen.

Smide

Smidesprocessen kan delas in i primärsmide (omsmältning och/eller slaggrensning av smältan) och sekundärsmide (tillverkning av föremål). Vid båda processerna bildas slagger, smidesskällor, som vanligen har en plankonvex form och vars undersida kan innehålla material från smideshärdens botten. Karaktäristiskt för plankonvexa primärsmidesskällor är att de är homogena i sammansättning. Dessa slagger har en sammansättning som starkt påminner om reduktionsslaggerna eftersom det är den inneslutna slaggen som rensas ut. Sekundärsmidesskällorna däremot är ofta heterogent skiktade och har sand/grus och kol främst i bottenpartiet. De kan innehålla komponenter från såväl metallen som tillsatser i form av sand för vällning. Det senare medför att de vanligen är tämligen lätta.

Även vid färskning bildas slagger men dessa har inte smidesskällornas karaktäristiska former utan liknar morfologiskt mer reduktionsslaggerna. Vid smidet bildas också mindre slagger med karaktäristiska former. Bland dessa finns sprutslagger som är små, ca 5 mm stora, sfäriska, ihåliga, magnetiska slaggekulor som bildas flygande i luften när smältan/luppen slås ihop och samlas nära fällstenen eller städet. Glödska är starkt magnetiska, glänsande skal av järnoxider som bildas vid föremålssmidet. De är vanligen bara några millimeter stora och mindre än en millimeter tjocka. De faller av när smideshammaren träffar föremålet och återfinns samlade runt städet.

En smidesmetod som används och lämnar spår i slagger och järn är vällning, dvs. sammanfogning av järnstycken genom smidning. Som hjälpmedel kan smeden använda t.ex. vällsand, huvudsakligen kvartssand som kan lämna spår i slaggerna. Vällsömmar är mer eller mindre synliga sömmar mellan järnstycken som vällts samman. Vanligen är det järn av olika kvalité som mjukt järn och stål som välls samman. En annan metod är härdning då det smidda stålföremålet hettas upp och snabbt kyls av, t.ex. i vatten. Vid härdningen bildas en struktur i stålet som kallas martensit som är hård och spröd. Sprödheten kan dock minskas genom efterföljande upphettning till lägre temperatur och långsammare avsvälning. Dessa processer syns dock inte i slaggerna utan enbart i metallen.

Resultat

Resultat från den okulära granskningen presenteras i Tabell 1 där grundläggande data har tillhandahållits av uppdragsgivaren. Basfakta finns också i bilaga 3, tillsammans med sektionsritningar. Iakttagelser som gjordes vid besöket i magasinet för samtliga slagger har noterats. För de slagger som har valts för ytterligare analyser följer också detaljerade observationer av såväl hela som delade slagger. Denna okulära granskning finns också sammanfattad i löptext, integrerad med resultat från de genomförda analyserna.

Slagger som har undersökts i mikroskop behandlas också utförligare för respektive prov. Ett urval har även analyserats med avseende på kemisk sammansättning, vilket beskrivs i ett eget stycke. Resultaten från vedartsanalysen återfinns i sin helhet i Bilaga 1.

Slaggen i översikt

Vid genomgång i magasinerna gjordes en del allmänna iakttagelser. Samtliga slaggen är sannolikt smideslaggen. Många är tydliga smidesskållor, eller fragment av sådana. Andra saknar karaktäristiska yttre former men hör sannolikt till samma kategori av slaggen. Fnr 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48 och 55 har liknande dimensioner och man kan i plan ana en oval snarare än en cirkulär form trots att skållorna inte är helt intakta. Likartat material med ovala skållor med mycket sekundärt fastkittat material finns i flera fyndposter. I dessa finns även glasigare stycken som sannolikt innehåller smält lera/sand. Några innehåller också korroderade klumpar, eventuellt med lite metalliskt järn bevarat (eller helt korroderat?). Fnr 47 är en betydligt glasigare slaggen än ovanstående även om den formmässigt liknar t.ex. Fnr 48.

Bland en del andra slaggen framträder tydligare cirkulära former. Som exempel finns Fnr 54, 50, 49 och 58. De båda senare hör till de största slaggen vilket skiljer dem från Fnr 50 som är bland de minsta och med betydligt glasigare ytskikt än många andra.

Tabell 1. Information om slaggar från Smedjegatan/Vasagatan, Västerås som undersökts och analyserats. De presenteras fasvis med kortfattad beskrivning.

Fnr	Lager	Sektion/ Schakt	Huvud- fas	Objekt	Antal	Anm. f=fragm, d=defekt, i=intakt	Observation i magasin	Vikt, magnetism, form i plan och profil, storlek	Övriga iakttagelser vid provtagning och analys
50	17	16	1	Slagg	1	d	Relativt liten slagg, glasigare än många andra.	148 g Omagnetisk Cirkel-oval (?) Plan-konvex 70×70×30 mm	Tunna slaggsträngar i botten, kolstycke i botten. Överytan glasig. Hela slaggen svagt turkos. I tvärsnitt: plan-konvex. Stycket är heterogent uppbyggt. Endast en liten andel är definitionsmässigt slagg. Mycket är smält kiselrikt material som kan vara del av infodring lika väl som grövre, tillsatt, material och har smält och bildat en glasig massa. I centrala delar finns flera insmälta kolstycken. I närheten av dessa förekommer även enstaka små droppar av metalliskt järn.
55	3	15	1	Botten skålla	3	1d, 2f	1 skålla, 2 glasiga stycken i fyndposten. Skållan liknar formmässigt 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48 i huvudfas 1-2.	319 g Svagt magnetisk i botten Nästan hel cirkel Konvex-konvex 90×90×40 mm	Slät botten, mycket fastkittat material i botten och överytan. Glasig slagg framträder överst. I tvärsnitt: konkav-konvex. Stycket domineras av homogen slagg med lokalt stora hålrum, främst centralt. Längs bottenytan finns koncentrationer av svampigt metalliskt järn. På överytan finns enstaka områden med insmält kiselrikt material av osäkert ursprung. I slaggen finns insmälta kolstycken.
58	3	15	1	Botten skålla	1	i	Större slagg jämfört med många andra.		
91	14=15	16	1	Smält lera	1	f	Smält material snarare än slagg i fyndposten.		
44	15=14	16	1	Botten skålla	6	1i, 5f	Ett rostigt yttre och lokal magnetism indikerar innehåll av järn. Skållan liknar formmässigt 41, 42, 43, 45, 46, 48, 55 i huvudfas 1-2	931 g Lokalt magnetisk på överytan Hel, oval Plan-konvex 130×100×60 mm	Tunna slaggsträngar kan urskiljas i botten. Något slätare men ej glasig överyta. Kolstycken i botten. Turkos, främst i botten. Mycket fastkittat material. Relativt tung. I tvärsnitt: konvex-konvex. Slaggen är homogen i sammansättning. Den innehåller många och stora hålrum, främst centralt. Längs bottenytan finns mindre och större koncentrationer av svampigt metalliskt järn.
59	5	15	2	Slagg	2	f	Lätt, glasig slagg. Snarare smält material än slagg.		
38	10	16	2	Slagg	2	f	Sammankittat material snarare än		

<i>Fnr</i>	<i>Lager</i>	<i>Sektion/ Schakt</i>	<i>Huvud- fas</i>	<i>Objekt</i>	<i>Antal</i>	<i>Anm. f=fragm, d=defekt, i=intakt</i>	<i>Observation i magasin</i>	<i>Vikt, magnetism, form i plan och profil, storlek</i>	<i>Övriga iakttagelser vid provtagning och analys</i>
							slaggskālla.		
47	10	16	2	Slagg	9	3d, 6f	Lik 48 men är glasigare på ytan. Saknar de tydliga formerna 41 m fl har.	399 g Omagnetisk Osäker form Konkav-konvex 90×80×50 mm	Slaggsträngar framträder tydligt i botten och på överytan. På överytan lokalt glasigt. Fastkittat sekundärt material främst i botten. I tvärsnitt: konkav överyta och plan botten, resten är fastkittat material. Stora delar av stycket domineras av slagg som är homogen i sammansättning. I botten finns en ca 3 mm stor koncentration av metalliskt järn. I övre delar och längs en kant finns insmält kiselrikt material, men det är oklart om det kommer från infodring eller annat. Dessutom förekommer fragmenterade slaggstycken i slaggen.
48	10	16	2	Botten skålla	9	2d, 7f	Skålla som formmässigt är lik 41, 42, 43, 44, 45, 46, 55 i huvudfas 1-2		
43	11	16	2	Botten skålla	6	1i, 1d, 4f	Skålla som formmässigt är lik 41, 42, 44, 45, 46, 48, 55 i huvudfas 1-2	926 g Omagnetisk Nästan hel, cirkel- oval (?) Plan-konvex med antydning till tapp i botten 140×110×60 mm	Fastkittat material runtom medför att detaljer inte kan urskiljas. Relativt tung. I tvärsnitt: plan-konvex. Homogent uppbyggd slagg, med homogen sammansättning. Mängden och storleken på hålrum varierar. I ett område nära ytterkanten upptill finns kopparröda fläckar. I ett annat område finns en liten koncentration av metalliskt järn. Runt slaggen finns mycket fastkittat material.
45	11	16	2	Slagg	16	f	Slaggskālla, och fragment, av formmässigt samma typ som 41, 42, 43, 44, 46, 48, 55 i huvudfas 1-2.		
46	11	16	2	Botten skålla	12	1i, 1d, 10f	Slaggskālla, och fragment, av formmässigt samma typ som 41, 42, 43, 44, 45, 48, 55 i huvudfas 1-2.	570 g Omagnetisk Ev. hel och oval, eller del av Plan-plan till konvex-konvex 130×100×40 mm	Fastkittat material runtom medför att detaljer inte kan urskiljas. Uppåtbestämning osäker. I tvärsnitt: konvex-konvex. Stora delar domineras av slagg med homogen sammansättning och liten mängd porer. Översta centimetern innehåller dock insmälta stenar som delvis är smälta och formar en glasig slagg på överytan. I botten finns mycket fastkittat material.

Fnr	Lager	Sektion/ Schakt	Huvud- fas	Objekt	Antal	Anm. f=fragm, d=defekt, i=intakt	Observation i magasin	Vikt, magnetism, form i plan och profil, storlek	Övriga iakttagelser vid provtagning och analys
39	12	16	2	Botten skålla	4	1i, 2d, 1f	Inte så mycket slagg, mycket fastkittat löst, sekundärt material.		
41	12	16	2	Botten skålla	7	2i, 1d, 4f	1 lätt, 1 tyngre skålla. Glasigt, bränd lera, hopkittat material. Skållan formmässigt av samma typ som 42, 43, 44, 45, 46, 48, 55 i huvudfas 1-2	564 g Omagnetisk Näsan hel, oval Plan-konvex till konvex-konvex 130×90×60 mm	Fastkittat material runtom medför att detaljer inte kan urskiljas. Dock kan glasiga slaggsträngar anas i botten. I tvärsnitt: konvex-konvex, där en del av materialet på överytan endast är fastkittat. Stycket innehåller en slagg som är homogen i sammansättning. Den är rik på hålrum, främst i centrala delar. Längs bottenytan förekommer oregelbundna koncentrationer av svampigt metalliskt järn. I övre delen förekommer rikligt med kolstycken där de närmast slaggen förefaller vara insmälta i slaggen men ett yttre fastkittat skikt finns också. Liknande typ som Fnr 44 och Fnr 55.
42	12	16	2	Slagg	8	f	Skållan formmässigt av samma typ som 41, 43, 44, 45, 46, 48, 55 i huvudfas 1-2		
94	3	16	2	Slagg	1	f	Hopsmält material, möjligen, lera.		
95	3	16	2	Slagg	1	i	Smält material		
49	8	16	2 (3?)	Botten skålla	1	i	Stor slaggska.lla.	1235 g Omagnetisk Nästan hel, cirkel- oval Plan-konvex 160×150×70 mm	Fastkittat material runtom medför att detaljer inte kan urskiljas. Troligen förekommer glasig slagg på överytan. I tvärsnitt: plan-konvex. Slaggen är tydligt skiktad med diffusa övergångar mellan skikten. Nedre halvan utgörs av en homogen slagg som är relativt grovkornig. Enstaka långsmala hålrum ligger orienterade vinkelrätt mot bottenytan. Närmast botten har slaggen smält fast vid underlaget. Centralt finns ett lager med stor andel hålrum och slaggen är mer trögfluten i karaktär. Möjligen finns här även kolstycken (eller avvikande slaggvolymer). I ett övre skikt förekommer kiselrikt material hopsmält med slaggen.
60	17	15	3	Slagg	2	f	Ev ej slagg, utan Sammanfattat material.		
40	1 12	16 16	3 2	Slagg	2	1d, 1f	I fyndlistan anges lager 1, på		

Fnr	Lager	Sektion/ Schakt	Huvud- fas	Objekt	Antal	Anm. f=fragm, d=defekt, i=intakt	Observation i magasin	Vikt, magnetism, form i plan och profil, storlek	Övriga iakttagelser vid provtagning och analys
							fyndasken lager 12. 1 bit lätt och porös slagg, 1 ev. bit med järn. Mest sammankittat material		
57	19	15	4	Slagg	3	1i, 1d, 1f	Mycket hopkittat sekundärt material. Tveksam slagg		
54	23	15	4	Botten skålla	6	1i, 5f	Lättare än 56. Cirkelformad. Bland fragmenten finns bitar med mycket hopkittat material.	513 g Omagnetisk Nästan hel, cirkelformad Plan-konvex, men nära plan botten 120×110×45 mm	Slät botten, glasig överyta. Material fastkittat sekundärt runtom. I tvärsnitt: oregelbunden överyta och konvex botten. Slaggen är skiktvis uppbyggd. I botten finns ett centimetertjockt homogent slagglager. Över detta finns flera lager med varierande sammansättning av slagg och delvis smält kiselrikt material. Det förekommer mycket fastkittat material på slaggens överyta. Centralt finns större hålrum och intill ett sådant även kolstycken.
56	25	15	4	Botten skålla	3	1i	Relativt tung, eventuellt med järninnehåll	612 g Lokalt magnetisk på överytan Nästan hel och oval eller endast halv och ursprungligen cirkelformad Plan-konvex 130×90×50 mm	Tydliga slaggsträngar framträder i botten såväl som på överytan. Troligen ej glasig. I tvärsnitt: plan-plan. Stycket är komplext uppbyggt och saknar tydlig slaggskålle-form. Det domineras av slagg som är homogen i sammansättning även om det förekommer mindre slaggvolymer med avvikande, mörkare sammansättning. Insmält i slaggen, på flera nivåer, finns stenar och grusigt material, längs ytterkanten eventuellt också finkornigare kiselrikt material.
61	24	15	4	Botten skålla	2	d	Löst material. Lätt, oklart hur mycket som är slagg.	271 g Omagnetisk Del av skålla med osäker form Konvex-konvex 110×70×50 mm	Fastkittat material runtom medför att detaljer inte kan ses. I tvärsnitt: konvex-konvex. Stycket är mycket komplext uppbyggt. Det mesta förefaller vara smält kiselrikt material med ursprung av varierande kornstorlek. Möjligen finns även små volymer av slagg. Insmält i stycket finns även kolstycken.
62	24	15	4	Slagg	11	1d, 10f	Skållan tung. Några lättare slaggar. Mycket	Två oregelbundna klumpar.	1. Mycket fastkittat material. Slagg kan diffust anas. I tvärsnitt: oregelbundet i formen. Homogen, relativt tät slagg.

<i>Fnr</i>	<i>Lager</i>	<i>Sektion/ Schakt</i>	<i>Huvud- fas</i>	<i>Objekt</i>	<i>Antal</i>	<i>Anm. f=fragm, d=defekt, i=intakt</i>	<i>Observation i magasin</i>	<i>Vikt, magnetism, form i plan och profil, storlek</i>	<i>Övriga iakttagelser vid provtagning och analys</i>
							hopkittat material. 1 bit glimmerskiffer.	1. 298 g Omagnetisk Oval, ej skålla 80×80×50 mm 2. 148 g Lokalt magnetisk Oregelbunden, ej skålla 60×50×40 mm	Hålrum förekommer endast nära ytterkanten. Ett insmält litet kolstycke finns liksom en mindre koncentration av metalliskt järn, några millimeter stor. 2. Mycket fastkittat material. Slagg kan diffust anas. I tvärsnitt: oregelbundet i formen. Homogen, relativt tät slagg av samma typ som i delprov 1. En sten finns insmält i ytterkanten.
63	29	15	4	Slagg	1	f	Smält material, ev lera.		
64	19	15	4	Slagg	1	f	Ev slagg och smält material.		

Provvurval ur flera slaggtyper

Efter delning av slaggerna i laboratoriet framträder några tydliga grupper av slagger med olika karaktär i sin uppbyggnad. Fyra olika grupper kan urskiljas där likheter och kontinuerliga övergångar finns mellan några av dem. Dessa finns sammanställda i tabell 2 där också information om fastillhörighet och urval för fortsatta analyser presenteras. Det framgår också här att de olika slaggvarianterna finns representerade i flera av de definierade faserna.

Tabell 2. Sammanställning över olika typer av slagger bland de undersökta fyndposterna. Fynd med ***kol för vedartsanalys är markerade med fetstil***. Prover som efter vedartsanalys valdes för datering är Fnr 50 och 54. De som valdes för undersökning i mikroskop är understrukna. De som prioriterades för totalkemiska analyser har kursiverats.

Homogen slagg med metalliskt järn	Homogen slagg	Slagg med innehåll av kiselrikt material	Stycke med mycket kiselrikt material och endast lite slagg
<u>Fnr 41, fas 2</u>	<i>Fnr 62, fas 4</i>	<u>Fnr 56, fas 4</u>	<i>Fnr 61, fas 4</i>
<i>Fnr 55, fas 1</i>	<u>Fnr 49, fas 2/3</u>	<i>Fnr 54, fas 4</i>	<i>Fnr 50, fas 1</i>
Fnr 44, fas 1	(Fnr 47, fas 2)	Fnr 47, fas 2	
	Fnr 46, fas 2		
	<u>Fnr 43, fas 2</u>		

Petrografiska analyser

Den okulära beskrivningen av slaggerna finns i sin helhet i Tabell 1. Följande text beskriver, i fyndnummerordning, de utvalda slaggernas utseende i korthet och behandlar främst deras utseende i mikroskop. Såväl deras större strukturer som det mer detaljerade mineralinnehållet beskrivs. För varje prov presenteras en sammanfattande tolkning i det sista stycket. Resultaten jämförs sedan mer inom respektive slaggtyp. Motsvarande gäller för de efterföljande metallografiska analyserna. Termer som används finns kortfattat förklarade i de inledande kapitlen.

Fnr 41 (fas 2)

Nästan hel, oval, plan-konvex till konvex-konvex skålla, 130×90×60 mm stor (Fig. 1). Tvärsnittet är konvex-konvext, där en del av materialet på överytan endast är fastkittat. Stycket innehåller en slagg som är homogen i sammansättning. Den är rik på hålrum, främst i de centrala delarna. Längs bottenytan förekommer oregelbundna koncentrationer av svampigt metalliskt järn (Fig. 2).

I tvärsnittet framträder en mestadels homogent uppbyggd slagg. Den innehåller olivinlameller, dendritisk wüstit som är något finkornigare och förekommer i mindre mängd, samt en glasfas. Lokalt förekommer enstaka ansamlingar av grövre wüstit. Längs slaggens bottenkikt finns koncentrationer av svampigt metalliskt järn som beskrivs utförligare i den metallografiska analysen. Även på högre nivå finns spridda förekomster av järn, och lokalt även rost. I övre delar av provet, som är centrala delar

av slaggen finns enstaka inslag av kolstycken. Bland detaljerna kan noteras att olivinlamellerna är zonerade, dvs. de har en tunn zon i ytterkanten med avvikande sammansättning jämfört med lamellernas inre delar (jämför fig. 7). Dessutom uppträder lokalt en kaliumrik fas (leucit) istället för den vanligare glasfasen.

Denna homogent uppbyggda slaggg representerar en homogen process med kontinuerlig tillförsel av slaggg med samma sammansättning utan avbrott i processen. Den zonerade sammansättningen på olivinkristallerna antyder dock att temperaturen har varierat. Sådana zonerade sammansättningar är vanligt förekommande i smidesslagger.



Figur 1. Fnr 41. Bottensidan nederst och överytan överst.



Figur 2. Fnr 41. Tvärsnitt av slaggen med ansamling av metalliskt järn i nedre delen (glänsande) i för övrigt homogen slaggg. Det undersökta provet är schematiskt utmärkt.



Figur 3. Fnr 43. Tvärsnitt genom en homogent uppbyggd slagg. Det undersökta provet är schematiskt utmärkt.

