



Riksantikvarieämbetet
Avdelningen för arkeologiska undersökningar

UV GAL RAPPORT 2010:7

GEOARKEOLOGISK UNDERSÖKNING

Smide och ämnesjärn

Metallografisk analys och ^{14}C -datering av järn

Uppland, Biskopskulla socken, Garn 1:1, och Villsberga

Lena Grandin och Eva Hjärthner-Holdar



UV GAL RAPPORT 2010:7

GEOARKEOLOGISK UNDERSÖKNING

Smide och ämnesjärn

Metallografisk analys och ^{14}C -datering av järn

Uppland, Biskopskulla socken, Garn 1:1 och Villsberga

Lena Grandin och Eva Hjärthner-Holdar



Riksantikvarieämbetet
Avdelningen för arkeologiska undersökningar



Riksantikvarieämbetet

Avdelningen för arkeologiska undersökningar

UV Mitt

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
Undersökningens förutsättningar	9
Material och metod.....	10
Provtagning.....	10
Metallografisk analys	10
Datering	10
Kemisk analys.....	10
Resultat	12
Provtagning.....	12
Järnklump med slagg.....	12
Spadformigt ämnesjärn.....	12
Metallografisk analys	13
Järnklump med slagg.....	13
Spadformigt ämnesjärn.....	14
Datering	18
Kemisk analys.....	18
Metall	18
Slagg.....	20
Diskussion och tolkning.....	30
Referenser	33
Administrativa uppgifter.....	33
Bilagor	34
Bilaga 1. Resultat från datering av ämnesjärn och järnklump. Resultatprotokoll och kalibrering från Ångströmlaboratoriet	34
Bilaga 2. Resultat från kemiska analyser.	36
Figurer	41

Sammanfattning

Ett spadformigt ämnesjärn och en järnklump, båda från Biskopskulla socken i Uppland, har analyserats metallografiskt och daterats med ^{14}C -metoden på det kol som finns bundet i det metalliska järnet. Det spadformiga ämnesjärnet är ett av många i ett större depåfynd som hittades i Villsberga i början av 1900-talet. Järnklumpen påträffades i samband med fosfatprovtagning på fastigheten Garn 1:1 under 2009.

Järnklumpen har ett yttre som liknar en traditionell smideskålla. Den innehåller stora mängder metalliskt järn blandat med slagg. Den metallografiska analysen visar att järnet till stora delar är kolfritt eller kolfattigt, men innehåller lite fosfor.

Även det spadformiga ämnesjärnet är huvudsakligen kolfritt järn, men med en lokalt förhöjd kolhalt i ytskiktet. Den innehåller också fosfor, främst i de centrala delarna.

Båda fynden har en låg kolhalt men den var i båda fallen tillräckligt hög för att en datering skulle kunna genomföras. Dateringsresultatet för järnklumpen från Garn, 650–780 AD (2σ), representerar en aktivitet med järnhantering som är marginellt tidigare än förut dokumenterade aktiviteter på platsen. Resultatet för det spadformiga ämnesjärnet på 11400–11080 BC (2σ) är dock ett orimligt resultat för järntillverkning och smide. Den skenbart höga åldern är snarare ett resultat av användning av fossilt kol i järnhantverket, en företeelse som snarare indikerar ett smide av betydligt yngre datum. Senare även än den vida tidsperiod som är känd för spadformiga ämnesjärn och som sträcker sig in i vikingatid. Alternativt beror den märkliga dateringen på den genomförda konserveringen, där använda organiska kemikalier kan ha trängt in i föremålet och påverkat dateringsresultaten.

Kemiska analyser av slagg och slagginneslutningar i de båda fynden visar så stora avvikelser i sammansättning att dessa inte kan relateras med varandra. Provet från Garn har innehåll av magnesium i sådana halter som vanligen förknippas med bergmalmer snarare än myrmalmer. Bergmalmer kom, enligt gällande kunskapsläge, till användning i större skala först med införandet av masugnen dvs. senare än den daterade verksamheten på Garn. Ett fåtal belegg för användning av bergmalm i den äldre blästugnen förekommer dock sedan tidigare varför en sådan tolkning kan vara rimlig även här.

Abstract

A spade shaped iron currency bar and an iron lump, both from Biskopskulla parish, were analysed by metallographic methods. They were also radiocarbon dated on the carbon trapped in the metallic iron. The spade shaped currency bar is one of many from a depot find from Villsberga, found by a local farmer in the early 20th century. The iron lump was found more recently, at Garn 1:1 during sampling for phosphate analyses of a plausible small harbour.

The morphology of the iron lump resembles that of traditional plano-convex smithing slags but it consists of metallic iron mixed with slag. Metallographic analyses revealed an iron with no or only low carbon content, but with presence of phosphorus. Also the spade shaped currency bar is mainly low in carbon, with only a small enrichment concentrated to the surface. Phosphorus is present also here, mainly concentrated to central parts.

Although the apparently low carbon content in both samples, it was high enough for radiocarbon analyses. The result for the iron lump, 650–780 AD (2σ), represents iron working activities that slightly predate earlier documented activities at the sites. The results for the spade shaped iron currency bar, 11400–11080 BC (2σ), is however unreasonable for iron production and smithing. The seemingly old date is rather an effect of using coal rather than charcoal in the smithing, a feature that indicates a more recent iron product. This means also later than the known, and wide, time span for this type of iron currency bars reaching into the Viking Age. Alternatively, the strange results are due to contamination of organic substances used during conservation.

Chemical analyses of slag and slag inclusions in the two samples indicate large differences in their chemical compositions and they can not be chemically related, i.e. the iron currency bar found in Villsberga was most probably not produced at Garn, and it is not confirmed where it had its origin. The sample from Garn has concentrations of magnesium in levels that are normally related to rock ores rather than limonitic bog ores. However, rock ores did not generally come in use, according to prevalent research, until the late 12th century in the blast furnaces, that is later than the dated activities at the iron workshop at Garn. There are, however, a few indications of using rock ore in bloomery furnaces already during Roman Iron Age and therefore this indication might currently be plausible.

Inledning

Geoarkeologiskt Laboratorium (GAL) vid UV Mitt i Uppsala har fått en förfrågan från Annika Larsson vid Stockholms universitet att analysera ett spadformigt ämnesjärn och en järnklump, båda från Biskopskulla i Uppland. Järnklumpen påträffades i samband med fosfatprovtagning vid Garn 1:1 i Biskopskulla socken. Det spadformiga ämnesjärnet är ett av många i ett större depåfynd som hittades i Villsberga, Biskopskulla socken i början av 1900-talet. Dateringen genomförs för att kunna tidsfästa den smidesverksamhet som enligt uppdragsgivaren har kunnat påvisas vid Garn och jämföra med åldern på de spadformiga ämnesjärnen.

Analyserna omfattar i första hand en datering med ^{14}C -metoden på det kol som kan finnas bundet i det metalliska järnet. För att ta reda på om kolhalten är tillräcklig för datering och hur stor provmängd som behövs, görs inledningsvis en metallografisk analys av ett delprov från respektive objekt. Vid den metallografiska analysen kan man också få mer kunskap om tillverkning och kvalité av järnet. Om kolinnehållet bedöms lämpligt sänds prov till Ångströmlaboratoriet vid Uppsala universitet för datering.

Analyserna har genomförts med hjälp av forskningsmedel till Annika Larsson från Magnus Bergvalls stiftelse och från Helge Ax:son Johnsons stiftelse.

Undersökningens förutsättningar

Järn, eller snarare stål, är en blandning av järn och kol. När järnet/stålet tillverkas eller smids används kol som bränsle. Detta kol förenar sig på kemisk väg med järnet. Det är alltså inte några små, mikroskopiska, kolstycken som finns inkapslade i metallen. Smidbart järn/stål har ett kolinnehåll på som mest 2 % kol, men vanligen betydligt mindre än 1 %. Ett gjutet järn har kolhalter över 2 %. Men det finns också järn utan kol.

För att en datering ska kunna genomföras krävs en viss mängd kol. Det betyder att det behövs olika mycket järnprov beroende på vilken kolhalt det är i järnet. Som tumregel kan man förenklat säga att det för en kolhalt på ca 2,0 % krävs 50 mg järn och för 0,1 % behövs 1 g järn för datering.

Kolhalten kan enkelt bestämmas med hjälp av en metallografisk analys. En sådan görs i mikroskop på ett polerat tvärsnitt som tas ur järnföremålet. Vid en metallografisk analys kan man se både kolinnehållet och hur kolet är fördelat i fyndet. Samtidigt får man mycket information om hur föremålet är tillverkat. Det senare innebär att vi också får kunskap om vilka tekniker som smederna har använt i sitt hantverk.

När man har konstaterat järnföremålets kolhalt kan man avgöra hur mycket av fyndet som behövs för datering. Dateringen görs vid Ångströmlaboratoriet vid Uppsala universitet. Där behandlas järnfyndet för att kolet ska kunna dateras på motsvarande sätt som de vanliga kolstyckena.

Material och metod

Provtagning

Fynden dokumenterades före provtagning. Därefter delades järnklumpen för att se dess innehåll och fördelning av järn (Fig. 1). En järnrik del väljs ut inledningsvis för metallografisk analys och därefter för datering.

Förfarandet för det spadformiga ämnesjärnet är något annorlunda. För detta är det av vikt att bevara fyndet så intakt som möjligt samtidigt som det krävs ett prov som innehåller tillräckligt mycket bevarat järn där kolhalten kan bedömas. Beroende på utfall om järnhalt tas också ett prov för datering. Vid granskning av fyndet gjordes bedömningen att provta enbart vid ett tillfälle för att få en väldefinierad linje längs ämnesjärnets ytterform (Fig. 2) för att åstadkomma minsta möjliga åverkan.

Metallografisk analys

Den provtagna snittytan från respektive fynd slipades och polerades. Metallografiska undersökningar utfördes på det polerade järnet för att identifiera dess olika texturer, beroende på kemisk sammansättning och grad av bearbetning. Proven etsades med 2% nitallösning för att observera innehåll och fördelning av kol och fosfor. Undersökningarna genomfördes i ett Zeiss Axioskop 40A polarisationsmikroskop.

Några termer som används för att beskriva metallen är *ferrit* som är mjukt järn utan kolinnehåll, *cementit* som 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. Martensit är en struktur som bildas vid härdning. Det betyder att metallen upphettas, till över ca 900°C, och sedan kyls snabbt, t.ex. i vatten. Omvandlingen till martensit innebär att metallen blir hårdare, och samtidigt sprödare. Innehåll av fosfor vilket ses vanligen i form av en överpräglade dendritisk textur.