Fnr 43 (fas 2)

Nästan hel, cirkel-(oval-?)formad, plan-konvex skålla med antydan till tapp i botten. 140×110×60 mm stor. I tvärsnitt (Fig. 3) en homogent uppbyggd slagg, med homogen sammansättning. Mängden och storleken på hålrum varierar. I ett område nära ytterkanten upptill finns kopparröda fläckar. I ett annat område finns en liten koncentration av metalliskt järn. Provet täcker slaggens hela tjocklek förutom det allra nedersta skiktet. Nerifrån och uppåt förekommer wüstit, olivin och en glasfas i hela snittet förutom i de allra översta delarna. Förhållandet mellan de tre komponenterna varierar dock kraftigt vilket medför att slaggen får ett skiktat utseende. I de nedre delarna förekommer wüstit, olivin och glas i jämförbara halter. Något högre upp dominerar olivin, ytterligare högre upp wüstit. I de övre delarna är olivin och glas jämnt fördelade medan wüstit förekommer som större koncentrationer. Allra överst finns ett område med insmält kiselrikt material (sand?) och kolstycken.

Kontakterna mellan de olika skikten syns tydligt med hjälp av sammansättningsskillnader men övergångarna är kontinuerliga och inga tecken på avbrott i processen med minskning av värmen kan noteras. Förutom de tre dominerande faserna wüstit, olivin och glas förekommer sporadiskt små droppar av metalliskt järn och, främst i de övre delarna, leucit tillsammans med glasfasen. Olivin och wüstit är huvudsakligen homogent uppbyggda men i de övre delarna är olivinlamellerna något zonerade, dvs. deras ytterkant har en annan sammansättning än de inre delarna. Det allra översta skiktet av den egentliga slaggen innehåller magnetitkristaller innan det fastsmälta skiktet av finkornigt material och kolstycken tar vid. I detta övre lager förekommer också en del rostigt material som bidrar till slaggens röda färg.

Slaggen är skiktvis uppbyggd under en process där material med lite olika sammansättning har tillförts kontinuerligt. Mot slutet förefaller temperaturen har varierat något (zonerade olivinlameller) samt miljön har ändrats från reducerande till oxiderande (förekomst av magnetit).

Fnr 49 (fas 2/3)

Nästan hel, cirkelformad till oval, plan-konvex skålla, 160×150×70 mm stor (Fig. 4). Slaggen är i tvärsnitt (Fig. 5) tydligt skiktad med diffusa övergångar mellan skikten. Nedre halvan utgörs av en homogen slagg

som är relativt grovkornig. Närmast botten har slaggen smält fast vid underlaget. Centralt finns ett lager med stor andel hålrum och slaggen är mer trögfluten i karaktär.

Provet, som omfattar den nedre halvan av slaggen, består av olivin i form av långsmala lameller eller kortare kristaller, dendritiskt formad wüstit och en glasfas. Leucit förekommer tillsammans med olivinkristallerna i nedre delar, nära bottenkiktet som består av kvartsrikt, sandigt, material som delvis smält fast mot slaggen. Här finns också lite rostiga partier.



Figur 4. Fnr 49. Slaggens överyta med mycket fastkittat material.



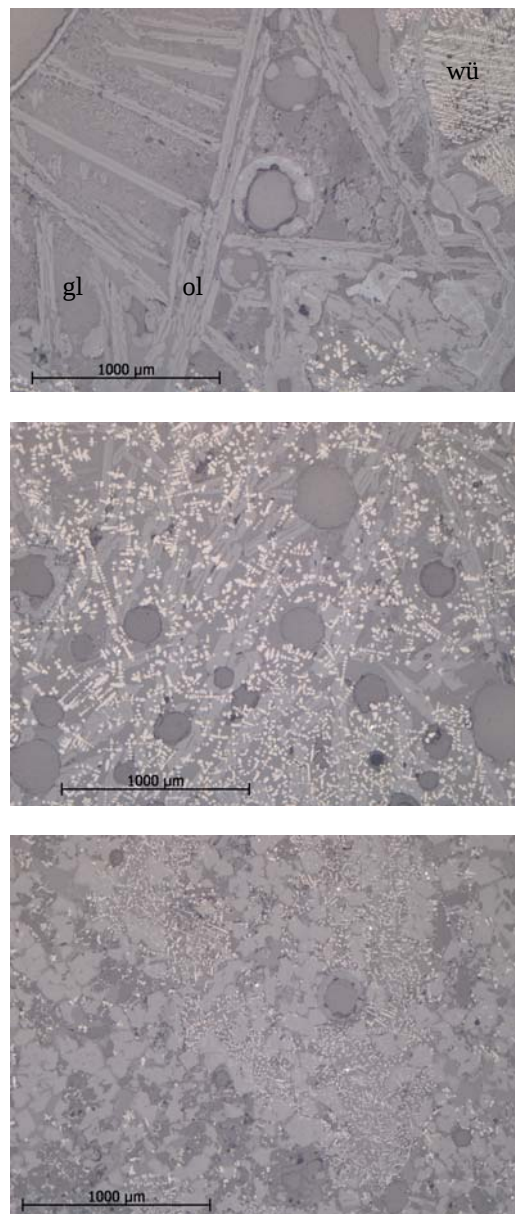
Figur 5. Fnr 49. Tvärsnitt genom slaggen. Det undersökta provet är schematiskt utmärkt.

Proportionerna mellan olivin, wüstit och glas varierar nerifrån och uppåt i diffusa skikt, utan mellanliggande avsvallning (Fig. 6). Lokalt förekommer koncentrationer av wüstit (eller flera järnoxider) med former som glödska. Sporadiskt finns också små droppar av metalliskt järn. I de övre delarna av provet, som är centralt i slaggen, dominerar istället olivin och glas. I detta område är slaggen också grövre i kornstorlek.

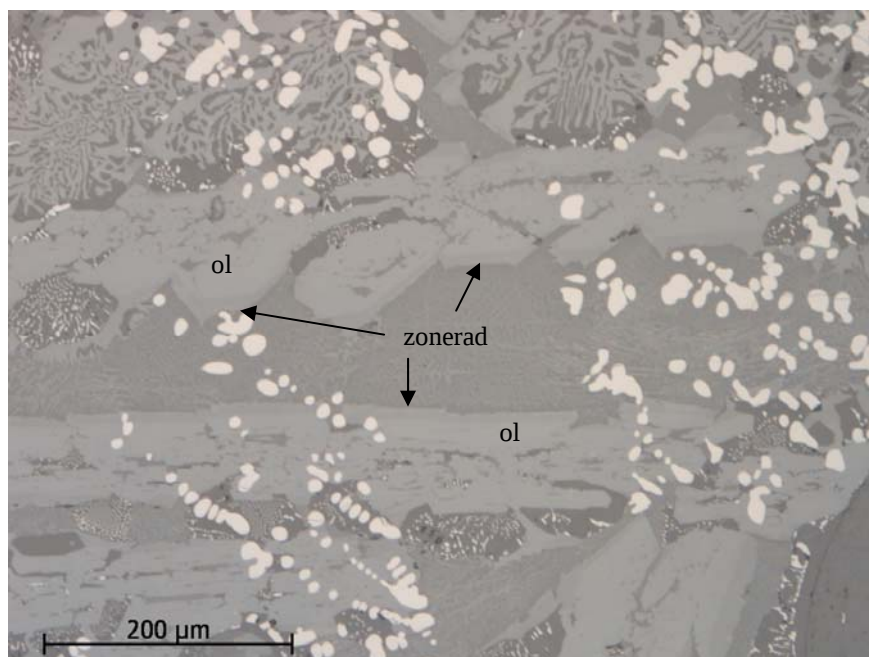
Olivinlamellerna är zonerade (Fig. 7) i stora delar av snittet men wüstiten visar sig vara mer homogen i sammansättning.

Precis som Fnr 43 är Fnr 49 skiktvis uppbyggd under en process där material med lite olika sammansättning har tillförts kontinuerligt. Temperaturen förefaller dock ha varierat något (zonerade olivinlameller)

genom stora delar av processen. De övre delarna av provet, som är centralt i slaggen, är grövre i kornstorlek vilket betyder längre tid för avsvälning. Vad som händer över detta skikt är inte klarlagt men möjligen speglar denna kornstorleksskillnad ett avbrott, kortare eller längre, i processen innan den övre halvan av slaggen byggs på. Det sandiga bottenskiktet härrör från botten i härden.



Figur 6. Fnr 49. Foton från mikroskopet från tre olika delar i slaggen med olika mineralinnehåll. I nedre bilden finns olivinkristaller, leucit (lite mörkare än glasets), en glasfas och mindre mängder wüstit. I den mellersta bilden förekommer olivinlameller, dendritisk wüstit och en glasfas. I den övre bilden finns mestadels långsmala olivinlameller och en glasfas, tillsammans med enstaka koncentrationer av wüstit.



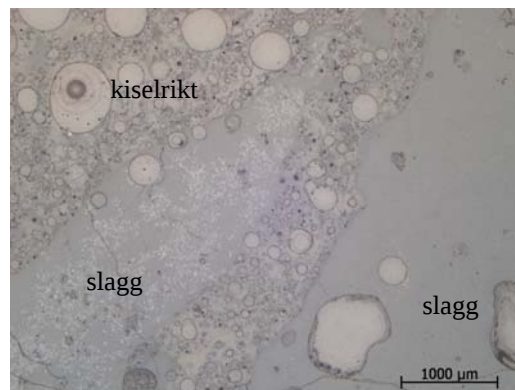
Figur 7. Fnr 49. Foton från mikroskopet. Detalj på zonerade olivinlameller. Den grå lamellen har en något mörkare ytterkant.



Figur 8. Fnr 50. Bottensidan av slaggen nederst och överytan överst. I övre delen syns en tydligt glasig yta.



Figur 9. Fnr 50. Tvärsnitt genom slaggen. Det undersökta provet är schematiskt utmärkt.



Figur 10. Fnr 50. Detalj från mikroskopet med omväxlande slag och smält kiselrikt material med mycket hålrum.

Fnr 50 (fas 1)

Cirkelformad till oval (?), plan-konvex skålla, 70×70×30 mm stor (Fig. 8). I botten finns tunna slaggrängar. Överytan är glasig och hela slaggen svagt turkos. I tvärsnitt (Fig. 9) framträder en heterogent uppbyggd slag. Endast en liten andel är definitionsfyllig slag. I centrala delar finns flera insmälta kolstycken.

Det mesta i provet innehåller annat än slag! Det utgörs av mycket kiselrikt material i form av kvartskorn av något varierande kornstorlek som delvis har smält och bildat ett glas. Insmält i detta finns sporadiska koncentrationer av slag av lite varierande sammansättning, men mestadels tämligen glasig eller finkornig (Fig. 10). I några områden förekommer olivinlameller tillsammans med glaset, i andra finns magnetitkristaller. Ytterligare andra innehåller små koncentrationer av metalliskt järn eller leucitkristaller. Det finns också en något större koncentration av järn.

Fyndposten är en del i järnsmidet men det mesta i den är smält material som inte är egentlig slag. Det omgivande kiselrika materialet är tämligen homogent och består av nästan enbart kvartskorn som dock varierar lite i kornstorlek. Denna homogenitet innebär att det skulle kunna vara vällsand men det finns andra fyndposter med sandigt bottenlager från härdens botten varför detta inte heller kan uteslutas ha bidragit i detta prov, men botten delen har inte analyserats.



Figur 11. Fnr 54. Slaggens överyta.



Figur 12. Fnr 54. Tvärsnitt genom slaggen med det undersökta provet markerat.

Fnr 54 (fas 4)

Nästan hel, cirkelformad slag som är plan-konvex. Storlek: 120×110×45 mm. Slät botten, glasig överyta (Fig. 11). Material fastkittat sekundärt runtom. I tvärsnitt (Fig. 12): oregelbunden överyta och konvex botten. Slaggen är skiktvis uppbyggd. I botten finns ett centimetertjockt homogent slagglager. Över detta finns flera lager med varierande sammansättning av slag och delvis smält kiselrikt material. Det förekommer mycket fastkittat material på slaggens överyta. Centralt finns större hålrum och intill ett sådant även kolstycken.

Provet omfattar hela slaggens tjocklek och visar en skiktvis uppbyggd slag. Den nedre halvan utgörs av egentlig slag som består av en jämn fördelning av olivinlameller, en glasfas och leucit med fläckvisa ansamlingar av wüstit. Den senare förekommer antingen som dendriter eller i mer kompakta långsmala bildningar i glödskaalsliknande former. Olivinlamellerna är zonerade (jämför fig. 7). Den övre halvan av slaggen består av en porös glasig massa med enstaka insmälta slaggansamlingar och områden med insmälta kvartskorn. Slaggansamlingarna i denna övre del utgörs främst av magnetitkristaller och en glasfas. Kontakterna mellan den nedre och övre delen är kontinuerlig och de olika komponenterna flikar in i varandra.

Styckets nedre del representerar den egentliga slaggen medan den övre delen antyder användning av sand antingen för vällning eller för att

skydda järnet mot oxidation. Det innebär att slaggen uppvisar tecken på en process där den övre delen motsvarar en homogenare process. Den övre delen avspeglar närmare den sista delen av smidet till det färdiga föremålet. En begränsad oxidation har dock skett vilket antyds av magnetitförekomsten i slaggen och kanske även att glödska har lossnat från det smidda järnet och ramlat ner i härdens slaggbad. Även denna slagg uppvisar varierande temperatur med hjälp av oliviner med olika sammansättning.

Fnr 55 (fas 1)

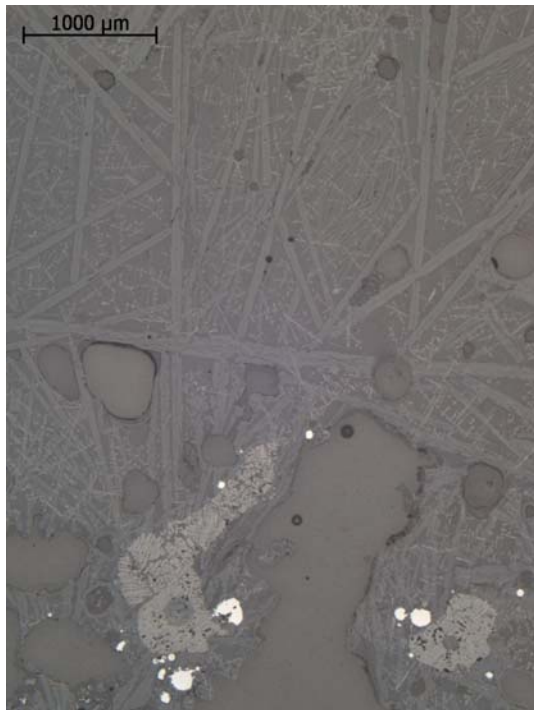
Nästan hel cirkelformad, konvex-konvex skålla, 90×90×40 mm stor. Slät botten, mycket fastkittat material i botten och överytan (Fig. 13). Glasig slagg framträder överst. Stycket domineras av homogen slagg med lokalt stora hålrum, främst centralt. Längs bottenytan finns koncentrationer av svampigt metalliskt järn (Fig. 14).



Figur 13. Fnr 55. Slaggens överyta med mycket fastkittat material.



Figur 14. Fnr 55. Tvärsnitt av slaggen med ansamling av metalliskt järn i nedre delen (glänsande) i för övrigt homogen slagg. I den blå rutan har slaggen undersökts i mikroskop och i det rödmarkerade området har järnet analyserats.



Figur 15. Fnr 55. Representativt utseende för den homogena slaggen. Den domineras av olivinlameller och en glasfas. I nedre delen syns också koncentrationer av wüstit och mindre ansamlingar av metalliskt järn (vita).

Provet täcker slaggens hela tjocklek i dess ytterkant. Bottenskiktet består av ett blandat material som är hopkittat delvis med hjälp av rost. Här finns kvartskorn och kolstycken. Ovanpå detta har slagget smält fast. Slaggen är likartad i hela provet. Den domineras av olivinlameller och en mellanliggande glasfas (Fig. 15) samt mindre mängder leucit. I nedre delen, strax över bottenskiktet, finns långsmala ansamlingar av metalliskt järn vilka beskrivs utförligare i den metallografiska analysen. I samma område förekommer dendritisk wüstit som i övre delen dock endast finns som mycket små dendriter mellan de grövre olivinlamellerna som är zonerade.

Denna smideskälla är tämligen homogent uppbyggd jämfört med många andra men har likheter med Fnr 41. Den innehåller en slaggvolymer som är tämligen likartad i sin sammansättning, förutom en järnkoncentration i bottenskiktet. Den innehåller tämligen små mängder wüstit jämfört med flera av de andra slaggerna. Men, likt de flesta andra har olivinlamellerna olika sammansättning i kärnan och i kanten vilket speglar växlande temperatur.

Fnr 56 (fas 4)

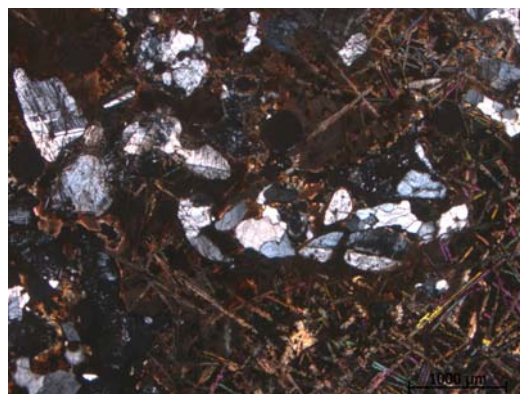
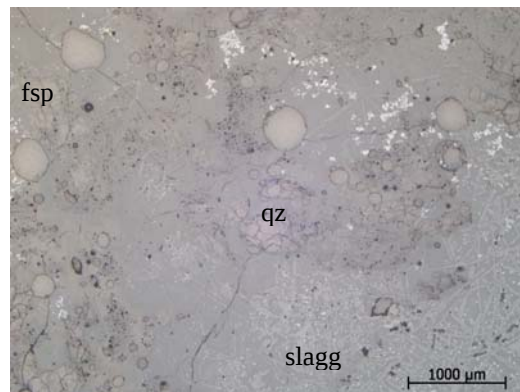
Nästan hel och oval eller endast halv och ursprungligen cirkelformad slagget som är plan-konvex. Storlek: 130×90×50 mm. Tydliga slaggrösträngar framträder i botten såväl som på överytan. Stycket är komplext uppbyggt och saknar tydlig slaggsål-form. Det domineras av slagget som är homogent i sammansättning även om det förekommer mindre slaggvolymer med avvikande, mörkare sammansättning (Fig. 16).

Insmält i slaggen, på flera nivåer, finns stenar och grusigt material, längs ytterkanten eventuellt också finkornigare kiselrikt material.

Provet är valt centralt i slaggen och omfattar hela dess tjocklek. Stycket är komplext uppbyggt med växelvisa ansamlingar av egentlig slagg som är hopsmälta med kiselrikt material, som delvis också har smält. Det består huvudsakligen av kvarts och fältspat. Mineralkornen är ganska grova, betydligt grövre än det mer sandiga material som förekommer i de flesta andra slaggar.



Figur 16. Fnr 56. Tvärsnitt genom slaggen med det undersökta provet markerat.



Figur 17. Fnr 56. Detalj från mikroskopet där slagg är hopsmält med kiselrikt material i form av kvarts (qz) och fältspat (fsp). Bilderna visar samma utsnitt, men med olika inställningar i mikroskopet.

Slaggen varierar något i sammansättning. I de flesta förekommer olivinlameller och en glasfas. I den övre delen finns även dendritisk wüstit och magnetitkristaller. Magnetit förekommer även i andra slaggansamlingar tillsammans med både olivin och glas eller enbart glas.

Materialet som har byggt upp detta stycke är varierat. Dels har slagg av olika sammansättning runnit ner i härden vid olika tidpunkter dels har kvarts- och fältspatrikt material blandats in (Fig. 17). Till skillnad från i flera av de andra slaggerna är det inte en del av bottenskiktet i härden. Det kan inte heller vara fråga om sand som har tillsatts i processen eftersom materialet dels är för grovt, dels för varierat i sin sammansättning. Möjligen kommer det från stenar som har följt med kolet eller del av härdens väggar som har gått sönder. Det ser dock ut som om det har legat i härden och värmts upp så mycket att det i kontaktytorna med slaggen har blandats med och påverkat slaggens sammansättning. Denna slagg har relativt stor andel magnetit, även om wüstit också förekommer. Det visar att förhållandena har varit mer oxiderande än vad vi ser i många av de andra.



Figur18 . Fnr 61. Tvärsnitt genom slaggen med det undersökta provet markerat.

Fnr 61 (fas 4)

Del av skålla/slagg med osäker form, konvex-konvex i profil, 110×70×50 mm stor. Stycket är mycket komplext uppbyggt. Det mesta förefaller vara smält kiselrikt material (Fig. 18) med ursprung av varierande kornstorlek. Möjligen finns även små volymer av slagg. Insmält i stycket finns även kolstycken.