Innesluten slagg 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.

Datering

Dateringen sker på det kol som är i kemisk förening med järn. Det extraheras vid förbränning av provet genom att CO_2 -gas bildas. Denna omvandlas till grafit som är det som används i acceleratorbestämningen. Som tumregel kan man förenklat säga att det för en kolhalt på ca 2,0 % krävs 50 mg järn och för 0,1 % behövs 1 g järn för datering (Cook m.fl. 2001).

Kemisk analys

En fråga som har belysts av uppdragsgivaren är järnets ursprung. För att kunna belysa denna genomförs kemiska analyser av såväl järnet som innesluten slagg. Olika ämnen som kan förekomma i järnet och/eller slaggen kan i kombination vara specifika för olika geografiska områden.

Analysen genomförs på samma prov som användes i den metallografiska undersökningen, dvs. provet från Garn och det inledningsvis undersökta provet från Villsberga.

Analyserna är genomförda med SEM/EDS (svepelektronmikroskop utrustat med energidispersiv röntgenanalys) (modell Hitachi S-4300 FE-SEM) av Ulf Hålenius vid Enheten för mineralogi på Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm. Ett antal små ytor i metallen respektive slagginneslutningar har analyserats. Resultaten presenteras för järnet som metaller och för slaggen är de omräknade till oxidform där man antagit att såväl järn som mangan är tvåvärda. De omräknade resultaten är normaliserade. Värden som anges som negativa visar skillnad mellan det uppmätta spektrat och en anpassad bakgrundsfunktion. De negativa värdena ger därmed också en indikation på detektionsgränserna för ämnet ifråga. Lätta ämnen, som kol och syre, kan inte analyseras med instrumentet vilket innebär att järnets kolhalt inte kan mätas, däremot dess fosforhalt.



Figur 1. Järnklump med slagg från Garn som har delats på mitten. Järnet syns tydligt med sin fina glans. Hela stycket innehåller en hel del hålrum.



Figur 2. Det spadformiga ämnesjärnet från Villsberga som har provtagits (nedre vänstra delen).

Resultat

Provtagning

Järnklump med slagg

Järnklumpen har ett yttre som liknar en traditionell smidesskålla med i det närmaste plan översida och skålformad botten. I plan är den oval ca 120×80 mm stor. Tjockleken centralt är ca 45 mm, vid kanterna ca 20 mm. Total vikt är 698 g.

Bottenytan är något småskrovlig, möjligen är det avtryck efter finkornigt material. Överytan är relativt slät. Stycket är omagnetiskt i botten men magnetiskt till starkt magnetiskt på överytan.

Vid provtagning delades fyndet och i tvärsnitt uppenbarar sig stora mängder metalliskt järn. De förekommer dels som större ansamlingar, som mest 15×20 mm stora, dels blandat med slagg. I botten finns främst slagg med homogen sammansättning och järnet dominerar i övre halvan men förekommer även genom nästan hela tjockleken. Järnet är dock mestadels otätt, dvs. det innehåller hålrum.

Den stora mängden järn, tillsammans med slagg, i oregelbundna former antyder att järn har gått förlorat i ett tidigt skede av smidet. Möjligen är det en lupp, som behövt rensas från slagg, som har varit utgångspunkten.



Figur 3. Detalj på den provtagna delen av det spadformiga ämnesjärnet från Villsberga.

Spadformigt ämnesjärn

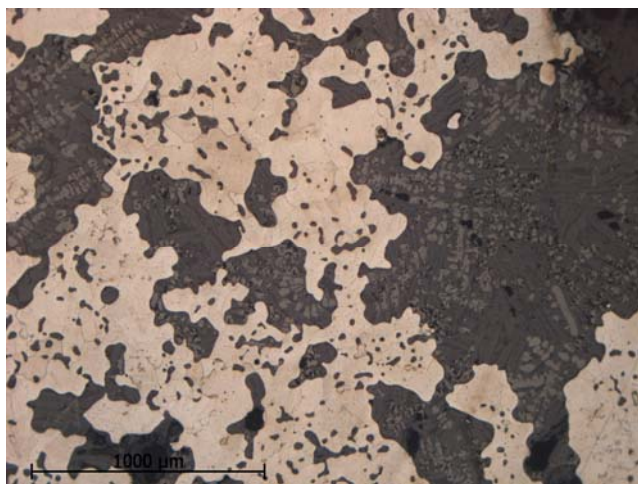
Det utvalda spadformiga ämnesjärnet har en total vikt på 1161 g. Det är 590 mm långt och 115 mm brett vid bredaste, platta kortsidan, men inte allra längst ut utan ca 25 mm från kanten. Eventuellt har det varit lika brett längst ut men är något skadat och båda hörnen är svagt rundade. På spadformiga ämnesjärn kan kortsidan vara omvikt, men inget sådant syns på detta exemplar. Vid holkens början, 140 mm från motstående kortsida är ämnesjärnet 70 mm brett. Bredden på den på mitten omböjda holken är ca 100 mm. Mitt i ombøjningen är den uppsplittad från kortsidan och 35 mm in i holken. Delningen är delvis V-formad och eventuellt saknas också här en bit.

Även om hela ämnesjärnet är tunt så varierar dess tjocklek något. Vid breda kortsidan är den ca 5–6 mm, vid holken är den drygt 6 mm på tjockaste halvan men bara knappt 3 mm på motstående halva.