Det analyserade provet omfattar den övre delen av stycket. Detta är komplext sammansatt och innehåller omväxlande delvis smälta kvartsrika områden och slagg. De kvartsrika delarna dominerar. Här finns en mycket kiselrik glasfas med spridda kvartskorn. Slaggen innehåller olivinlameller och en glasfas samt spridda järndroppar. I stycket finns också några inneslutna kolstycken.

Det mesta i denna fyndpost är inte slagg utan smält material som i provet troligen är delvis smält kvartssand. I stycket i övrigt finns även en del andra komponenter. Den höga temperaturpåverkan visar okulärt att det hör hemma i ett metallhantverk och undersökningen i mikroskop avslöjar också ett litet slagginnehåll som ytterligare styrker detta.

Fnr 62 (fas 4)

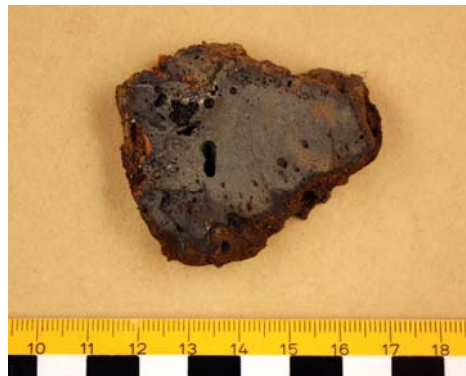
I fyndposten ingår två oregelbundna klumpar utan tydlig form som är karaktäristisk för skållor (Fig. 19). I tvärsnitt (Fig. 20) framgår att de är homogent uppbyggda.

Provet omfattar nästan hela slaggens tjocklek, förutom det fastkittade materialet. Slaggen är tydligt uppbyggd av flera slaggsikt, i vissa fall med tydliga kontakter mellan skikten. Kontakterna definieras främst genom förändringar i kornstorlek eller proportioner mellan de ingående mineralen utan att det syns tecken på avbrott i slaggtillförsel eller mellanliggande avsvälning och upphettning (Fig. 21). Alla skikt innehåller olivinlameller, en glasfas och dendritisk wüstit. Andra järnoxider än wüstit är också vanligt förekommande. Dels finns kristaller av järnoxid med sammansättning nära magnetit (Fig. 22) men med innehåll även av andra ämnen (inte möjligt fastställa genom enbart mikroskopering), dels koncentrationer av magnetit. Dessa finns mestadels i slaggens övre delar och är i några fall långsmala med en form som är typisk för glödska. Dessutom är wüstiten vanligen komplext sammansatt med fläckar av magnetit.

Stora delar av slaggen är tämligen grovkornig vilket visar att den har stelnat långsamt. Inga zonerade olivinlameller har observerats vilket antyder att temperaturen inte har fluktuerat. Förekomsten av magnetit och komplext uppbyggda wüstitdendriter visar dock att syretillgången bitvis varit hög.



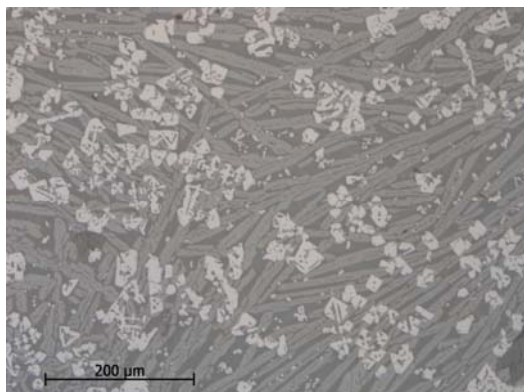
Figur 19. Fnr 62. Två av de oregelbundna slagglumparna.



Figur 20. Fnr 62. Tvärsnitt genom den provtagna slaggen som är mycket homogent uppbyggd. Hela tvärsnittet är analyserat.



Figur 21. Fnr 62. Delar av slaggen där tre olika skikt kan anas med hjälp av skillnader i mineralproportioner och kornstorlekar.



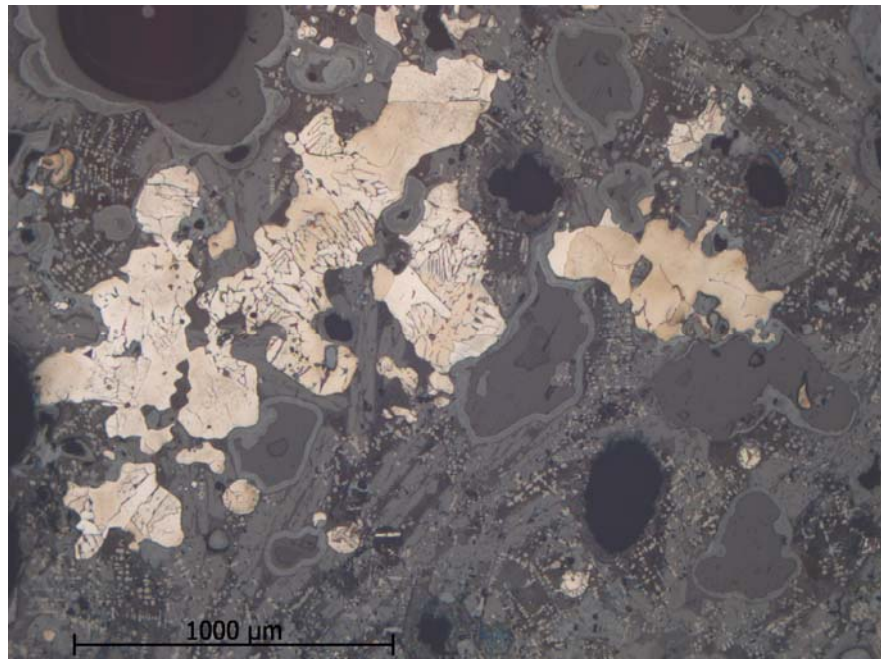
Figur 22. Fnr 62. Detalj på magnetitkristaller (ljusa kantiga former) tillsammans med olivinlameller (långsmala grå) och en glasfas (mörkare grå).

Metallografiska analyser

Fnr 41 (fas 2)

Ansamling av svampigt metalliskt järn i slagg (se fig. 2). Slaggen består av olivin, wüstit och en glasfas och är homogen i detta lilla tvärsnitt.

Vid etsning framträder ett järn med genomgående låg kolhalt (Fig. 23). I såväl den något större ansamlingen som i flera av de mindre framträder tydligt en tämlig grov textur med ferrit och lite perlit. Den totala kolhalten är några tiondels viktprocent, på gränsen till att stålet ska vara hårdbart.



Figur 23. Fnr 41. Foto från mikroskopet (skala i nedre vänstra hörnet) på etsat prov. Järnet är oregelbundet i formationen och omgivet av slag. Järnet har en låg kolhalt och består av ferrit (bruna fält) med mindre mängder perlit (tunna strimmor av blå-brunt). Den omgivande slaggen består av olivin, wüstit och en glasfas (i flera grå nyanser). De svart fläckarna är hålrum, vanligen omgivna av grå kanter av rost.

Fnr 55 (fas 1)

Större och mindre ansamlingar av metalliskt järn i slag (se fig. 14). Slaggen består av långsmala olivinlameller, en glasfas och mindre mängder finkornig wüstit.

Järnet varierar i sammansättning från formationer med i princip enbart ferrit till sådana med snarlika mängder av ferrit och perlit till enstaka som innehåller nästan enbart perlit. Det innebär stora skillnader i kolhalt från kolfritt järn till knappt 1 procent kol i stålet och metallen är heterogent sammansatt.

Homogen slag med järnkoncentration

Efter att ha undersökt ett urval av slag ur respektive grupp är det möjligt att göra några sammanfattande iakttagelser och jämförelser. I den första gruppen finns slag som i huvudsak är homogena i sammansättning, Fnr 41, 44 och 55. De har rikligt med hålrum, främst i centrala delar (i profil) och längs bottenytan finns oregelbundna koncentrationer av svampigt metalliskt järn. Bottenytans konvexa form är också snarlik och två av dem har liknande konvexa överytor (Fnr 41 och 44) medan en tredje (Fnr 55) är plan eller konkav.

De två senare, Fnr 41 och Fnr 55 har undersökts ytterligare i mikroskop. I båda är slaggen homogen uppbyggd (Fig. 2 och 14). Slaggerna skiljer sig dock något från varandra med avseende på sammansättning. Även om båda innehåller olivin, en glasfas och lite

leucit finns en skillnad i wüstitmängd. Wüstit förekommer i Fnr 41 i liknande mängd som olivin men i betydligt mindre mängd i Fnr 55. Denna skillnad återspeglas också de totalkemiska analysresultaten (Tabell 3) med en lägre järnhalt i Fnr 55 med den mindre wüstitmängden (wüstit har sammansättning FeO). I de totalkemiska analyserna har inte koncentrationerna av metalliskt järn ingått.

Dessa järnansamlingar har dock undersökts i mikroskop och denna metallografiska analys visar svampiga ansamlingar av järn i slag. I Fnr 41 är järnet relativt homogent i sammansättning med genomgående mycket låg kolhalt. Fnr 55 uppvisar en betydligt större variation med såväl kolfritt järn som stål.

I övrigt fanns inga större mängder av järn att undersöka och det är med utgångspunkt i detta ringa material inte möjligt att dra några slutsatser om vilket järn som smederna har bearbetat och därmed inte heller vilken typ av produktion det har rört sig om. Med hjälp av förekomst av sand i slaggerna finns det dock indikationer på att vällning, möjligen av järn/stål av olika sammansättningar har skett.

Homogen slag

Slagger som huvudsakligen innehåller endast slag och där slagen är tämligen homogena i sammansättning finns i några fyndnummer. Dessa är okulärt av samma typ som de föregående men inget metalliskt järn har observerats. Tydliga slagger i denna grupp är Fnr 43, 46 och 62 (Fig. 3 och 20) även om de i ytterkanten i något fall har avvikande material. Två andra slagger är något mer komplexa. Bland dessa finns Fnr 47 som har insmält kiselrikt material i en ytterkant men i övrigt är homogen, och Fnr 49 som i nedre halvan är mycket homogen, men har annat material i övre delen.

Bland dessa har Fnr 43, 46 och 62 undersökts mer detaljerat i mikroskop och Fnr 43 och 62 har analyserats kemiskt (Tabell 3). Alla tre är skiktvis uppbyggda vilket skiljer dem från de formmässigt likartade med innehåll av järn som är mer homogena. Proportionerna mellan slaggenas faser, olivin, wüstit och glas, varierar från skikt till skikt i alla tre (se t.ex. fig. 21), men slagen har troligen växt till under en kontinuerlig process. Temperaturen har dock troligen fluktuerat något vilket har påverkat olivinkristallernas uppbyggnad med olika sammansättning i kärnan och ytterkanten, så kallad zonering. I främst Fnr 62 (Fig. 22) och i mindre omfattning i Fnr 43 syns också påverkan från ökad syretillgång under processen som bildat magnetitkristaller.

Uppdelningen mellan homogen slag med järninnehåll respektive homogen slag (utan synligt järn) som gjordes efter den första delningen av slaggerna upplevdes som något tveksam och man kan fråga sig om den verkligen representerar något reellt eller om slaggerna i de två grupperna egentligen är av samma typ. Efter genomförda analyser kan vi konstatera att de i stora drag är mycket likartade, om vi bortser från järninnehållet, men att en intressant skillnad kvarstår. Slaggerna med järn består av en större homogen slagvolym, medan de utan järn är tydligt skiktvis uppbyggda även om slagen har tillförts kontinuerligt. Möjligen beror det på att de homogena kommer från en process där mer slag har behövt

rensas ur den järnråvara som smeden har bearbetat och han samtidigt har förlorat lite järn till slaggen. Skillnaden är dock delvis marginell men vi ser samtidigt också att de två homogena saknar förekomst av magnetit som sporadiskt förekommer i de andra. Magnetit bildas vid mer oxiderande förhållanden (rikligare tillgång på syre) och metalliskt järn vid reducerande. Detta innebär att det istället är en effekt på skillnader i lufttillförsel som slaggerna speglar.

I korthet kan vi notera att det kan röra sig om två något olika processer där den första gruppen slaggar representerar smide av slaggrikare järn eller större föremål. Den senare slaggruppen motsvarar tydligare slutfasen i föremålssmidet.

Komplexa slaggar

Till denna grupp hör fyndnummer där slagg och kiselrikt material är mer eller mindre hopsmält med varandra och växellagrade. Här finns Fnr 54 och 56 som tydliga exempel (Fig. 12 och 16). Som nämnts ovan kan eventuellt Fnr 47 höra hemma här men är mestadels betydligt homogenare.

Både Fnr 54 och 56 har en slagghkomponent och en beståndsdel som domineras av kiselrikt material som är mer eller mindre smält (Fig. 17). De skiljer sig dock åt vad gäller den kiselrika komponenten. I Fnr 54 finns nästan enbart kvartskorn av jämn kornstorlek men i Fnr 56 förekommer både kvarts och fältspat i varierande kornstorlek men mestadels betydligt grövre än i Fnr 54. I Fnr 54 representerar kvartskornen troligen användandet av sand i smidet antingen för att skydda järnet från att oxidera eller som hjälpmedel i sammanvällningen av järnet. I Fnr 56 är materialet för grovt och varierat för att kunna komma från vällsand. Möjligen är det här endast en förorening av stenar från kollagret eller delar av smideshårdens infodring som hamnat i slaggen och det kiselrika materialet har i detta fall inte haft någon egentlig funktion i smidet. Slaggen i sig är dock likartad i de båda fyndnumren och liknar även de tidigare beskrivna slaggerna med förekomst av zonerade olivinkristaller till följd av växlande temperaturer och dessutom förekomst av glödskafragment.

Fyndposter med annat material

Två slaggar, Fnr 50 (Fig. 8–9) och Fnr 61 (Fig. 18), innehåller nästan ingen egentlig slagg alls utan huvudsakligen mer eller mindre smält kiselrikt material vilket dock är en del av smidet.

Undersökningar i mikroskop bekräftar att det mesta i dessa fyndposter inte är slagg utan mer eller mindre smälta kvartskorn (Fig. 10). I båda proven finns glas som troligen är delvis smält kvartssand. I framförallt Fnr 50 är detta material homogent vilket tyder på att det kan vara sand som är använt för vällning eller oxidationsskydd för järnet. Båda proven visar tecken på hög temperaturpåverkan vilket är karaktäristiskt för metallhantverk och förekomsten, även om den är ringa, av insmält slagg visar ytterligare att de hör hemma i järnsmidet. Det senare kan vara viktigt att konstatera även ur en annan synvinkel eftersom ett av de

daterade kolstyckena kommer från Fnr 50 och det är hantverket som blir daterat och inte någon annan verksamhet.

Kemiska analyser

Analysbakgrund

Fyra slagger (Fnr 41, 43, 55 och 62) från tre olika lager/faser (se Tabell 2) analyserades med avseende på totalkemisk sammansättning. Vid denna analys får man information dels om de huvudämnen som ingår i proven t.ex. järn och kisel, men även ämnen som förekommer i mindre mängder eller i ännu lägre spårhalter. Huvudämnen som järn och kisel förekommer i nästan alla slagger från järnframställning och smide och är i allmänna drag ett mått på hur processen fungerat. För järnframställning gäller generellt att ju lägre total järnhalt det är i slaggen desto bättre har utvinningen ur malmen fungerat. När det rör sig om smidesslagger kan höga järnhalter vara ett tecken på ett smide där det metalliska järnet har bidragit med material till slaggen medan höga kiselhalter kan betyda tillsättning av t.ex. vällsand. Slaggerna är dock inte så pass rena i sammansättning att det enbart är oxiderat järn och sand som har bidragit till deras uppbyggnad. Innehåll av kalium kan komma från bränslet eller från leran i infodringen och i det senare fallet vanligen tillsammans med ett aluminiuminnehåll. Ämnen som förekommer endast i bråkdelen av viktsprocent har vanligen inte någon större effekt på processen men agerar som en sorts fingeravtryck, eller markörer, för det geografiska och geologiska område som den använda malmen kommer från. En del sådana ämnen förekommer tillsammans i grupp och avsaknad eller förekomst av dem kan antyda vilken region ett material är likartat med och där det följaktligen kan ha sitt ursprung. Men det kan vara svårt att särskilja en enda lokal malmtäkt i en sjö eller en myr från en som ligger några kilometer bort eftersom dessa sannolikt har bildats inom samma bergartsområde med liknande typ av vittring, transport och avsättning. Berggrunden har stor effekt på malmernas sammansättning och såväl bergmalmer som limonitmalm ärver många kemiska karaktäristiska drag som är utmärkande för ett specifikt bergartsområde. En jämförelse ska därmed snarare ses ur ett större regionalt perspektiv.

Analysresultat

Efter ovanstående inledning om huvudämnen och spårämnen kan vi betrakta resultaten. Fullständiga data presenteras i tabell 3. De återges enligt konventionen i form av oxider för huvudämnena och som rena ämnen för spårämnena även om alla förekommer i betydligt mer komplexa former. I tabellen kan vi se att det klart dominerande ämnet är järn som förekommer i halter upp till närmare 70 viktsprocent (som Fe_2O_3) i alla prover. Kisel förekommer i halter mellan 22 och 29 viktsprocent (SiO_2). Därefter är kalcium (ca 2–7% CaO), aluminium (ca 3–6 % Al_2O_3) och kalium (ca 2–3% K_2O) de enda ämnena som förekommer i halter över en viktsprocent i alla slagger. I en slagg (Fnr 62) förekommer också magnesium i en halt på drygt 1 % MgO , men i övriga tre understiger halten 1 viktsprocent.

Tabell 3. Totalkemiska analyser av slagger. Den första delen av tabellen presenterar halter av huvudelementen i viktsprocent medan andra delen presenterar halter av spårelement i mg/kg. Analyserna är genomförda av ALS Scandinavia AB, analys nr L0905986 och L0905987. Allt järn är återgivet som Fe_2O_3 .

Ämne	Fnr 41	Fnr 43	Fnr 55	Fnr 62
SiO_2	22,6	21,9	28,9	26,6
TiO_2	0,139	0,129	0,234	0,148
Al_2O_3	3,12	3,31	5,60	4,36
Fe_2O_3	69,1	67,4	56,3	69,4
MnO	0,414	0,143	0,132	0,461
MgO	0,719	0,638	0,986	1,07
CaO	4,81	7,25	7,18	1,94
Na_2O	0,587	0,582	0,947	0,980
K_2O	1,91	2,38	2,89	1,79
P_2O_5	0,273	0,408	0,505	0,430
Glödförlust	-4,40	-4,30	-3,50	-6,00
Summa	99,3	99,8	100	101
Be	2,31	2,55	2,93	2,77
Sc	<1	1,7	4,31	3,51
V	28,8	26,8	39,3	36,1
Cr	56,5	36,8	56,5	53,1
Co	19,1	25,7	20,5	13,6
Ni	18,0	14,2	20,2	16,2
Ga	5,35	4,55	5,40	5,48
Rb	54,1	60,4	76,9	54,0
Sr	164	200	211	97,1
Y	6,77	5,93	14,0	10,9
Zr	77,8	70,3	94,8	66,7
Nb	3,89	3,87	<6	4,51
Mo	7,01	12,3	26,7	8,34
Ba	319	367	486	293
La	8,98	9,08	20,9	14,8
Ce	32,7	30,9	67,9	41,0
Pr	1,80	1,87	4,61	3,31
Nd	6,37	6,58	16,6	11,6
Sm	1,22	1,22	3,09	2,27
Eu	0,236	0,215	0,468	0,375
Gd	1,35	1,28	3,14	2,41
Tb	0,231	0,187	0,467	0,352
Dy	1,25	1,02	2,66	1,91
Ho	0,255	0,221	0,537	0,406
Er	0,756	0,691	1,61	1,24
Tm	<0,1	<0,1	0,232	0,185
Yb	0,745	0,718	1,67	1,29
Lu	0,142	0,128	0,248	0,196
Hf	1,50	1,43	2,01	1,40
Ta	0,295	0,289	0,540	0,336
W	1,51	1,15	1,45	1,86
Th	1,52	1,70	3,12	2,90
U	1,15	1,20	3,16	1,76

Redan vid provtagning av slaggerna, när de delades noterades att flera av dem var komplext uppbyggda med innehåll av andra komponenter än slagg. Prover för kemiska analyser valdes på grundval att de inte skulle innehålla bottenskikt av sand eller synliga insmälta sandlager. Vid undersökning i mikroskop av de kemiskt analyserade slaggerna framkom också det endast var slagg som ingått i analyserna (se t.ex. fig. 2, 3, 14 och 20). Därför kan vi utesluta inblandning av större infodringsfragment eller sandklumpar, vilka inte ingått i processen, som påverkande faktorer för resultaten i tabell 3. Om inblandning finns har dessa komponenter smält helt och homogeniserats i slaggen. Efter att ha kunnat konstatera att det är rena slaggar som har analyserats ger det oss möjlighet att kunna följa slaggen bakåt i processen och relatera den till framställning och malmer. Inom ramen för det nu genomförda projektet ingår endast en enkel inledande jämförelse med tillgängligt referensmaterial men en sådan jämförelse kan utvecklas och förfinas i framtida projekt.