Ett prov togs i anslutning till den breda kortsidan på den något tjockare sidan där det bedömdes finnas större mängder metalliskt järn bevarat och inte huvudsakligen korroderat järn som skulle skivas sönder vid provtagningen. En linje nära parallell med ytterkanten valdes som snittyta för att bevara en sammanhållen ytterform på hela järnet (Fig. 3). Denna snittyta är 62 mm lång. Bredden på provet varierar från 2 till 8 mm. Tjockleken i provet varierar från 2 till 5 mm. Total vikt på provet är 5,85 g. Efter ingjutning för metallografisk analys finns 4,70 g prov kvar.

I tvärsnittet framträder en yta av välbevarat metalliskt järn. Centralt, längs med långsidan, löper ett tunt stråk med små långsträckta slagginneslutningar.

Efter en inledande genomförd metallografisk analys av ämnesjärnet fanns önskemål om att provta och analysera även holken varför ett kompletterande prov togs även från denna. Detta togs som ett tvärsnitt, ca 4 mm från kortsidan, i den ena av de två holkflikar som finns närmast kortsidan och där den också planar ut.



Figur 4. Foto från mikroskopet på etsat prov från Garn. De grå ytorna är slagg. De ljusa ytorna, med svagt bruna fält är järnet som här uppvisar en ferrittextur.

Metallografisk analys

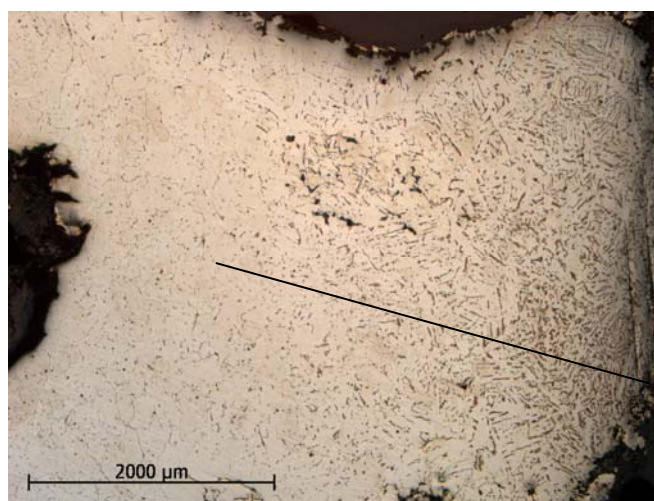
Järnklump med slagg

I mikroskop framträder ännu tydligare hur metallen och slaggen förekommer integrerat tillsammans i svampiga formationer. De större slagginneslutningar som syns med blotta ögat har sällskap av mindre och oerhört små, nästan cirkelformade droppar av slagg, ca 10–15 mikrometer stora vilka är jämnt fördelade i järnet. Slaggen har samma sammansättning i hela provet och består av olivinlameller, en glasfas och dendritiskt formad wüstit. Kornstorleken är grövre i de större slaggområdena och mindre i de små ansamlingarna.

Vid etsning framträder en struktur som visar att järnet till stora delar är ferrit, dvs. kolfritt järn (Fig. 4). Lokalt förekommer en överpräglade struktur i grövre ferritkorn, eventuellt till följd av ett fosforinnehåll (tveksamt).

I områden med tätare järn förekommer ferrit tillsammans med perlit (Fig. 5) vilket innebär att järnet här innehåller kol. Men, kolhalten är inte speciellt hög, som mest någon tiondels viktsprocent.

Eftersom det finns tämligen mycket metalliskt material tillgängligt borde det vara möjligt att få tillräckligt med kol för datering. Ett prov, på 31 g, som också innehåller slagg, togs för datering.



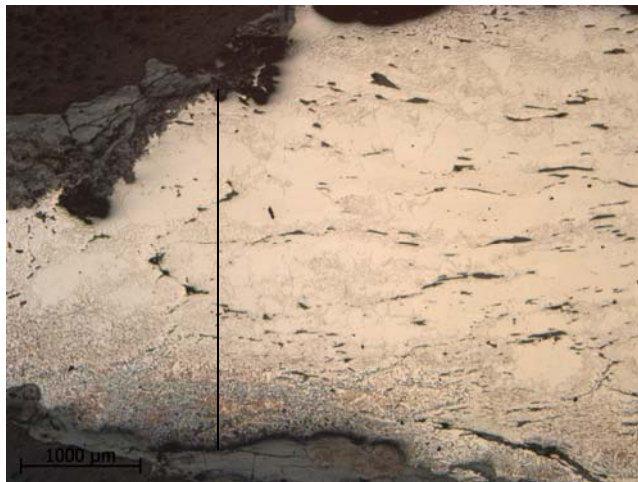
Figur 5. Foto från mikroskopet på etsat prov från Garn. Detalj på större ansamling av metalliskt järn. Järnet domineras av ferrit men i de högra delarna finns en större andel perlit (mörkare bruna stråk) som motsvarar en högre kolhalt. Kemiska analyser har gjorts av järnet längs den heldragna linjen (analysområde 3 och 2 från höger till vänster).