Huvudsakligen presenteras resultaten som absoluta värden i diagrammen och inte i proportioner mellan parvisa ämnen. Detta förfaringsätt valdes eftersom en stor del av de äldre analysdata innehåller så få ämnen. Vanligen kan proportioner bättre åskådliggöra skillnader och likheter mellan olika grupper av slaggar och malmer. Här får vi istället en fingervisning om det är extremt höga och/eller låga halter av några specifika ämnen.

Jämförelse av huvudämnen

Analysresultaten för de fyra analyserade slaggerna från Smedjegatan omfattar såväl huvudelement som spårelement. Äldre analyser av såväl malmer som slaggar är i många fall begränsade till några av huvudelementen. För att kunna jämföra med ett större referensmaterial inleder vi därför med att se på några av dessa, från de omkringliggande landskapen, för att kunna ringa in de slaggar och malmer som visar mest överensstämmelse med slaggerna från Smedjegatan för att sedan betrakta en mindre mängd referensdata där fler ämnen är analyserade. Data är hämtade från GALs analysdatabas och det mesta finns presenterat i olika projekt. Vi hänvisar inte till dessa mer än i de fall något specifikt pekas ut. Databasen är dock inte heltäckande varför vi ska ha i åtanke att det finns flera presumtiva områden som inte är representerade. Data har valts ut huvudsakligen på geografiska grunder vilket innebär att det finns en spridning i tid från äldsta delarna av järnålder till medeltid. Det viktiga i detta sammanhang är att ta reda på vilka geologiska och kemiska förutsättningar som finns för järnframställningen oavsett tid och process. Som nämnts ovan har den regionala berggrunden betydelse för såväl bergmalmernas som limonitmalmernas kemiska sammansättning, vilket i sin tur avspeglas i slaggerna.

Vid denna utvärdering rör det sig i många fall om att utesluta vissa platser på grund av att där finns ämnen som saknas i slaggerna från Smedjegatan, och tvärtom. Järn och kisel ingår ofta även i äldre analysdata men tillhör inte de som är mest lämpliga för att spåra ursprung. Järn är det ämne som utvunnits varför avsikten varit att ta till vara så mycket som möjligt i metallform så järnhalten i en slagg jämfört med i en malm berättar mer om processens effektivitet än råvarans

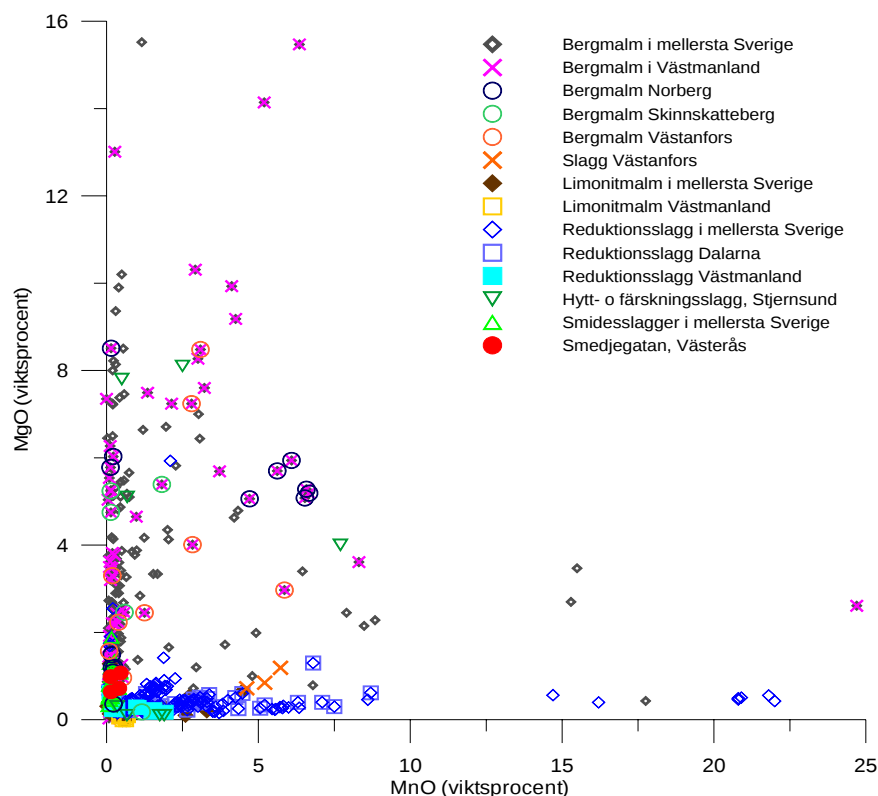
ursprung. Kisel är det ämne som till stor del fyller upp resten i slaggerna, och i sjö- och myrmalmer, men ämnet förekommer även i bergmalmer. Aluminium är vanligt förekommande i sjö- och myrmalmer men kan också ha andra ursprung som delar av ugnsväggen. Kalium kan komma från ugnsvägg och bränsle och är därför inte entydigt för att spåra ursprung. Kalcium kan vara lämpligt i vissa fall, speciellt när det gäller järnframställning i blästugn eftersom det huvudsakligen representerar malm med litet inslag från bränsle. Men, det är mindre lämpligt om det handlar om järnframställning i masugn där tillsättning av kalk till malmerna under processen kan ge ett stort bidrag till slaggen. Å andra sidan kan därmed höga kalciumhalter vara ett tecken på vilken process och vilken malmtyp som har använts, dvs. bergmalm i masugn. Fosfor är ett ämne som är vanligt förekommande i sjö- och myrmalmer och har i blästugnarna bidragit till att tillverka ett fosforförande järn av mestadels god kvalitet. Fosfor i bergmalmer har man dock traditionellt försökt undvika eftersom masugnens högre temperaturer har medfört att större andel fosfor har gått in i järnet och i stället gett det försämrad kvalitet. Därmed kan fosforhalt i slaggen vara vägvisande för såväl råvarans ursprung som vilken process som använts i tillverkningen och vi ska titta mer på fosforinnehållet i dessa slaggar.

Eftersom en stor del av de tidigare genomförda analyserna endast omfattar huvudämnena, som vi berört tidigare, ingår flera malmer och slaggar bland de inledande huvudämnena i följande jämförelser med referensdata än bland de efterföljande spårämnen. Det innebär att en del av de områden som kan tänkas vara rimliga alternativ som ursprungsområden med utgångspunkt i huvudämnenas förekomst inte i samtliga fall kan följas upp med hjälp av spårämneshalterna. Därför är det möjligt att flera av dessa platser fortsatt är möjliga råvarukällor, men det kan inte bekräftas. I utvärderingen som följer efter resultatjämförelserna återkommer vi till detta.

Mangan och magnesium

Men, vi börjar med två andra ämnen som är vanliga i malmer nämligen mangan och magnesium. Mangan förekommer i kraftigt varierade mängder i limonitiska malmer, dvs. sjö- och myrmalmer och det finns många exempel på järnframställning i blästugn där reduktionsslaggerna har manganhalter på ca 20 viktsprocent MnO även om halter upp till 10 % är vanligare. Mangan förekommer dock inte lika frekvent i de svenska bergmalmerna. I dessa är magnesium vanligare. I enstaka områden i landet finns förhöjda magnesiumhalter även i limonitmalmer, t.ex. i sydvästra Småland, men i Mälardalen och Svealand i stort är det ovanligare. Om vi jämför slaggen från Smedjegatan med såväl slaggar som malmer från mellersta Sverige ser vi snabbt att slaggen från Smedjegatan hör till dem som har lågt manganinnehåll (Fig. 24). Reduktionsslaggar från t.ex. Dalarna, har en större variation än reduktionsslaggar från Västmanland, där det dock förekommer slaggar med högre manganhalt än i de från Smedjegatan, men även sådana på liknande nivå, bl.a. från Röda Jorden-området med järnframställning under äldre järnålder. Limonitmalmer, dvs. sjö- och myrmalmer och rödjordar, från regionen har också en variation inom samma intervall. De

flesta bergmalmer har dock en mycket låg manganhalt vilket motsvarar slaggerna från Smedjegatan, även om enstaka undantag finns. I stora drag kan man konstatera att enbart manganinnehållet är inte tillräckligt för att peka ut någon eller några specifika regioner utan det finns ett flertal möjliga kandidater bland annat från Västmanland.



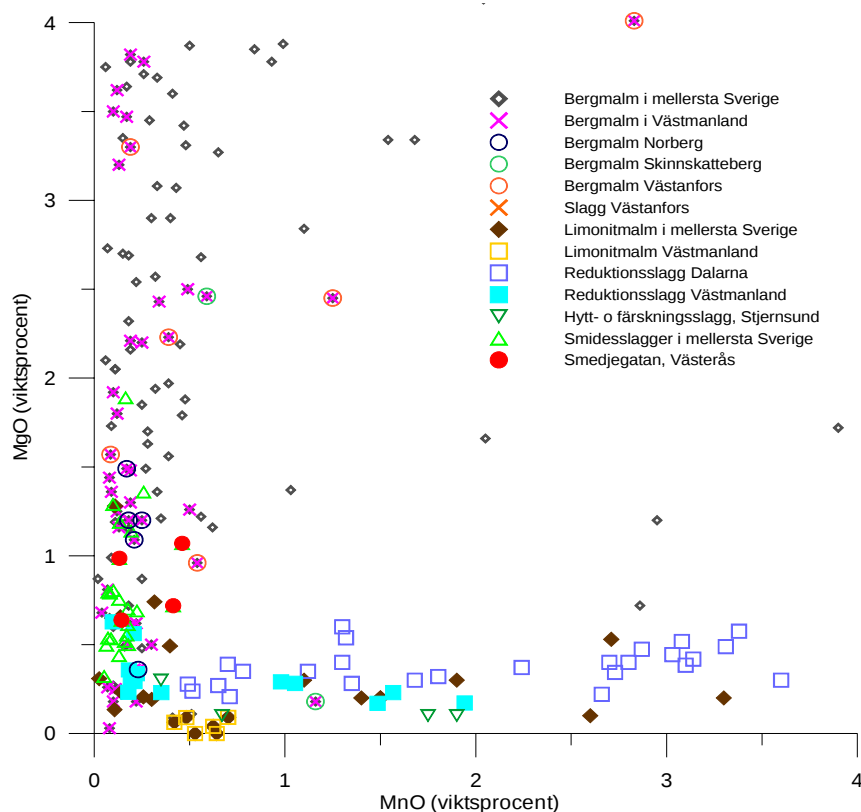
Figur 24. Jämförelse av slaggernas innehåll av magnesium och mangan. Smedjegatans slagger jämförs med slagger och malmer från framförallt Västmanland och Dalarna. Referensdata är hämtade ur GALs databas. De aktuella slaggerna tillhör de med lägst halter av mangan och bland de med lägre magnesium.

Vad gäller magnesiuminnehållet är det mycket lågt i de flesta slagger och malmer som har höga manganhalter. Därför blickar vi mot slagger, och malmer, som har en något förhöjd magnesiumhalt (Fig. 25). Här finns ett fåtal slagger från Västmanland (Röda Jorden), samt några limonitiska malmer från Borlängeområdet och från Hälsingland. I samma intervall återfinns också smidesslagger från andra platser i mellersta Sverige, bl.a. Närke (Viby sn och Glanshammars sn) och Uppland (Sigtuna). Inom samma intervall finns också några malmer från Norberg och Västanfors, men slagger från Västanfors, med samma storleksordning på magnesiuminnehåll, har något högre manganhalter. Som jämförelse har vi också inkluderat några hytt- och färskningsslagger (Stjersund) där magnesiumhalten är betydligt högre.

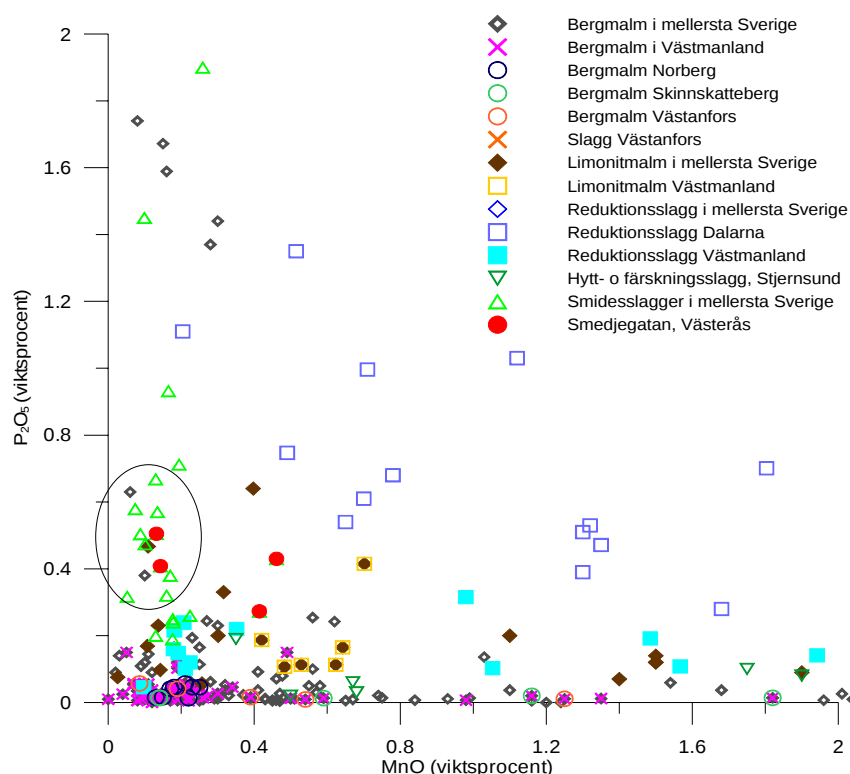
Observationerna kring mangan- och magnesiuminnehållet får till följd att det finns ett stort antal malmer och slagger i Mellansverige som har

för höga magnesium- eller manganhalter för att kunna vara presumtiva ursprungsområden. Bland dem som emellertid är möjliga hittar vi såväl limonitmalm som bergmalmer i Västanfors, Norbergs och Skinnskattebergs socknar. En del av dessa har något högre halter av endera ämnet men det förekommer lokala variationer inom dessa områden.

Vi kan därför specialgranska bergmalmerna från Norberg, Västanfors och Skinnskatteberg, alla i Västmanland. I diagrammen (Fig. 24 och 25) ses dessa som ofyllda cirklar. Bergmalmerna från Norberg (blå) uppvisar en stor variation av mangan- och magnesiumhalter. Om vi specialstuderar databasen framgår att de malmer som har halter motsvarande de från Smedjegatans smidesslagger är från Risbergsfältet och Morbergsfältet. Däremot är inte malmer från Klackbergsfältet eller Nya Kolningsbergsfältet tänkbara då dessa har betydligt högre innehåll av både mangan och magnesium. Även malmer från Skinnskatteberg (gröna) varierar i sammansättning och de i databasen som är mest tänkbara är från Riddarhyttfältets Rödgruvan och Bäckegruvan. Bland malmer från Västanfors (orange) finns variationer även inom mer begränsade områden, t.ex. Meling där några av malmerna är tänkbara men andra mer osannolika. Rimligen kan också malm från Stortäktsgruvan vara tänkbar med utgångspunkt i mangan- och magnesiumhalterna.



Figur 25. Jämförelse av slaggernas innehåll av magnesium och mangan. Detalj ur föregående figur. Andra smidesslagger och ett fåtal slagger från järnframställningsområdet i Röda Jorden uppvisar likheter med Smedjegatans slagger.



Figur 26. Jämförelse av slaggernas innehåll av fosfor och mangan. Smedjegatans slagger jämförs med slagger och malmer från framförallt Västmanland och Dalarna. Referensdata är hämtade ur GALs databas. Diagrammet visar ett utsnitt kring värdena för de aktuella slaggena. Ett fåtal smidesslagger från Närke samt bergmalmer (se text) har liknande halter som slagger från Smedjegatan.

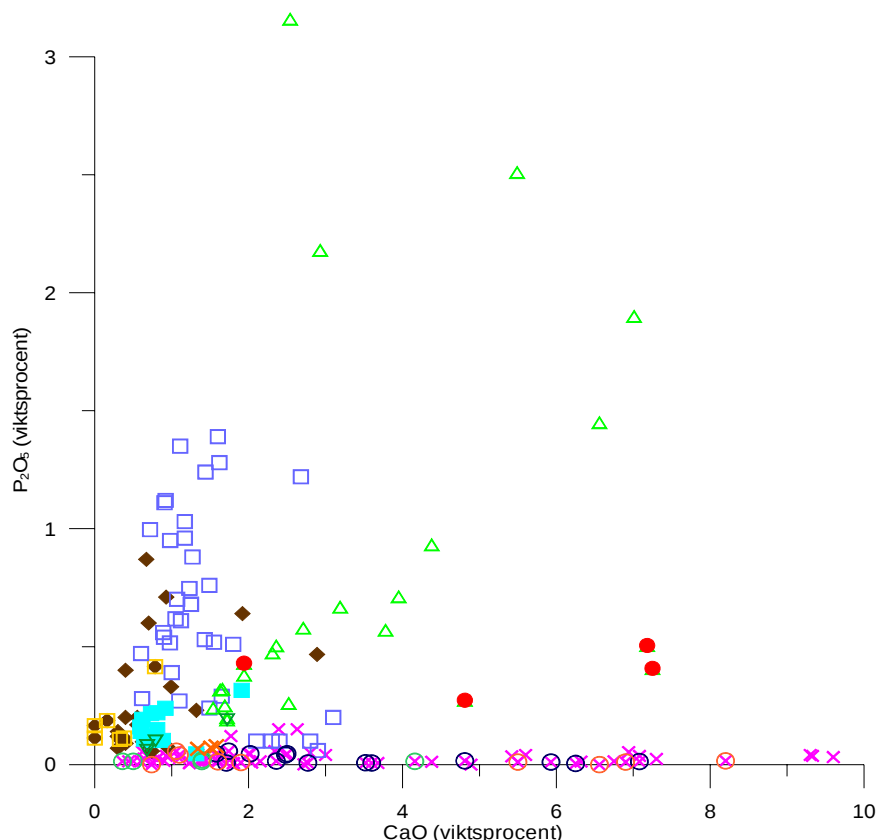
Fosfor och kalcium

När vi också studerar fosforinnehållet i samma slagger och malmer som för mangan- och magnesiuminnehållet, ser vi att även det är tämligen lågt i slaggerna från Smedjegatan. Det finns reduktionsslagger såväl som smidesslagger med fosforinnehåll av samma storleksordning (Fig. 26). Bland reduktionsslaggerna har flera från Dalarna liknande nivåer, men dessa varierar över ett stort intervall. Slagger från Västmanland, främst från Röda Jordens blästugnsområde, har dock ett genomgående lägre fosforinnehåll, också bland dem som har samma manganinnehåll. Enstaka limonitmalm har liknande fosfornivåer. Dessa är samma slagger från Dalarna och Hälsingland som också har magnesiumhalt på samma nivå som slaggerna från Smedjegatan. Även någon enstaka malm från Röda Jorden har liknande fosforhalt. Bergmalmer har mestadels fosforinnehåll nära noll, men det finns avvikande exempel med flera viktsprocent fosfor. I våra referensdata är dock bergmalmer med fosforinnehåll på samma nivå som slaggerna från Smedjegatan mycket fåtaliga. Bland dessa kan vi notera en malm från Stora Tuna och en från Grangärde. Andra smidesslagger, uppvisar en variation i fosforinnehåll. De som har liknande fosforinnehåll kommer från flera lokaler i Närke

medan de som har högre fosforhalt återfinns i materialet från Sigtunas medeltida kvarter (Hjärthner-Holdar & Larsson 1997).

Som nämnts tidigare kan dock fosfor ha tillsatts under smidet varför smidesslaggen från Smedjegatan kan ha en något högre fosforhalt än i de en gång använda malmerna. Fosforhalten är dock generellt låg även i denna slagge varför tillsättning inte är trolig. Om så är fallet kan dock även några av de fosforfattiga bergmalmerna ha använts i tillverkningen, men fosfor pekar inte ut någon kandidat tydligt. Återigen visar sig dock majoriteten av såväl slaggar som malmer från Dalarna som icke möjliga kandidater.