Spadformigt ämnesjärn

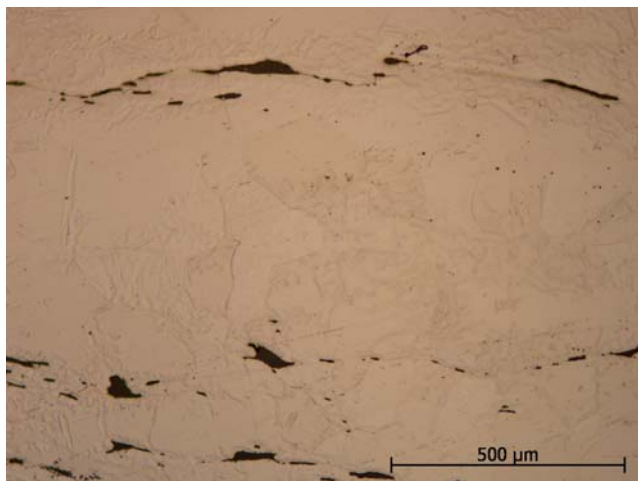
Längdsnitt från breda kortsidan

Det undersökta provet, ett 12 mm långt längdsnitt, kommer från delen närmast den breda kortsidan på ämnesjärnet. Snittet är taget ca 5 mm från kanten.

Det mesta av snittet består av metalliskt järn. Endast en tunn ytterkant är korroderad. Vid provtagningen noterades ett stråk av slagginneslutningar, främst centralt i snittet. I mikroskop framträder ytterligare slagginneslutningar och dessa förekommer genom nästan hela tjockleken på ämnesjärnet. De är alla långsträckta och följer långsidan. De som närmar sig ämnesjärnets kortsida böjer dock av och följer den rundning som syns i änden. Det förefaller som om järnet är hopvikt i ämnesjärnets kortsida. De flesta inneslutningarna består av en kiselrik glasfas. Några innehåller också dendritisk wüstit. De större inneslutningarna är upp till 500 mikrometer långa och ca 50–100 mikrometer breda. De mindre är ca 150 mikrometer långa och som mest ca 10–15 mikrometer breda.



Figur 6. Foto från mikroskopet på etsat prov från ämnesjärnet från Villsberga. Detalj nära spetsen där kolhalten är som högst vilket syns i form av ett blå-brunfärgat stråk i nedre delen i bilden. I övrigt mest ljusa ytor som är ferrit, dvs. låg kolhalt. Kemiska analyser har gjorts av järnet längs den heldragna linjen (analysområde 8 uppifrån och neråt).

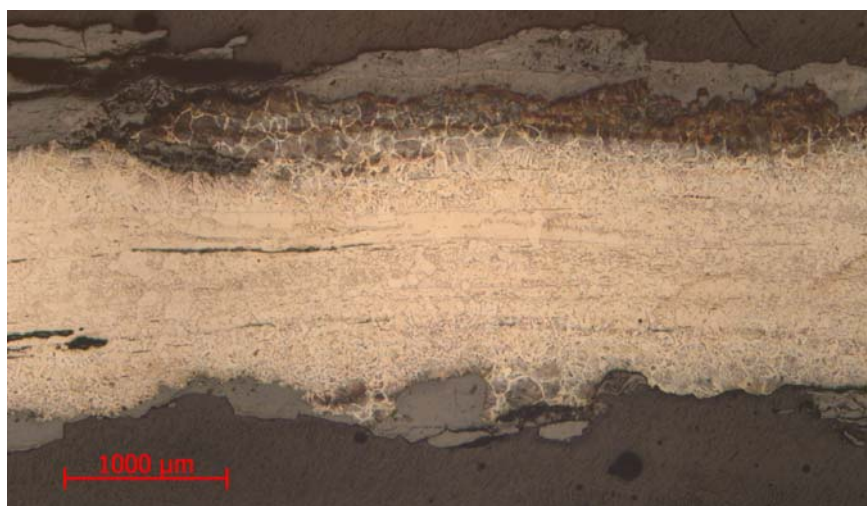


Figur 7. Foto från mikroskopet på etsat prov från Villsberga. Detalj på ferritkorn (ljusa ytor) med en överpräglade dendritisk textur som bildar ett nätverksmönster till följd av ett fosforinnehåll. De långsmala mörka ytorna är innesluten slagg.

Vid etsning av provet framträder en dominerande ferritisk textur. Det mesta järnet utgörs av tämligen grovkornig ferrit. Närmast spetsen och utmed främst den ena långsidan, till viss del även den andra, finns områden med förhöjd kolhalt (Fig. 6) där perlit förekommer tillsammans med ferriten. Kolhalten är högst i ytterkanten och avtar successivt in mot centrala delar. I den grova ferriten finns också en överpräglade dendritisk textur, främst i anslutning till slagginneslutningar och korngränserna som uppträder i ferriten när denna är fosforhaltig (Fig. 7). Även i delar där perlit förekommer finns denna överpräglade fosfortextur.

Den totala kolhalten i provet är låg. Endast i ytterkanten når den upp till några tiondels viktsprocent.

Detta ämnesjärn har en lägre kolhalt än det undersökta spadformiga ämnesjärnet från Torsåkers socken i Gästrikland (Grandin 2000, Englund & Grandin 2001). Det är dock betydligt jämnare och finare i sin uppbyggnad. Dessutom innehåller det fosfor. Såväl kol som fosfor gör järnet hårdare. Fosfor hämmar till viss del upptaget av kol, vilket kan betyda att kolhalten kunde ha varit högre om det inte funnits fosfor i malmen. Å andra sidan förefaller kolhalten i ytterkanten vara en sekundär bildning vid smidet och inte självklart ärvt från framställningen, dvs. det kan röra sig om en lokal uppkolning. Om så är fallet kommer kolet från smidestillfället och inte från tillverkningsprocessen. En sådan tydlig uppkolning är inte vanligt från järnålder, framförallt inte äldre järnålder.



Figur 8. Foto från mikroskopet på etsat prov från holken av ämnesjärnet från Villsberga. Dess bandade struktur framträder tydligt med centralt band av ferrit (ljus) och en tunn yttre kant av stål (mörkare). Allra ytterst finns en tunn grå zon av rost. Långsmala grå och svarta ytor är slagginneslutningar.

Tvärsnitt från holken

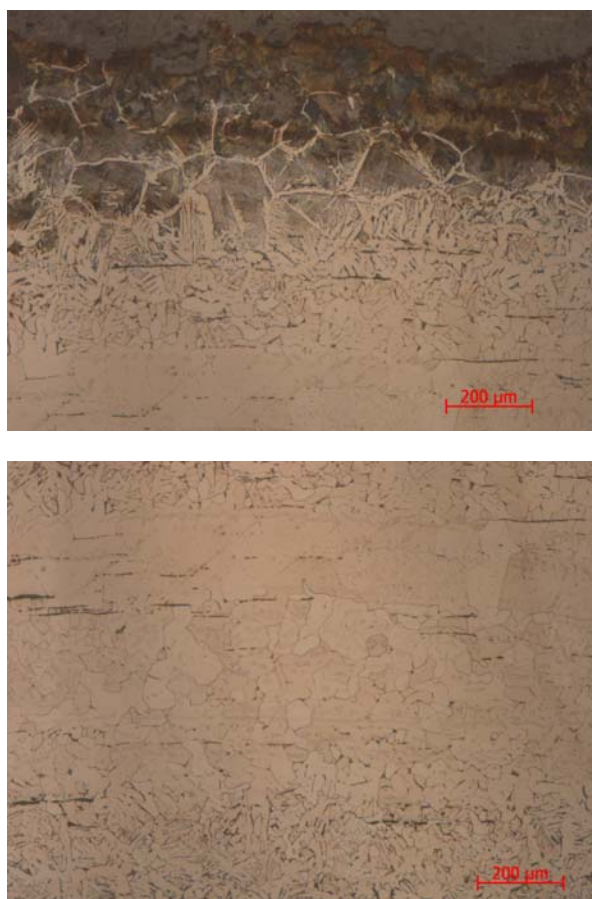
Det kompletterande provet togs som ett tvärsnitt, ca 4 mm från kortsidan, i den ena av de två holkflikar som finns närmast kortsidan och där den också planar ut. Det undersökta provet är 20 mm långt och 2 mm brett.

Det mesta av snittet består av metalliskt järn. Endast en tunn ytterkant är korroderad. I mikroskop framträder också flera stråk med slagginneslutningar som löper parallellt med snittets långsida, dvs. längs med ämnesjärnets kortsida. De förekommer huvudsakligen centralt i snittet, men även närmare ytterkanterna. En del långsmala områden som är korroderad metall förekommer i samma riktning som den inneslutna slaggen och korrosionen omgärdar vanligen slagginneslutningarna. De flesta inneslutningarna är mycket tunna och långsmala längs med slaggståkens utbredning. Enstaka större inneslutningar som är mer oregelbundna i formen förekommer sporadiskt. De flesta långsmala inneslutningarna är homogena och utgörs av en glasfas. Flera av dessa är utdragna men uppspruckna. Andra inneslutningar är finkorniga och består

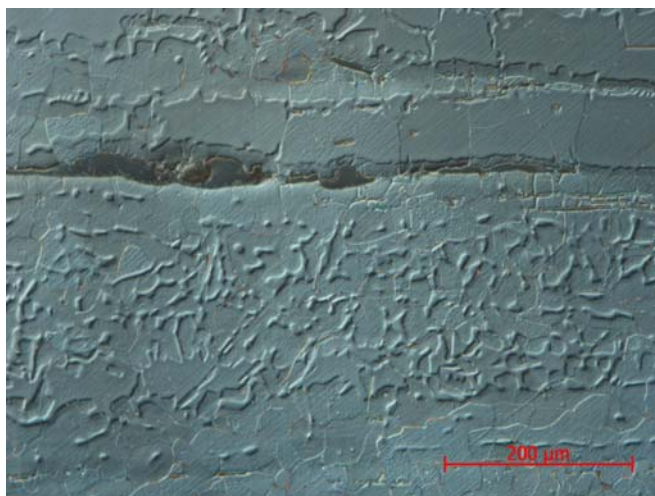
av glas, diffusa olivinkristaller och dendritiska järnoxider som sannolikt är wüstit, och möjligen förekommer även magnetit, främst i kontaktytan mot det metalliska järnet. De större inneslutningarna är något grovkornigare, men med samma mineralinnehåll.

Efter etsning framträder en bandad järnstruktur (Fig. 8 och 9), med samma riktning som slagginneslutningarna. Den centrala delen utgörs huvudsakligen av ferrit, medan det yttre bandet längs båda sidorna, ca 0,5 mm brett är perlit med något ferrit i kornkontaktarna. Kolhalten avtar successivt in mot de centrala delarna där det mittersta bandet har en överpräglade dendritisk textur över ferritkornen som beror på ett innehåll av fosfor (Fig. 9 och 10).