- ◆ Bergmalm i mellersta Sverige
- ✕ Bergmalm i Västmanland
- Bergmalm Norberg
- Bergmalm Skinnskatteberg
- Bergmalm Västanfors
- ✕ Slagg Västanfors
- ◆ Limonitmalm i mellersta Sverige
- Limonitmalm Västmanland
- ◇ Reduktionsslagg i mellersta Sverige
- Reduktionsslagg Dalarna
- Reduktionsslagg Västmanland
- ▽ Hytt- o färskningsslagg, Stjärnsund
- △ Smidesslagger i mellersta Sverige
- Smedjegatan, Västerås

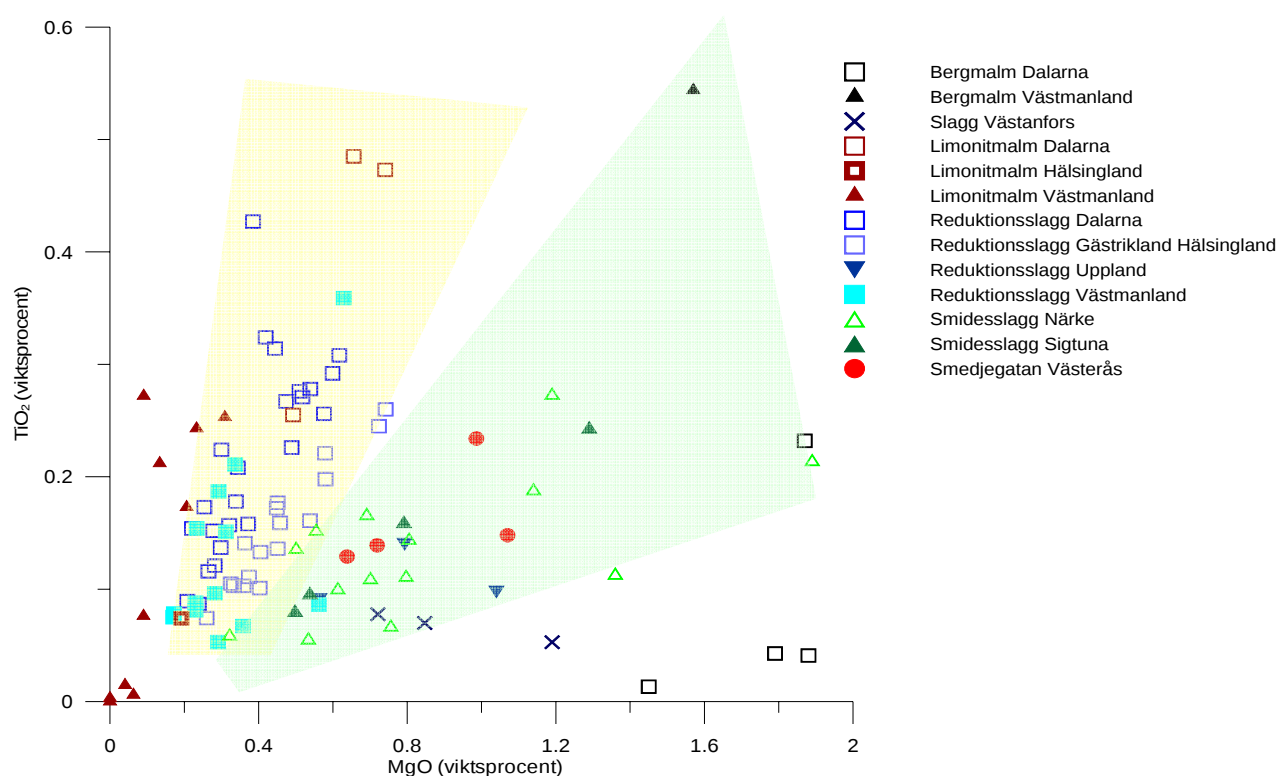


Figur 27. Jämförelse av slaggernas innehåll av fosfor och kalcium. Smedjegatans slagge jämförs med slaggar och malmer från framförallt Västmanland och Dalarna. Referensdata är hämtade ur GALs databas. Diagrammet visar ett utsnitt kring värdena för de aktuella slaggerna. Smedjegatans slagge har en större ökning av kalcium i förhållande till fosfor jämfört med de flesta andra.

Kalciumhalten i slaggerna från Smedjegatan avviker från de flesta andra slaggar i referensmaterialet (Fig. 27). Visserligen ökar kalciumhalten med fosforhalten i de flesta smidesslaggerna men slaggerna från Smedjegatan har en proportionellt sett större ökning av kalcium i förhållande till fosfor än de andra. Om detta beror på ursprung eller andra tillsatser är svårt att avgöra i detta läge, varför kalciumhalten därmed inte är det mest lämpliga ämnet för att lösa frågan om ursprung i detta fall.

Magnesium och titan

Vi har redan berört slaggernas magnesiuminnehåll och noterat att Smedjegatans slagger generellt har högre halt än närområdets reduktionsslagger från blästbruket och limonitmalm men att det finns några undantag. För att utvärdera detta ytterligare kan vi jämföra med titaninnehållet. Titan är dock ett ämne som inte är analyserat i de äldre analyserna. Här återstår därför endast en mindre mängd referensdata att jämföra med. Bland annat saknas i princip värden för Norbergsområdet som är ett av de föreslagna områdena ur flera andra perspektiv.

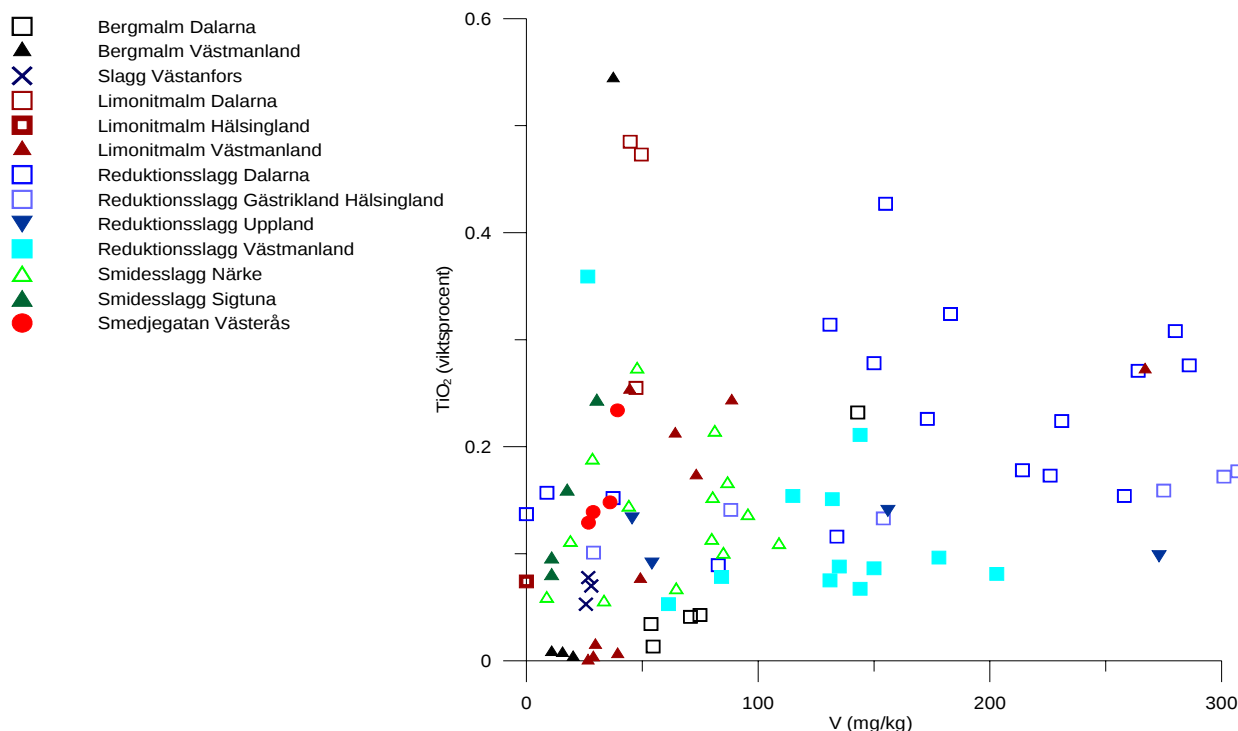


Figur 28. Jämförelse av slaggernas innehåll av magnesium och titan. Smedjegatans slagger jämförs med slagger och malmer från framförallt Västmanland och Dalarna. Referensdata är hämtade ur GALs databas. Diagrammet visar ett utsnitt kring värdena för de aktuella slaggerna. Smidesslaggerna återfinns inom det område som är grönmärkat, reduktionsslaggerna huvudsakligen i det gula fältet. Den svarta trekanten i utkanten av det gröna fältet är en malm från Meling, Västanfors.

Såväl magnesium som titan är vanliga komponenter i malmer och slagger även om halterna endast ligger på några tiondels viktsprocent. Båda är vanliga i samma bergartsmiljöer, i basiska bergarter. Vanligen är de relaterade till varandra vilket innebär att om magnesiumhalter ökar, ökar även titanhalten. Detta kan anas i diagrammet (Fig. 28) för gruppen av reduktionsslagger från Dalarna respektive de flesta från Västmanland. Liknande tendens ses för smidesslaggerna, inklusive de från Smedjegatan, men med en förhöjd magnesiumhalt jämfört med i reduktionsslaggerna. Det innebär att vi schematiskt kan tänka oss två

linjer, eller snarare zoner, i diagrammet, en brantare som omfattar reduktionsslaggerna samt limonitmalmerna i området, och en flackare som omfattar smidesslaggerna. Här kan vi därmed inte se någon direkt koppling mellan smidesslaggerna från Smedjegatan och reduktionsslaggerna.

Snarare finns det en tendens till uppdelning mellan limonitmalmerna och reduktionsslagger, dvs. från blästbruket och järnåldern å ena sidan och smidesslagger från medeltid samt ett fåtal bergmalmer å andra sidan. Trots att värden för titaninnehållet är sparsamt i bergmalmer från potentiella områden finns antydning, även om den är svag, till att det är bergmalmer som uppvisar mest likheter med de aktuella slaggen.



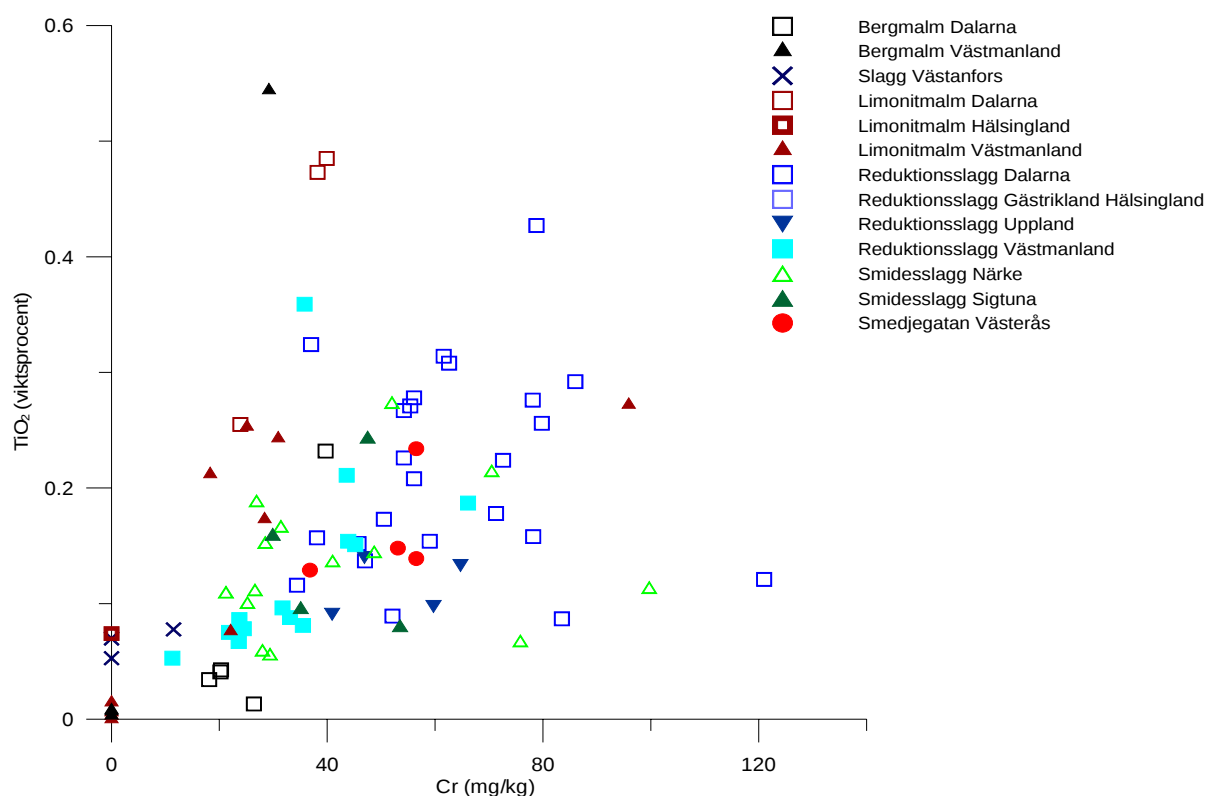
Figur 29. Jämförelse av slaggenas innehåll av vanadin och titan. Smedjegatans slagger jämförs med slagger och malmer från framförallt Västmanland och Dalarna. Referensdata är hämtade ur GALs databas. Diagrammet visar ett utsnitt kring värdena för de aktuella slaggen. Limonitmalmerna och bergmalmer har en vanadinhalt i nivå med slaggen från Smedjegatan men andra slagger har mestadels högre innehåll.

Jämförelse av spårämnen

Vanadin, kobolt och krom

Ett annat ämne som är vanligt i samma bergartsmiljö som titan och magnesium är vanadin. När vi jämför titan- och vanadininnehåll framträder tydligt att reduktionsslagger från både Dalarna och Västmanland har en mycket högre vanadinhalt än slaggen från Smedjegatan och mestadels högre än i andra smidesslagger (Fig. 29). Limonitmalmerna, men främst bergmalmer, har dock en betydligt lägre

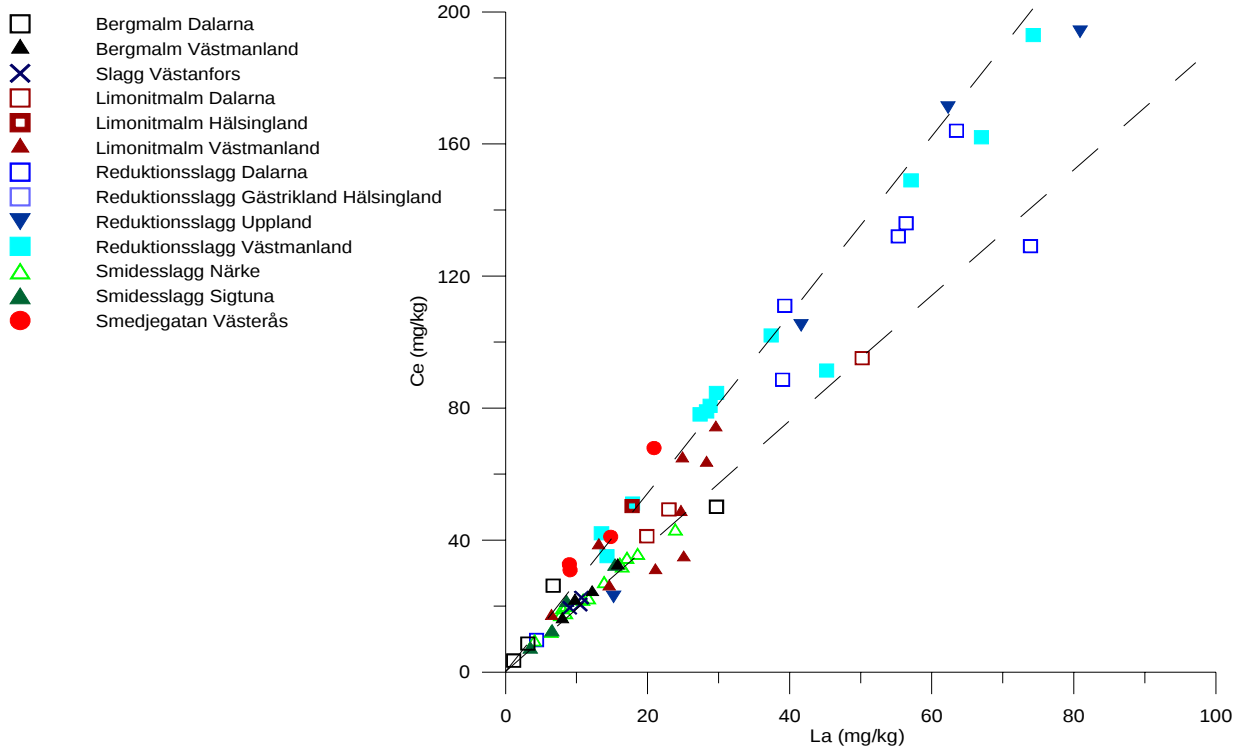
vanandinhalt, i nivå med slaggerna från Smedjegatan, men för bergmalmerna är den vanligen kopplad till betydligt lägre titanhalter. Det förhållande som är vanligt mellan titan och vanadin i andra områden är därmed inte entydigt i detta material, men medför att man inte kan utesluta de titan- och vanadinfattiga malmerna som potentiella råvarukällor. Vi ska dock ha i åtanke att slaggerna från Smedjegatan kommer från ett senare skede i processen är reduktionsslaggerna varför deras sammansättning också är beroende på om det är innesluten slagg i järnet som bidragit till smidesslaggerna eller om det är metalliskt (rent) järn som har gått förlorat och blandats med kiselrikt material.



Figur 30. Jämförelse av slaggernas innehåll av krom och titan. Smedjegatans slaggar jämförs med slaggar och malmer från framförallt Västmanland och Dalarna. Referensdata är hämtade ur GALs databas. Diagrammet visar ett utsnitt kring värdena för de aktuella slaggerna. Det finns en positiv korrelation mellan krom och titan för de flesta slaggerna som en samlad grupp, liksom för varje regional grupp av slaggar. Det innebär att finns likheter mellan smidesslaggerna från Smedjegatan och reduktionsslaggar från såväl Västmanland som Dalarna.

Det finns dock andra spårämnen som kan gå in i metallen såväl som i slaggen under processens gång som vi kan inkludera i jämförelsen för att få mer klarhet i detta. Bland dessa spårämnen finns kobolt, krom och nickel. Såväl kobolt som nickel förekommer i slaggerna från Smedjegatan i storleksordningen 20 mg/kg (Tabell 3). Det är ungefär halva mängden mot i andra smidesslaggar i vår databas, men av samma

storleksordning som reduktionsslagger från Dalarna. Intressant nog innehåller limonitmalm från Röda Jorden-området låga halter av kobolt men kobolt är inte detekterat i slagger från samma lokal. Även bergmalmer i regionen innehåller låga halter kobolt. Men, inget av dessa ämnen indikerar dessvärre någon relation mellan slaggerna från Smedjegatan och lokalerna i databasen. Om vi däremot jämför krom och titan får vi en tydligare bild (Fig. 30). De absoluta kromhalterna är något högre än både kobolt och nickel och det finns en positiv korrelation mellan krom och titan för de flesta slaggerna som en samlad grupp, liksom för varje regional grupp av slaggar. Det innebär att finns likheter mellan smidesslaggerna från Smedjegatan och reduktionsslagger från såväl Västmanland som Dalarna. Bland malmerna som finns i databasen är kopplingen mindre tydlig, och bland bergmalmerna är den ytterst tveksam vilket i detta fall gör dem mindre troliga som direkt malmkälla.



Figur 31. Jämförelse av slaggernas innehåll av de sällsynta jordartsmetallerna lantan och cerium. Smedjegatans slaggar jämförs med slaggar och malmer från framförallt Västmanland och Dalarna. Referensdata är hämtade ur GALs databas. Diagrammet visar ett utsnitt kring värdena för de aktuella slaggerna. De flesta slaggerna är väl samlade kring låga värden för båda ämnena men reduktionsslagger från både Västmanland och Dalarna har högre absoluta halter. Det finns en positiv korrelation mellan de båda ämnena. En grupp av slaggar samlar sig kring en tänkt nedre linje medan andra, bl.a. de från Smedjegatan, längs en övre. Den övre omfattar slaggar med en positiv cerumanomali (se följande diagram).