Järnet är välsmitt och lagervis uppbyggt med en kärna av fosforförande ferritisk järn och med en tunn ytterkant av kolstål. De slagginneslutningar som finns i metallen följer samma orientering som den bandade järnstrukturen till följd av smidet. Flera av inneslutningarna förefaller vara tillkomna under smidet medan ett fåtal kan vara kvarleva från tidigare processled. Struktur och textur i de båda undersökta delarna av ämnesjärnet är mycket likartade med en yttre stålkant och fosforförande järn i centrala delar.



Figur 9. Foto från mikroskopet på etsat prov från holken av ämnesjärnet från Villsberga. Detaljbilder ur föregående figur. Den övre bilden visar huvudsakligen den tunna yttre kanten av stål (mörkare). Den nedre bilden visar mestadels det centrala ferritiska bandet där också en överpräglade textur framträder (se nästa figur).



Figur 10. Foto från mikroskopet på etsat prov från holken av ämnesjärnet från Villsberga. Detalj ur föregående figur med en inställning i mikroskopet som skapar en topografisk effekt som demonstrerar den överpräglade texturen som beror på ett fosforinnehåll.

Datering

Provmaterial för datering valdes från såväl järnklumpen med slagg som ämnesjärnet. Provet från järnklumpen vägde 31 g, varav en del kan vara slagg, och provet från ämnesjärnet vägde 4,70 g. Med tanke på att kolhalten var låg i båda proven valdes så stora klumpar som möjligt för att förbättra chansen att det skulle finnas tillräckligt med kol för att genomföra dateringsanalysen.

Resultatet från dateringen (Bilaga 1) visar att båda proverna innehöll tillräckligt mycket kol. Järnklumpen från Garn visar en ^{14}C -ålder på 1320 ± 33 BP (Ua-29460) och det spadformiga ämnesjärnet från Villsberga en ^{14}C -ålder på 11310 ± 84 BP (Ua-29461). Kalibrerade värden (2σ), resulterar i 650–780 AD respektive 11400–11080 BC.

Resultatet från järnklumpen ger en rimlig ålder medan det från det spadformiga ämnesjärnet indikerar att det är fossilt kol, och inte kol från trä, som har daterats. Detta diskuteras mer nedan.

Kemisk analys

Metall

Kemiska analyser har genomförts på såväl metallen som den inneslutna slaggen. Metallen, dvs. järnet, är analyserat för att se om det innehåller några andra ämnen förutom järn. Vid den metallografiska undersökningen observerades tydligt ett kolinnehåll, även om det är lågt och ojämnt fördelat, i proverna från både Garn och Villsberga. Kol kan dock inte detekteras med den använda analysmetoden. Vid den metallografiska undersökningen observerades också ett fosforinnehåll i ämnesjärnets centrala delar. Observationen kring fosforförande ferrit i järnet från Garn var inte lika entydig. Vid de kemiska analyserna har fosforinnehållet nu kunnat kvantifieras. Metallen har analyserats i flera

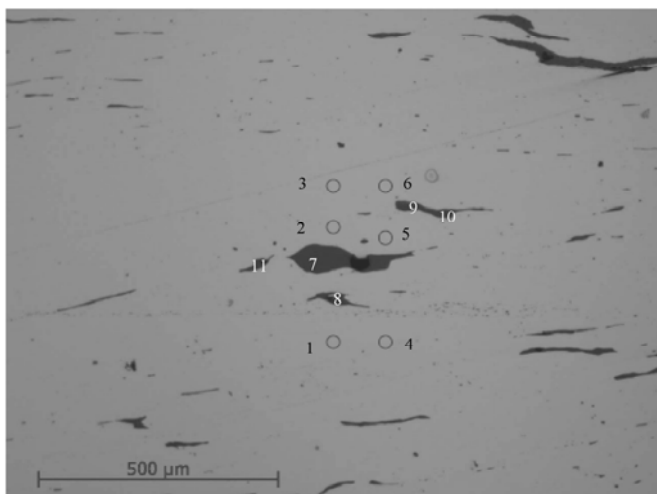
punkter längs en linje från kanten och in mot mitten i provet från Garn (Fig. 5) och tvärs över ämnesjärnets spets (Fig. 6).

I järnet från Garn (analysområde 2 och 3, se fig. 5) är fosforhalten mestadels kring 0,2 viktsprocent och därunder vilket är i nivå med detektionsgränsen (Tabell 1 i bilaga 2). I ett fåtal punkter når fosforinnehållet dock upp till så mycket som 0,4 eller som mest 0,6 viktsprocent, vilket styrker det fosforinnehåll som påtalats i den metallografiska undersökningen. För ämnesjärnet från Villsberga är fosforinnehållet särskilt markant i det område som valts för analys i den centrala kärnan kring slagginneslutningar (analysområde 8, se fig. 11) med halter kring 0,45–0,64 viktsprocent fosfor. Fosfor förekommer också i varierande mängder (som mest knappt 0,6 viktsprocent) från kant till kant nära ämnesjärnets spets (analysområde 6, se fig. 6), dock utan tydlig korrelation med observerad högre fosforhalt i centrala delar utan fosfor finns i motsvarande halter även i den kolförande ytterkanten.