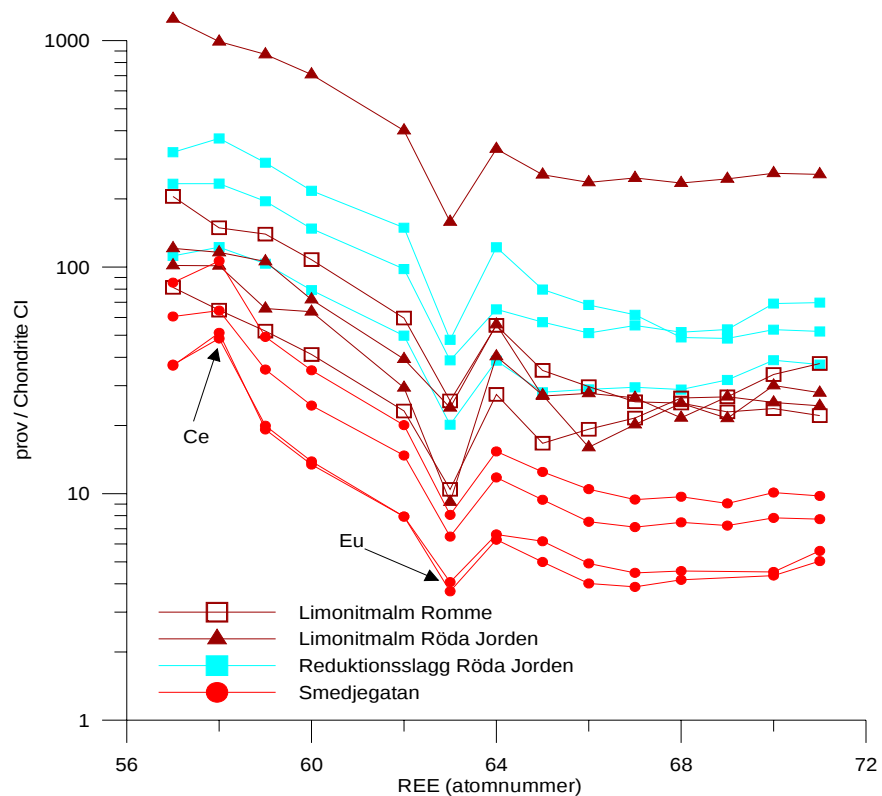
Sällsynta jordartsmetaller (REE)

Andra ämnen som förekommer i slaggerna är de sällsynta jordartsmetallerna (lantan (La) till lutetium (Lu)). De förekommer i låga halter och har, sannolikt, ingen effekt på processen eller järnet, men är användbara ur ett annat perspektiv. De sällsynta jordartsmetallerna följer varandra som grupp och har därmed förväntad inbördes positiv korrelation, och är knutna till olika geologiska miljöer. Några ämnen kan dock vara anrikade, eller urlakade, i förhållande till de andra. Detta gäller bland annat cerium (Ce) som då sägs visa en positiv eller negativ anomali jämfört med övriga. Likaså kan relationen mellan gruppen av tyngre (med högre atomnummer, Ga-Lu, HREE) respektive lättare jordartsmetaller (med lägre atomnummer, La-Sm, LREE) spegla skillnader i anrikning och urlakning i bildningsmiljö. Dessa proportioner förväntas också ärvas av slaggerna i järnframställningsprocessen. Smidesslagger som är uppbyggda av slaggb från tidigare processled kan därmed förväntas ha samma proportioner. Om metalliskt järn har bidragit till slaggernas sammansättning kan det sänka det totala innehållet av sällsynta jordartsmetaller eftersom metallen är fattigare på dessa ämnen. Om tillsättning av t.ex. sand har använts kan detta också späda ut den absoluta halten av de sällsynta jordartsmetallerna, men denna effekt har vi ovan ansett vara marginell. Därför bedömer vi det som rimligt att försöka använda även de sällsynta jordartsmetallerna som ett hjälpmedel.

Om vi inledningsvis jämför två av de lätta REE med varandra, cerium och lantan, ser vi att slaggerna tillsammans formerar sig längs en linje, eller zon, från origo till högre värden av både cerium och lantan (Fig. 31). De absoluta halterna är tämligen låga för alla smidesslagger, inklusive de från Smedjegatan. Även malmerna hittar vi på de lägre nivåerna. Reduktionsslaggerna sprider över ett större intervall och där de från Västmanland har betydligt lägre absoluta halter än de från Dalarna och Gästrikland. Om man fokuserar kring det västmanländska materialet och smidesslagger, de flesta med lägre halter, kan man ana två olika riktningar på de tänkta linjerna. Längs en övre linje, med relativt sett högre ceriumhalter återfinns slaggerna från Smedjegatan och reduktionsslaggerna från Röda Jorden-området. En del av limonitmalmerna följer samma stråk medan andra följer samma riktning som bergmalmerna från landskapet. Den övre linjen antyder att proverna har en mer utpräglad positiv ceriumanomali än slagger och malmer längs den nedre linjen.

Detta kan åskådliggöras med hjälp av ett diagram där alla sällsynta jordartsmetaller på konventionellt sätt har normaliserats till ett geologiskt referensmaterial. Det mönster som en malm uppvisar ska ärvas av slagger som bildats vid användning av malmen. För att det ska vara möjligt att urskilja något i diagrammen har vi gjort ett mindre urval tillsammans med smidesslaggerna från Smedjegatan. I det första diagrammet (Fig. 32) ingår ett urval av slagger och malmer från Röda Jorden och som referens en limonitmalm från Romme i Dalarna. Till att börja med kan vi konstatera att mönstret för smidesslaggerna från Smedjegatan är mycket lika, på olika nivåer. Likheten innebär att de är inbördes kemiskt besläktade och det är rimligt att anta att de har gemensamt ursprung. De

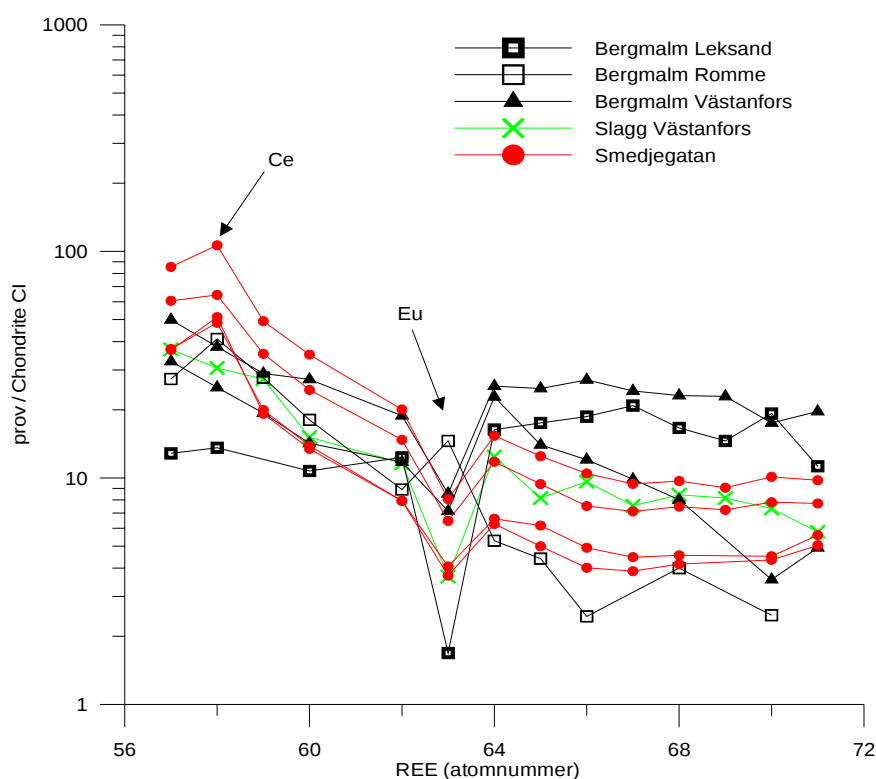
har alla en positiv ceriumanomali (topp i kurvan vid atomnummer 58). I reduktionsslaggerna från Röda Jorden är denna topp betydligt mindre. Det samma gäller för limonitmalmerna från samma område. I ett fall är ceriumanomalin dessutom negativ, och ännu mer utpräglad negativ för limonitmalmerna från Dalarna vilka därmed inte kan matchas med materialet från Västmanland. En likhet hos alla prover är den tydliga negativa europimanomalin, dvs. dalgången i kurvan för atomnummer 63. Detta ämne är därmed inte användbart för att särskilja proverna från varandra, men vi ska strax se att det finns prover med annan anomali.



Figur 32. Sällsynta jordartsmetaller (REE) normaliserade mot Chondrit-referens. Slaggen från Smedjegatan uppvisar liknande mönster med en tydlig positiv ceriumanomali. Denna är inte lika markant i slaggen från Röda Jorden. I några malmer är ceriumanomalin negativ vilket utesluter ett kemiskt släktskap. Referensdata är hämtade ur GALs databas.

I det följande diagrammet (Fig. 33) jämförs Smedjegatans slaggen med bergmalmer från Västanfors, vilka är de enda bergmalmen från landskapet i databasen där dessa ämnen är analyserade, och tillhörande slaggen samt några bergmalmer från Dalarna. Om vi fortsätter diskutera kring europiumanomalin kan vi se att bergmalmen från Västanfors och deras tillhörande slaggen har en negativ anomali liknande den från Smedjegatan och på dessa grunder stämmer de överens med varandra. Däremot har malmen ingen, eller negativ, ceriumanomali och matchar därför inte Smedjegatans slaggen. Bergmalmen från Romme har

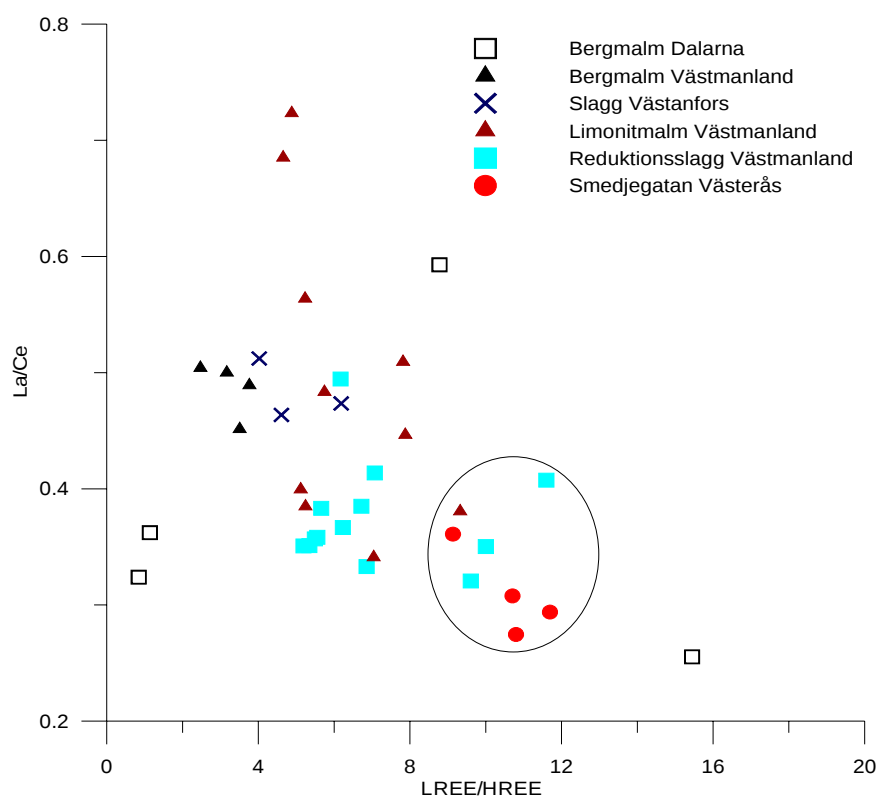
visserligen positiv ceriumanomali men också en positiv europiumanomali som tydligt skiljer den från de aktuella slaggerna. Inte heller de båda bergmalmerna från Leksand matchar slaggerna, då de båda har avvikande anomalier och dessutom skiljer sig från varandra. Dessa båda diagram visar att det inte finns något i referensmaterialet som slaggerna från Smedjegatan exakt kan kopplas till. Men, bergmalmerna från Leksand och Romme i referenssamlingen är de minst troliga. Större likheter finns faktiskt med en del av limonitmalmerna. Men, vi ska ha i åtanke att de malmer från Norberg och Skinnskatteberg som visar likheter med Smedjegatans slaggar vad gäller huvudämnen, inte har analyserats med avseende på dessa spårämnen och det är inte möjligt i det här skedet att vare sig bekräfta likheter eller avföra dem som möjliga kandidater.



Figur 33. Sällsynta jordartsmetaller (REE) normaliserade mot Chondrit-referens på samma sätt som i föregående diagram. Här illustreras de stora skillnaderna mellan Smedjegatans slaggar och bergmalmer och slaggar från Västanfors med avvikande cerium- och/eller europiumanomali. Referensdata är hämtade ur GALs databas.

För att ytterligare jämföra slaggar och malmer kan vi avslutningsvis se på förhållandet mellan gruppen av tyngre (med högre atomnummer, Ga-Lu, HREE, i diagrammet de REE som finns till höger om europium) respektive lättare jordartsmetaller (med lägre atomnummer, La-Sm, LREE) som vi berörde i de inledande raderna. I figur 34 jämförs proportionen mellan dessa med kvoten mellan cerium och lantan. Den sistnämnda kvoten blir lägre ju större den positiva ceriumanomalin är vilket illustreras av slaggerna från Smedjegatan. I detta diagram

grupperar sig malmer och slagger från samma lokal i Västanfors tydligt och antyder samhörighet, samtidigt som de tydligt avviker från slaggerna från Smedjegatan. De senare är mer lika några av slaggerna och en av malmerna från Röda Jorden. Vid närmare betraktande visar det sig att dessa slagger och malmen är från den del i Röda Jorden-området som ligger i Skinnskattebergs socken medan de andra ligger i Ramsbergs socken. Röda Jorden-området uppvisar följaktligen som grupp en likhet i jämförelse med andra platser, men det finns skillnader även inom området, och slaggerna från Smedjegatan har likheter med en del av dem.



Figur 34. Jämförelse av proportionerna mellan tunga och lätta REE och kvoten La/Ce. Slaggerna från Smedjegatan uppvisar likheter med några av slaggerna och en av malmerna från Röda Jorden. De senare (i ringen) är från den del i Röda Jorden-området som ligger i Skinnskattebergs socken medan de andra kommer från Ramsbergs socken.

Kol i slagg, vedart och datering

Utplockning av kolstycken

I samband med genomgången av alla fyndposter söktes efter kolstycken som är användbara för datering. Många slagger har mycket fastkittat material på ytan och i detta förekommer kolstycken rikligt. Dessa kolstycken har fastnat på slaggerna under tiden de har legat i lagren, efter den tidpunkt när de bildades. Det kan innebära att de inte har någon direkt koppling till den process där slaggen bildades. Därför har sådana kolstycken inte valts ut för datering. De som har plockats ut kommer

istället från slaggernas inre där de har uppmärksamats när slaggerna delades. Kolstyckena i slaggerna är i samtliga fall sådana där man kan se hur den en gång smälta slaggen har stelnat och formats runt kolet. Kolet har mekaniskt tagits ur slaggerna för en vedartsanalys. De flesta är mycket små, men några i centimeterstorlek förekommer också. I en del fall (Fnr 41, 49 och 55) finns en glasig yta på kolstyckena.

För fortsatta analyser finns:

- Fas 1. Kol i Fnr 50 och 55 samt benet Fnr 77.
- Fas 2. Kol i Fnr 41 och 49.
- Fas 4. Kol i Fnr 54 (lager 23), Fnr 61 och Fnr 62 (båda i lager 24).

Från lager 25 finns däremot inget kol inneslutet i slaggen Fnr 56. Fnr 62 är definitionsmässigt slagg, medan Fnr 61 är mer komplext uppbyggd, och lämpligt för datering ur den aspekten.

Vedartsanalys

Ur ovanstående möjliga fyndnummer valdes Fnr 50, 54, 55, 61 och 62 för vedartsanalyser (se Bilaga 1). Fnr 50 från fas 1 är hassel och mycket lämpligt för datering. Det andra kolprovet från fas 1, Fnr 55, är kärnved av ek med egenålder över 30 år. Det samma gällde för Fnr 62 från fas 4. Från fas 4 kommer också Fnr 61 där tre olika träslag var företrädade. Här ingick tall, gran och ek. I Fnr 54 från fas 4 fanns ett större stycke av tall av bra och homogen kolkvalité.

Bedömningen från vedartsanalysen, i kombination med önskemål om att en tidig och en sen fas skulle dateras, ledde till att hassel från fas 1 (Fnr 50) och tall från fas 4 (Fnr 54) har valts för datering.

Datering

Resultatprotokoll med tillhörande kalibreringsdata från

Ångströmlaboratoriet finns i bilaga 2. Resultatet för Fnr 50 (Ua-29096) är 659 ± 33 BP och för Fnr 54 (Ua-29097) är 692 ± 35 BP.

Sammanfattning och utvärdering

Järnsmide

Det undersökta materialet kommer från smide av järn. Redan vid en första genomgång av fyndposterna i magasinet kunde vi notera att allt material var påverkat av höga temperaturer och detta förknippas normalt med ett eller annat metallhantverk. Flera fyndnummer var svåra att karaktärisera morfologiskt eftersom de hade tjocka lager av sekundärt fastkittat material. Det mesta av detta var finkornigt, rostfärgat och ibland hårt cementerat på slaggerna. Detta är en inte helt ovanlig förekomst i områden där järnhantverk har ägt rum. Finkornigt spill, i form av järn som rostar, blandas med sand och bildar ett skal på slaggen eller järnföremål. Ett exempel från stadslager i Norrköping var ett ämnesjärn som hade så mycket sekundärt fastkittat material att magnetismen inte kunde observeras i ytan. Denna fastkittning kan ha skett antingen på platsen för smidet eller i de lager där slaggerna påträffades vid undersökningen.

Slaggernas rostiga beläggning dolde deras ursprungliga form men sådana som formats av smideshärden i cirkelformade såväl som ovala skållor fanns bland fyndposterna. De flesta är av likartad dimension kring ca 130×100×50 mm och bland dessa finns såväl homogent uppbyggda slaggar som sådana som har inblandning av kiselrikt material. Någon enstaka större finns också t.ex. den homogena Fnr 49, liksom en betydligt mindre, Fnr 50 som mest innehåller annat material än slagg. Förutom dessa morfologiskt tydliga skållor finns sådana som saknar karaktäristiska yttre former men hör till samma kategori av slagg. Genom noggrann granskning av hela och delade slaggar i kombination med detaljerade undersökningar i mikroskop av ett urval gjordes en indelning i fyra mer eller mindre väldefinierade grupper. Huvudsakligen baserades denna indelning på drag som kan observeras med blotta ögat. Efter att analyserna gjorts kunde denna indelning diskuteras mer nyanserat och det visade sig kunna antyda tidigare respektive senare processled i smidet, samt användning av sand. De olika grupperna har vi behandlat under benämningarna homogen slagg med järn, homogen slagg, komplex slagg och fyndposter som huvudsakligen består av annat material, men alla hör mer eller mindre till kategorin smidesslaggar

Okulärt homogena slaggar med och utan järn

Uppdelningen mellan homogen slagg med järninnehåll respektive homogen slagg, utan synligt järn, som gjordes efter den första delningen av slaggerna upplevdes som något tveksam och man kan fråga sig om den verkligen representerar något reellt eller om slaggerna i de två grupperna egentligen är av samma typ. Efter genomförda analyser kunde vi konstatera att de i stora drag är mycket likartade, om vi bortser från järninnehållet, men att en intressant skillnad kvarstår. Slaggerna med järn består av en större homogen slaggvolymer, medan de utan järn är tydligt skiktvis uppbyggda även om slaggen har tillförts kontinuerligt. Möjligen beror det på att de homogent uppbyggda med järninnehåll kommer från en process där mer slagg har behövt rensas ur den järnråvara som smeden har bearbetat och han samtidigt har förlorat lite järn till slaggen. Skillnaden är dock delvis marginell men vi ser samtidigt också att de två slaggerna med järn saknar förekomst av magnetit som sporadiskt förekommer i de som är skiktvis uppbyggda. Magnetit bildas vid mer oxiderande förhållanden (rikligare tillgång på syre) och metalliskt järn vid reducerande. Detta innebär att det istället är en effekt av skillnader i lufttillförsel som slaggerna speglar. Båda slaggtyperna är från smide av järn men de representerar troligen ett tidigare respektive senare processled i smidet där de homogena kan vara från primärsmide och de skiktvis uppbyggda med magnetitinnehåll från sekundärsmide, dvs. föremålssmidet.

Komplexa slaggar

Slagg av liknande sammansättning som de föregående med tecken på växlande temperaturer och syreförhållande med innehåll av kiselrikt material förekommer också. I några är det uteslutande kvartssand och här kan det handla om restmaterial från vällning eller från momentet att

skydda järnet från oxidation. I andra fall, med större variation i sammansättning och kornstorlek i det insmälta kiselrika materialet, finns det ingen tydlig funktion utan det kan röra sig om sekundära effekter som inrasat material eller föroreningar i bränslet.

Annat material

Det finns också material som man vid en första anblick är tveksam till om det är slag. Dessa fyndposter visar tecken på hög temperaturpåverkan, vilket är karaktäristiskt för metallhantverk och de detaljerade analyserna kunde påvisa en ringa förekomst av insmält slag. Detta styrker tolkningen om att de hör hemma i järnsmidet. Det senare var viktigt att konstatera även ur en annan synvinkel eftersom ett av de daterade kolstyckena kommer från en av dessa, Fnr 50, och det är hantverket som blir daterat och inte någon annan verksamhet.

Metaller

Den enda metall som påträffades i materialet var svampiga ansamlingar av järn i slag. I en slag, Fnr 41, är järnet relativt homogent i sammansättning med genomgående mycket låg kolhalt. I en annan slag, Fnr 55, uppvisar metallen en betydligt större variation med såväl kolfritt järn som stål. I övrigt fanns inga större mängder av järn att undersöka och det är med utgångspunkt i detta ringa material inte möjligt att dra några slutsatser om vilket järn som smederna har bearbetat och därmed inte heller vilken typ av produktion det har rört sig om. Med hjälp av förekomst av sand i slaggerna finns det dock indikationer på att vällning, möjligen av järn/stål av olika sammansättningar har skett.

De fåtaliga styckena med metall medger dock inte att dra några slutsatser om järnet har ett eller flera ursprung. Det är snarare slaggernas inbördes likartade sammansättning som antyder ett och samma produktionsområde.

Tidpunkt för smidet

De olika lagren som undersökts i gatan har tidigare grupperats i några huvudfaser (Tabell 1). Prover för ¹⁴C-datering valdes från slaggar i tidig och sen fas. I båda fallen var det kolstycken ur slaggar vilket innebär att det är bränslet som användes i smidet som har daterats. Bränslet i sig uppvisar en spridning i träslag. En större mängd prover vedartsbestämdes och här fanns såväl lövträd i form av hassel och ek som barrträd som tall och gran. I en och samma slag, Fnr 61, fanns också en variation i träslag med förekomst av tall, gran och ek. Om alla kolstycken kommer från det använda bränslet, och inte är rester från något redskap, ser vi här en betydligt större variation än vad som är vanligt i järnframställning. Dateringarna är gjorda på hassel från fas 1 och tall från fas 4. Resultaten visar ingen större skillnad utan antyder snarare att smidet är i det närmaste samtida och har ägt rum någon gång under perioden 1260/1270–1400.

Var och hur tillverkades järnet som smiddes vid Smedjegatan?

Denna undersökning har visat att alla analyserade slaggar från Smedjegatan är i stora drag mycket lika vilket innebär att järnet som smederna har bearbetat är tillverkat på samma plats, men det är osäkrare var denna plats låg. Genom att göra stegvisa jämförelser med hjälp av kemiska data kunde man också notera att smidet vid Smedjegatan i Västerås inte har fått sitt järn från samma plats som t.ex. smidet i Sigtuna. Även om slaggerna från Smedjegatan är kemiskt lika finns variationer i deras uppbyggnad beroende på att råvaran/ämnet kan ha krävt olika mycket rensning. En övergripande fråga var och är om smidet representerar vidareförädling för utskeppning eller för lokalt bruk men materialet innehåller inte sådan information som behövs för att besvara den frågan.

Tillverkades järnet i blästugn eller masugn? Användes bergmalm eller myrmalm? Frågorna ställdes inför undersökningen och kan med utgångspunkt i denna begränsade analys inte entydigt besvaras men man kan resonera kring möjligheter och förutsättningar. Utvärderingen av analysarbetet började med att huvudämnena i slaggerna jämfördes med äldre analyser i regionen av såväl malmer som slaggar.

Referensmaterialet är dock ej heltäckande utan snarare ett nedslag i några olika områden och tidsperioder. Detta första steg innebar att flera områden successivt kunde sorteras bort som möjliga ursprungskällor. Det gäller framförallt Dalarna och Närke där tillgängliga data antyder att dessa områden inte har varit rimliga leverantörer. I materialet från Västmanland visade det sig finnas såväl likheter som skillnader ibland inom mer begränsade områden.

För att kunna jämföra även spårämnen begränsades dock jämförelsen delvis av att dessa ämnen inte vanligen är analyserade i äldre data. Man kan dock notera att slaggerna från Smedjegatan har lågt manganinnehåll, vilket skiljer dem från de flesta reduktionsslaggerna från blästbruket i regionen, som dock är av äldre datum. De har ett något förhöjt magnesiuminnehåll jämfört med blästslaggar generellt vilket istället antyder en användning av bergmalmer.

Bland dessa bergmalmer finns de som inte är rimliga kandidater utan kan avföras från listan. För Norbergs del gäller det malmer från Klackbergsfältet och Nya Kolningsbergsfältet som har för högt innehåll av både mangan och magnesium. Mer lämpliga, på grundval av innehållet av dessa ämnen, är malmer från Risbergsfältet (omnämnt 1440, Pettersson 1994) och Morbergsfältet (omnämnt 1704, Pettersson 1994) eller andra malmer av samma karaktär, men det föreligger inte data på spårämnen som skulle kunna användas för att styrka dessa likheter. Bland malmerna från Västanfors socken finns också variationer även inom mer begränsade områden, t.ex. Meling som angränsar till Norbergs socken. Några av malmerna härifrån har mangan- och magnesiuminnehåll som gör dem rimliga som råvarukällor. Bland annat malm från RAÅ 169 som är ett hyttområde som har en ¹⁴C-datering, gjord i samband med fornminnesinventeringen, till 1100-talet (Pettersson 1994). En del spårämnen uppvisar dock inte lika god överensstämmelse men området är onekligen intressant att undersöka vidare. Även malmer från

Skinnskatteberg varierar i sammansättning och bland dem som finns i databasen som är mest tänkbara är från Riddarhyttefältets Rödgruvan och Bäckegruvan. För hyttor i allmänhet i Skinnskattebergs socken är det svårt att fastställa tidpunkt för anläggande. I de flesta fall kan man inte specificera närmare än till någon gång under medeltiden (Skjellberg 1997). Just Rödgruvan omnämns dock under åren 1611–12 som urgammal (Skjellberg 1997) och från 1437 finns en uppgift om gamla Riddarhyttan, som äldsta belägg (Skjellberg 1997). För dessa malmer saknas dessvärre uppgifter kring deras innehåll av spårämnen.

Ett närliggande område i Skinnskatteberg är dock järnframställningsområdet från äldre järnålder i Röda Jorden med limonitmalmförekomster och ett stort antal blästugnar med tillhörande reduktionsslagger. Den del av Röda Jorden som ligger i Skinnskattebergs socken har äldsta belägg för järnframställning från 400–200 BC, medan det finns ännu äldre dateringar i den angränsande Ramsbergs socken med flera nedslag kring 780 (770) –540 (520) BC (Grandin och Hjärthner-Holdar 2003). För dessa finns mer uppgifter kring spårämnen och flera av dessa, t.ex. vanadin, kobolt och krom uppvisar likheter med Smedjegatans slagger. Likheten är också markant när man jämför sällsynta jordartsmetaller, för såväl slagger som limonitmalmerna.

Men, vi måste ha i åtanke att bara för att det finns flera likheter mellan Smedjegatans slagger och limonitmalmerna samt blästslaggar från Skinnskattebergs socken i Röda Jorden-området innebär det inte att vi kan följa processen från denna malm via reduktionsslagger som härrör från äldre järnålder till de nu undersökta slaggerna från Smedjegatan i Västerås. Tidsskillnaden mellan dem gör att det inte är relevant. Möjligen ska vi också tänka oss en annan process, där järnet är framställt i masugn och inte i blästugn, som diskuteras ovan. Men, som också nämnts finns det även gruvor med bergmalm i detta område. Limonitmalmer speglar den lokala bergrundens sammansättning varför likheter kan förväntas mellan dessa olika malmtyper. Som vi noterat ovan kan flera av gruvorna vara lämpliga kandidater som råvaruleverantörer och det är i denna bergslag man skulle kunna söka vidare för att se varifrån smederna i Västerås fick sina råvaror.

Också några av gruvorna i Norberg har innehåll av huvudämnen som överensstämmer med Smedjegatans slaggar. Möjligen finns också fler gruvområden av liknande sammansättning än de vi har jämfört med här. Eftersom tillgängliga data inte är av den art att en mer detaljerad jämförelse kan göras med avseende på innehåll av spårämnen är det fortfarande öppet om malmen kom härifrån. Speciellt som området är lämpligt ur många andra sammanhang t.ex. ur transportsynpunkt. Därför kan det vara viktigt att ha en hypotes, med hjälp av andra fakta eller indikationer, som antyder att ett eller annat område är av extra stort intresse. För dessa platser kan mer riktade analyser och jämförelser göras.

Referenser

- Bergquist, U. 2000. Arkeologisk förundersökning. B: Vasagatan (Hantverkargatan – norr om Smedjegatan). I Bergquist, U & Bäck, M. Förundersökningar i Vasagatan och Stora Gatan. Riksantikvarieämbetet UV Bergslagen 200:7. Örebro.
- Grandin, L. & Hjärthner-Holdar, E. 2003. Early Iron Production in the Red Earth Area, South Central Sweden. I: *Prehistoric and Medieval Direct Iron Smelting in Scandinavia and Europe. Aspects of Technology and Society*. Proceedings of the Sandbjerg Conference 1999. Red. Nørbach, L. Acta Jutlandica LXXVI:2 Humanities Series 75, Aarhus University press.
- Hjärthner-Holdar, E. & Larsson, L. 1996. Järnhantering i det medeltida Söderköping (1130-1400) - analys av ämnesjärn och slagger. Söderköping RAÄ 14, Östergötland. *Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 22-1996*. Uppsala.
- Hjärthner-Holdar, E. & Larsson, L. 1997. Medeltida järnhantverk i kv Trädgårdsmästaren, Sigtuna - en arkeometallurgisk analys, Uppland, Sigtuna stad, RAÄ 195. *Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 36-1997*. Uppsala.
- Pettersson, I.-M. 1994. Norbergs bergslag. Jernkontoret Bergshistoriska utskottet Serie H 101.
- Skyllberg, E. 1997. Skinnskattebergs bergslag. Jernkontoret Bergshistoriska utskottet Serie H 105.
- Uppgifter ur GALs databas med totalkemiska analyser av slagger och malmer. En stor del av de data som refereras till har tidigare presenterats i rapporter från Geoarkeologiskt Laboratorium.

Administrativa uppgifter

Riksantikvarieämbetets dnr: 424-4385-2008.

Riksantikvarieämbetets projektnummer: 11193.

Projektgrupp: Lena Grandin, Ulf Strucke.

Underkonsulter: MINOPREP i Hunnebostrand, ALS Scandinavia, Ulf Strucke vid RAÄ UV Mitt, Tandemlaboratoriet Ångströmlaboratoriet vid Uppsala universitet.

Digital dokumentation: förvaras på UV Uppsala.

Fotografier: Lena Grandin.

Bilagor

Bilaga 1. Vedartsanalys utförd av Ulf Strucke, RAÄ UV Mitt.

Analysprotokoll

Landskap:	Västmanland	Socken:	Västerås stad
Fastighet:	Vasagatan	RAÄ nr:	232
Kategori:			
AnalysId:	7791		
Anläggning:	Lager	Provnr:	F50
Vikt (g):	0,3	Analyserad vikt (g):	0,3
Fragment:	9	Analyserat antal:	9
Art:	Ek	Antal:	1
Material:	Träkol		
Kommentar:	Kärnved. Ej tillvaratagen.		
Art:	Hassel	Antal:	8
Material:	Träkol		
Kommentar:	Ung stam/kvist. Lämplig för datering.		
AnalysId:	7814		
Anläggning:	Lager	Provnr:	F 54
Vikt (g):	0,2	Analyserad vikt (g):	0,2
Fragment:	1	Analyserat antal:	1
Art:	Tall	Antal:	1
Material:	Träkol		
Kommentar:	Mycket hårt bränd kärnved.		
AnalysId:	7790		
Anläggning:	Lager	Provnr:	F55
Vikt (g):	0,1	Analyserad vikt (g):	0,1
Fragment:	8	Analyserat antal:	8
Art:	Ek	Antal:	7
Material:	Träkol		
Kommentar:	Kärnved. Egenålder över 30 år		
AnalysId:	7815		
Anläggning:	Lager	Provnr:	F 61
Vikt (g):	0,1	Analyserad vikt (g):	0,1
Fragment:	6	Analyserat antal:	6
Art:	Ek	Antal:	2
Material:	Träkol		
Kommentar:			
Art:	Gran	Antal:	1
Material:	Träkol		
Kommentar:			

Art:	Tall	Antal:	3
Material:	Träkol		
Kommentar:			
AnalysId:	7792		
Anläggning:	Lager	Provnr:	F 62
Vikt (g):	0,1	Analyserad vikt (g):	0,1
Fragment:	1	Analyserat antal:	1
Art:	Ek	Antal:	1
Material:	Träkol		
Kommentar:	Kärnved. Egenålder över 30 år.		

Bilaga 2. Resultat från datering av Fnr 50 och Fnr 54. Resultatprotokoll och kalibrering från Ångströmlaboratoriet.



UPPSALA
UNIVERSITET

Uppsala 2009-06-26

Lena Grandin
UV GAL, RÅÄ
Portalgatan 2 A
754 23 UPPSALA

Ångströmlaboratoriet
Tandemlaboratoriet

Göran Possnert

Besöksadress:
Ångströmlaboratoriet
Lägerhyddsvägen 1
Rum 4143

Postadress:
Box 529
751 20 Uppsala

Telefon:
018 - 471 30 59

Telefax:
018 - 55 57 36

Hemsida:
<http://www.angstrom.uu.se>

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

Resultat av ^{14}C datering av träkol från Västerås.

Förbehandling av träkol och liknande material:

1. Synliga rottrådar borttages.
2. 1 % HCl tillsätts (8-10 timmar, under kokpunkten) (karbonat bort).
3. 1 % NaOH tillsätts (8-10 timmar, under kokpunkten). Löslig fraktion fälls genom tillsättning av konc. HCl. Fällningen som till största delen består av humusmaterial, tvättas, torkas och benämns fraktion SOL. Olöslig del, som benämns INS, består främst av det ursprungliga organiska materialet. Denna fraktion ger därför den mest relevanta åldern. Fraktionen SOL däremot ger information om eventuella föroreningars inverkan.

Före acceleratorbestämningen av ^{14}C -innehållet förbränns, det tvättade och intorkade materialet surgjort till pH 4, till CO_2 -gas, som i sin tur konverteras till fast grafit genom en Fe-katalytiskreaktion.

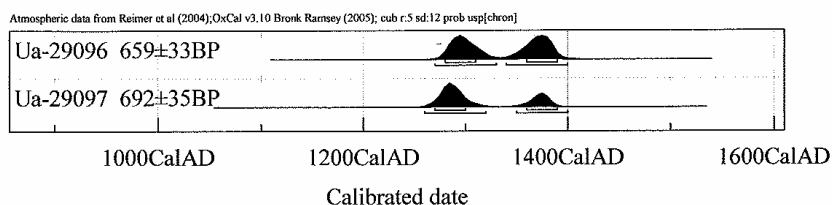
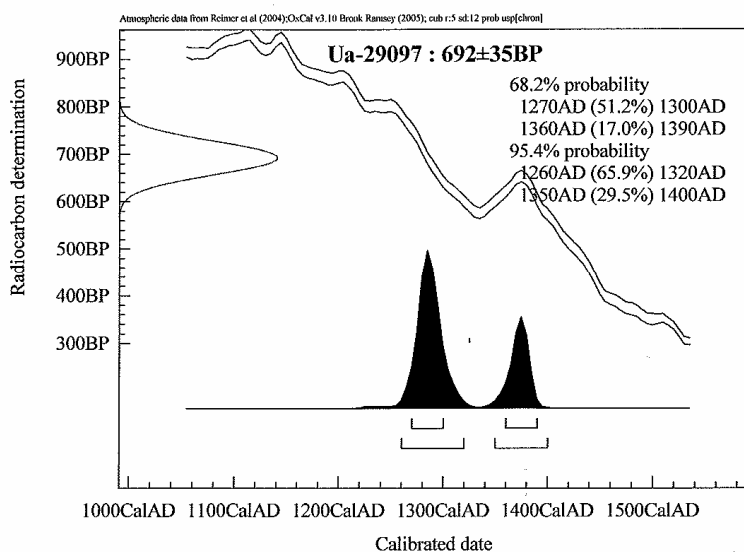
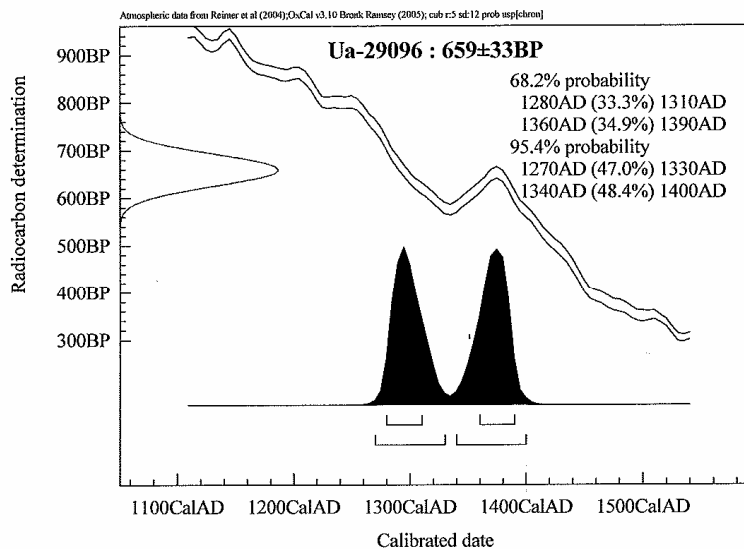
I den aktuella undersökningen har fraktionen INS daterats.

RESULTAT

Labnummer	Prov	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB	^{14}C ålder BP
Ua-29096	Smedjegatan F 50	-25,9	659 ± 33
Ua-29097	Smedjegatan F 54	-25,0	692 ± 35

Med vänlig hälsning

Göran Possnert/Maud Söderman



Bilaga 3. Slagg i Smedjegatan. Huvudfaser och datering. Av Ulla Bergquist.

Inför slagganalysen gjordes en bearbetning av lagerrelationerna. Den har resulterat i en ny indelning i huvudfaser som gäller både sektion och den lagergrävda ytan. Fasindelningen skiljer sig därför från rapporten över undersökningen eftersom de där behandlades separat (Bergquist 2000:27f).

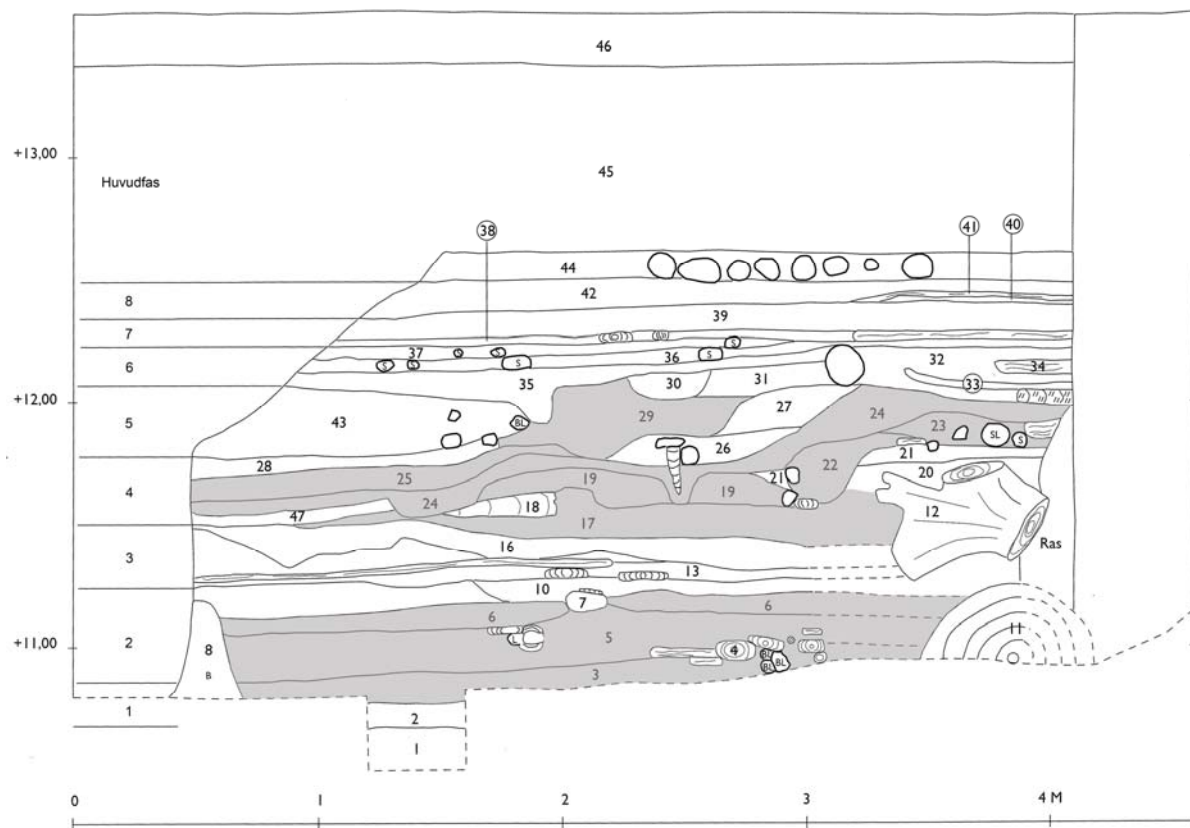
Indelningen utgår från att trävirke, som bör/kan representera bebyggelse, också skiljer faserna åt. Detta har resulterat i 8 huvudfaser utifrån dokumentationen av sektionen (sektion 15). I schaktets botten lagergrävdes de undre lagren i en mindre yta om ca 2,7 x 0,45 m (schakt 16). Lagren motsvarar huvudfas 1-3. Det betyder att huvudfaserna 4-8 dokumenterades endast i sektionen.

Slagg fanns i de fyra äldsta huvudfaserna. Daterande fynd saknas, men tegelkross förekom. Tegel förekommer från 1200-talets mitt. Ett kvarter söder om Smedjegatan låg under medeltiden S:t Ilians kyrka, som troligen helt eller delvis var byggd av tegel. Kyrkans ålder är okänd, men det första skriftliga belägget är från 1312. (Kumlien 1971:104, 400). Inför slagganalysen ¹⁴C-daterades slagg från fas 1 och fas 4. De visade sig vara samtida, 1270-1400 respektive 1260-1400 (95,4% säkerhet).

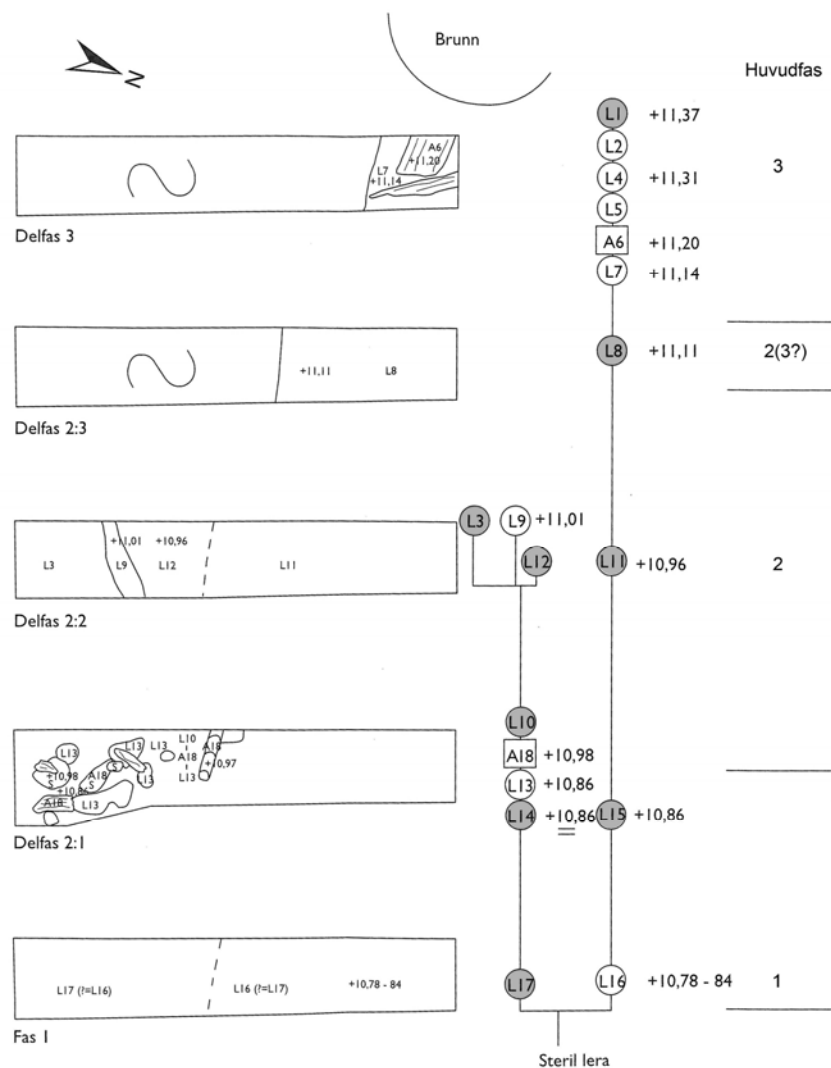
Referenser

- Bergquist, U. 2000. Arkeologisk förundersökning. B: Vasagatan (Hantverkargatan – norr om Smedjegatan). I Bergquist, U & Bäck, M. Förundersökningar i Vasagatan och Stora Gatan. Riksantikvarieämbetet UV Bergslagen 200:7. Örebro.
- Kumlin, K. 1971. Västerås till 1600-talets början. Västerås genom tiderna II. Västerås.

Nr	Fas	Lagerbeskrivning
1	–	Orörd grå mjälabländad lera.
2	1	Motsvarar lager L16 och L17 i schakt 16. Gödsel, växtdelar och lite träflis.
3	1	Motsvarar L14 = L15, L16 och L17 i schakt 16. Gödsel, växtdelar, lite kvistar och träflis.
4	1	Motsvarar ev A18 i schakt 16. Trävirke. Ändträ och längsgående.
5	1	Motsvarar L10, ev L11 och ev L14 = L15 i schakt 16. Svart kol- och kulturjordsblandad lera, mycket träflis och träbitar, lite näver och mycket läder (skodelar).
6	1	Mörkbrun gödselblandad lera, något kolblandad, med växtdelar, små kolbitar och lite träflis.
7	1	Kol (små bitar).
8	1	Porös kolblandad kulturjord med träbitar, träflis och förmultnat organiskt material.
9	1	Svart kol- och gödselblandad lera, lite träflis och träbitar.
10	1	Kompakt mörkbrun gödsel, något kolblandad, växtdelar och träflis.
11	1	Kraftig stock. Begränsning för Smedjegatan?
12	2–3	Kraftig stock med avtagna grenar. Begränsning av Smedjegatan?
13	2	Kompakt träflislager, små träbitar och kulturjordsblandad lera.
14	2	Motsvarar ev L7, A6, L5 och L4 i schakt 16. Längsgående trä. Planka (?).
15	2	Brunt förmultnat organiskt material/trä, kulturjord och lite träflis.
16	2	Kompakt brunt träflislager med kulturjordsblandad lera.
17	2	Brunsvart träflislager med kol- och lerblandad kulturjord.
18	3	Stock.
19	3	Omrört lager. Kolblandad mjäla och lera, lite kulturjord, tegelkross, kolbitar och lite träflis.
20	3	Kolblandad kulturjord med träflis.
21	3	Mörkgrå kolblandad lera.
22	3	Kol, aska och tegelkross.
23	3	Troligen omrört lager. Kolblandad lera med lite tegelkross.
24	3	Omrört lager. Kulturjordsblandad mjäla och lera, lite kulturjord, tegelkross, kolbitar, aska och lite träflis.
25	3	Omrörd sand, grå lera, tegelkross och kolbitar.
26	3	Mörkbrun kol- och något lerblandad kulturjord, enstaka små tegelkross, kolbitar och småsten.
27	3	Omrört lager. Kulturjord, gråbrun kulturjordsblandad lera, lite träflis, kolbitar och enstaka tegelkross.
28	3	Mörkbrun kolblandad kulturjord med trä/träflis.
29	3	Svart kolblandad och något lerblandad kulturjord med tegelkross.
30	4	Träflis och svart kolblandad lera.
31	4	Troligen omrört lager. Kol och aska.
32	4	Kolbitar, lite aska och lite sand. Ev bränd stock i lagrets botten.
33	4	Sand och aska.
34	4	Längsgående plankor över gulvit mjäla.
35	4	Skikt med brungrå lera och kulturjordsblandad lera med enstaka tegelkross.
36	5	Kalkbruk, sand och sten.
37	5	Brungrå kulturjordsblandad lera med träflis och lite sten.
38	5	Trä och träflis.
39	5	Gråsvart kolblandad sand, något lerblandad, med lite träflis och tegelkross.
40	5	Kol.
41	5	Längsgående plankor.
42	5	Omrört lager. Gråbrun något kol- och kulturjordsblandad lera, kolbitar, lite tegelkross och kalkbruk.
43	4	Omrört lager. Gråbrun lera och kulturjord med inslag av tegelkross och kolbitar.
44	5	Kullerstensläggning. Sand och grus.
45	–	Fyllnadsmassor. Sand, grus och sten.
46	–	Kantsten till trottoar.
47	3	Gulbrun mjäla med kolbitar.



Figur 2. Sektion och lagerbeskrivning (rapport 2000:7 fig 21). Reviderad. Lager med slagg är gråmarkerade.



Anl/Lag	Nivå m	Delfas	Beskrivning
L1	+11,37	3	Brandlager. Kol och rödbränd mjäla/aska.
L2	-	3	Brungrå kulturjordsblandad lera.
L3	+11,01	2:2	Kol, träflis och träbiter.
L4	+11,31	3	Motsvarar ev lager 14 i sektion 15. Lerblandad kulturjord, förmultnat organiskt material och lite kolbiter. Ev bebyggelsenivå, mycket dåligt bevarat trä.
L5	-	3	Motsvarar ev lager 14 i sektion 15. Ev bebyggelsenivå. Dåligt bevarat trä, förmultnat trä och lera.
A6	+11,20	3	Motsvarar ev lager 14 i sektion 15. Två dåligt bevarade plankor. Ev byggnad.
L7	+11,14	3	Motsvarar ev lager 14 i sektion 15. Brun kulturjordsblandad lera, träflis/träbiter och mycket förmultnat trä. Byggnadslager eller ev byggnadsrester.
L8	+11,11	2:3	Kolblandad lera, mycket träflis, slagg.
L9	+11,01	2:2	Grå mjäla blandad med grov sand.
L10	-	2:1	Motsvarar lager 5 i sektion 15. Gödsel- och kolblandad kulturjord, växtdelar, kvistar, huggspån, träbiter (även bearbetade) och slagg. Lagret begränsas av stock.
L11	-	2:2	Motsvarar lager 5 i sektion 15. Små kolbiter, mindre partier med sand, slagg, korroderat järn. Lagret var ca 0,15 m tjockt.
L12	+10,96	2:2	Brungrå sand blandad med lera, bränd lera (?), slagg, korroderat järn.
L13	-	2:1	Fläckar med grå mjäla.
L14 = 15	+10,86	2:1	Motsvarar lager 3 och ev lager 5 i sektion 15. Brun kulturjordsblandad lera, något gödselblandad, mycket träbiter, träflis, slagg.
L15 = 14	+10,86	2:1	Motsvarar lager 3 och ev lager 5 i sektion 15. Se L14.
L16	+10,78	1	Motsvarar lager 2 och 3 i sektion 15. Gödsel- och lerblandad kulturjord, lite träflis och träbiter.
L17	+10,78 - 10,84	1	Motsvarar lager 2 och 3 i sektion 15. Gödsel, växtdelar.
A18	+10,98	2:1	Motsvarar ev lager 4 i sektion 15. Ev byggnad. Underlag av stenar, dåligt bevarade plankor. Ena sidan begränsades av en klen stock.

Figur 3. Plan och lagerrelationer i schakt 16, och lagerbeskrivningar (rapport 2000:7 fig 22). Reviderad.

Figurer

Figur 1. Fnr 41. Bottensidan nederst och överytan överst.

Figur 2. Fnr 41. Tvärsnitt av slaggen med ansamling av metalliskt järn i nedre delen (glänsande) i för övrigt homogen slagg. Det undersökta provet är schematiskt utmärkt.

Figur 3. Fnr 43. Tvärsnitt genom en homogent uppbyggd slagg. Det undersökta provet är schematiskt utmärkt.

Figur 4. Fnr 49. Slaggens överyta med mycket fastkittat material.

Figur 5. Fnr 49. Tvärsnitt genom slaggen. Det undersökta provet är schematiskt utmärkt.

Figur 6. Fnr 49. Foton från mikroskopet från tre olika delar i slaggen med olika mineralinnehåll. I nedre bilden finns olivinkristaller, leucit (lite mörkare än glasets), en glasfas och mindre mängder wüstit. I den mellersta bilden förekommer olivinlameller, dendritisk wüstit och en glasfas. I den övre bilden finns mestadels långsmala olivinlameller och en glasfas, tillsammans med enstaka koncentrationer av wüstit.

Figur 7. Fnr 49. Foton från mikroskopet. Detalj på zonerade olivinlameller. Den grå lamellen har en något mörkare ytterkant.

Figur 8. Fnr 50. Bottensidan av slaggen nederst och överytan överst. I övre delen syns en tydligt glasig yta.

Figur 9. Fnr 50. Tvärsnitt genom slaggen. Det undersökta provet är schematiskt utmärkt.

Figur 10. Fnr 50. Detalj från mikroskopet med omväxlande slagg och smält kiselrikt material med mycket hålrum.

Figur 11. Fnr 54. Slaggens överyta.

Figur 12. Fnr 54. Tvärsnitt genom slaggen med det undersökta provet markerat.

Figur 13. Fnr 55. Slaggens överyta med mycket fastkittat material.

Figur 14. Fnr 55. Tvärsnitt av slaggen med ansamling av metalliskt järn i nedre delen (glänsande) i för övrigt homogen slagg. I den blå rutan har slaggen undersökts i mikroskop och i det rödmarkerade området har järnet analyserats.

Figur 15. Fnr 55. Representativt utseende för den homogena slaggen. Den domineras av olivinlameller och en glasfas. I nedre delen syns också koncentrationer av wüstit och mindre ansamlingar av metalliskt järn (vita).

Figur 16. Fnr 56. Tvärsnitt genom slaggen med det undersökta provet markerat.

Figur 17. Fnr 56. Detalj från mikroskopet där slagg är hopsmält med kiselrikt material i form av kvarts (qz) och fältspat (fsp). Bilderna visar samma utsnitt, men med olika inställningar i mikroskopet.

Figur 18 . Fnr 61. Tvärsnitt genom slaggen med det undersökta provet markerat.

Figur 19. Fnr 62. Två av de oregelbundna slagglumparna.

Figur 20. Fnr 62. Tvärsnitt genom den provtagna slaggen som är mycket homogen uppbyggd. Hela tvärsnittet är analyserat.

Figur 21. Fnr 62. Delar av slaggen där tre olika skikt kan anas med hjälp av skillnader i mineralproportioner och kornstorlekar.

Figur 22. Fnr 62. Detalj på magnetitkristaller (ljusa kantiga former) tillsammans med olivinlameller (långsmala grå) och en glasfas (mörkare grå).

Figur 23. Fnr 41. Foto från mikroskopet (skala i nedre vänstra hörnet) på etsat prov. Järnet är oregelbundet i formationen och omgivet av slag. Järnet har en låg kolhalt och består av ferrit (bruna fält) med mindre mängder perlit (tunna strimmor av blå-brunt). Den omgivande slaggen består av olivin, wüstit och en glasfas (i flera grå nyanser). De svarta fläckarna är hålrum, vanligen omgivna av grå kanter av rost.

Figur 24. Jämförelse av slaggernas innehåll av magnesium och mangan. Smedjegatans slagger jämförs med slagger och malmer från framförallt Västmanland och Dalarna. Referensdata är hämtade ur GALs databas. De aktuella slaggerna tillhör de med lägst halter av mangan och bland de med lägre magnesium.

Figur 25. Jämförelse av slaggernas innehåll av magnesium och mangan. Detalj ur föregående figur. Andra smidesslagger och ett fåtal slagger från järnframställningsområdet i Röda Jorden uppvisar likheter med Smedjegatans slagger.

Figur 26. Jämförelse av slaggernas innehåll av fosfor och mangan. Smedjegatans slagger jämförs med slagger och malmer från framförallt Västmanland och Dalarna. Referensdata är hämtade ur GALs databas. Diagrammet visar ett utsnitt kring värdena för de aktuella slaggerna. Ett fåtal smidesslagger från Närke samt bergmalmer (se text) har liknande halter som slagger från Smedjegatan.

Figur 27. Jämförelse av slaggernas innehåll av fosfor och kalcium. Smedjegatans slagger jämförs med slagger och malmer från framförallt Västmanland och Dalarna. Referensdata är hämtade ur GALs databas. Diagrammet visar ett utsnitt kring värdena för de aktuella slaggerna. Smedjegatans slagger har en större ökning av kalcium i förhållande till fosfor jämfört med de flesta andra.

Figur 28. Jämförelse av slaggernas innehåll av magnesium och titan. Smedjegatans slagger jämförs med slagger och malmer från framförallt Västmanland och Dalarna. Referensdata är hämtade ur GALs databas. Diagrammet visar ett utsnitt kring värdena för de aktuella slaggerna. Smidesslaggerna återfinns inom det område som är grönmarkerat, reduktionsslaggerna huvudsakligen i det gula fältet. Den svarta trekanten i förlängningen av det gröna fältet är en malm från Meling, Västanfors.

Figur 29. Jämförelse av slaggernas innehåll av vanadin och titan. Smedjegatans slagger jämförs med slagger och malmer från framförallt Västmanland och Dalarna.

Referensdata är hämtade ur GALs databas. Diagrammet visar ett utsnitt kring värdena för de aktuella slaggerna. Limonitmalmer och bergmalmer har en vanandinhalt i nivå med slaggerna från Smedjegatan men andra slaggar har mestadels högre innehåll.

Figur 30. Jämförelse av slaggernas innehåll av krom och titan. Smedjegatans slaggar jämförs med slaggar och malmer från framförallt Västmanland och Dalarna. Referensdata är hämtade ur GALs databas. Diagrammet visar ett utsnitt kring värdena för de aktuella slaggerna. Det finns en positiv korrelation mellan krom och titan för de flesta slaggerna som en samlad grupp, liksom för varje regional grupp av slaggar. Det innebär att finns likheter mellan smidesslaggerna från Smedjegatan och reduktionsslaggar från såväl Västmanland som Dalarna.

Figur 31. Jämförelse av slaggernas innehåll av de sällsynta jordartsmetallerna lantan och cerium. Smedjegatans slaggar jämförs med slaggar och malmer från framförallt Västmanland och Dalarna. Referensdata är hämtade ur GALs databas. Diagrammet visar ett utsnitt kring värdena för de aktuella slaggerna. De flesta slaggerna är väl samlade kring låga värden för båda ämnena men reduktionsslaggar från både Västmanland och Dalarna har högre absoluta halter. Det finns en positiv korrelation mellan de båda ämnena. En grupp av slaggar samlar sig kring en tänkt nedre linje medan andra, bl.a. de från Smedjegatan, ligger en övre. Den övre omfattar slaggar med en positiv ceriumanomali (se följande diagram).

Figur 32. Sällsynta jordartsmetaller (REE) normaliserade mot Chondrit-referens. Slaggerna från Smedjegatan uppvisar liknande mönster med en tydlig positiv ceriumanomali. Denna är inte lika markant i slaggar från Röda Jorden. I några malmer är ceriumanomalin negativ vilket utesluter ett kemiskt släktskap. Referensdata är hämtade ur GALs databas.

Figur 33. Sällsynta jordartsmetaller (REE) normaliserade mot Chondrit-referens på samma sätt som i föregående diagram. Här illustreras de stora skillnaderna mellan Smedjegatans slaggar och bergmalmer och slaggar från Västanfors med avvikande cerium- och/eller europiumanomali. Referensdata är hämtade ur GALs databas.

Figur 34. Jämförelse av proportionerna mellan tunga och lätta REE och kvoten La/Ce. Slaggerna från Smedjegatan uppvisar likheter med några av slaggerna och en av malmerna från Röda Jorden. De senare (i ringen) är från den del i Röda Jorden-området som ligger i Skinnkattebergs socken medan de andra kommer från Ramsbergs socken.

Tabellförteckning

Tabell 1. Information om slaggar från Smedjegatan/Vasagatan, Västerås som undersökts och analyserats. De presenteras fasvis med kortfattad beskrivning.

Tabell 2. Sammanställning över olika typer av slaggar bland de undersökta fyndposterna. Fynd med **kol för vedartsanalys är markerade med fetstil**. Prover som efter vedartsanalys valdes för datering är Fnr 50 och 54. De som valdes för undersökning i mikroskop är understrukna. De som prioriterades för totalkemiska analyser har kursiverats.

Tabell 3. Totalkemiska analyser av slagger. Den första delen av tabellen presenterar halter av huvudelementen i viktsprocent medan andra delen presenterar halter av spårelement i mg/kg. Analyserna är genomförda av ALS Scandinavia AB, analys nr L0905986 och L0905987. Allt järn är återgivet som Fe_2O_3 .