Andra ämnen (Tabell 1) förekommer i betydligt lägre halter i metallen. I ämnesjärnet, i de centrala delarna i analysområde 8, finns ett fåtal punkter med halter över 0,3 viktsprocent av mangan. I övrigt är halterna lägre. I ämnesjärnets analysområde 6 finns det enstaka punkter med förhöjt innehåll av mangan och magnesium men såväl dessa ämnen som övriga visar negativa värden av motsvarande storleksordning varför värdena är nära detektionsnivån och förekomsten därmed något osäker.

Järnet i slaggen från Garn har innehåll av andra ämnen endast i enstaka mätpunkter och inget ämne förekommer i högre halter än 0,6 viktsprocent. Visserligen är natrium detekterat i något högre halt men det är mindre rimligt att detta är del av metallen och halterna varierar mycket.

Metalldelen i ämnesjärnet och järnet i slaggen innehåller båda fosfor i några tiondels viktsprocent. Möjligen finns spår av mangan i båda och magnesium i slagglumpen från Garn.



Figur 11. Foto från mikroskopet på prov från ämnesjärnet från Villsberga. Detalj i centrala delar där kemiska analyser (analysområde 8) har gjorts på järnet (svarta siffror) och slaggen (vita siffror).

Slagg

Analyser är gjorda på slagginneslutningar i både slaggrika järnfyndet från Garn och ämnesjärnet. Beroende på inneslutningarnas mineralinnehåll är antingen varje fas (glas, wüstit, olivin), den enda fasen eller en bulkanalys av de ingående faserna analyserad. I vissa fall skulle det kunna vara fördelaktigt att alltid sträva efter att göra en bulkanalys, dvs. en totalanalys där så stor och representativ del som möjligt ingår i analyspunkten. Men slagginneslutningarnas oregelbundna form och ojämna fördelning av faser i förhållande till analysinstrumentets möjligheter medför att det är lämpligare att välja varje fas för sig. Fördelen med detta är att man kan jämföra med motsvarande analyser för slaggar i referenssamlingarna. Många ämnen kan förväntas i specifika mineral om de förekommer, varför t.ex. innehåll av titan kan spåras i wüstit, mangan och magnesium i olivin men vid extremt höga halter även i wüstit. Fosfor kan vi förvänta oss att hitta främst i glasfasen och likartade jämförelser kan man göra för många andra ämnen.

Om slagginneslutningars sammansättning ska användas för att spåra järnets ursprung är det viktigt att klarlägga att slaggen är kvar sedan tillverkningen och inte har kommit till under smidet. Om det är nybildad slagg blir jämförelsen oväsentlig.

Slagginneslutningarnas karaktär

Järnklumpen från Garn, med mycket slagg, är troligen en rest från ett tidigt skede i järnframställningen varför slaggen antas ha en sammansättning som till stora delar speglar den använda malmens sammansättning. Annat material som ugnsinfodring och bränsle kan ha bidragit med komponenter men dessa kan man undvika i jämförelsen och istället fokusera på de ämnen som huvudsakligen kan knytas till järnmalmer, t.ex. magnesium, mangan, fosfor.

Slaggen i ämnesjärnet från Villsberga är av lite annan karaktär och uppträder i flera olika stråk i järnet, dels inom ett band av järn med en enhetlig sammansättning, dels i kontakten mellan kolrikare och kolfattigare järn. I det senare fallet skulle detta slaggstråk kunna ha tillkommit under smidet när järnet har plattats ut och vikts ihop upprepade gånger. Analyser är därför gjorda på slaggar från båda dessa typer av slaggstråk. De flesta inneslutningarna består av en tämligen homogen glasfas, men i några förekommer även järnoxider i form av wüstit.

Wüstitsammansättning

Analyserna (Tabell 2 i bilaga 2) visar att järnoxiden, dvs. wüstiten i såväl provet från Garn som ämnesjärnet från Villsberga är nära det teoretiska för wüstit, dvs FeO . Ämnen som kan knytas till malmen, t.ex. mangan och magnesium förekommer båda i låga halter. I Garn är magnesiumhalten mestadels under 0,3 %, men i någon enstaka mätpunkt ca 0,7 % som mest (i oxidform). För mangan når någon enstaka mätpunkt knappt 0,7 % men i övrigt är halten betydligt lägre. De få analyserade punkterna i wüstit i Villsbergas inneslutningar är snarlika. I båda proven finns dock något högre halter av kisel och aluminium men dessa ämnen kan ha flera ursprung (se ovan).

Olivinsammansättning

I slaggen från Garn är också olivinkristaller vanligt förekommande och förutom den dominerande järnkomponenten innehåller olivinerna även betydande halter av magnesium, upp till 2,5 % som mest men vanligen ca 1,5 %. Kalcium förekommer i något lägre halter, pendlade kring ca 1 %. Ett annat ämne som ofta förekommer i slaggernas olivinkristaller är mangan, men inte i slaggen från Garn. Här är innehållet genomgående lågt, vanligen endast någon tiondels viktsprocent och som mest ca 0,5 %. Fosfor varierar något i innehåll med ett fåtal mätpunkter kring 1 % men generellt strax under 0,5 %. I slagginneslutningarna från Villsberga saknas olivinkristaller, eller är för små för att de ska kunna analyseras enskilt.

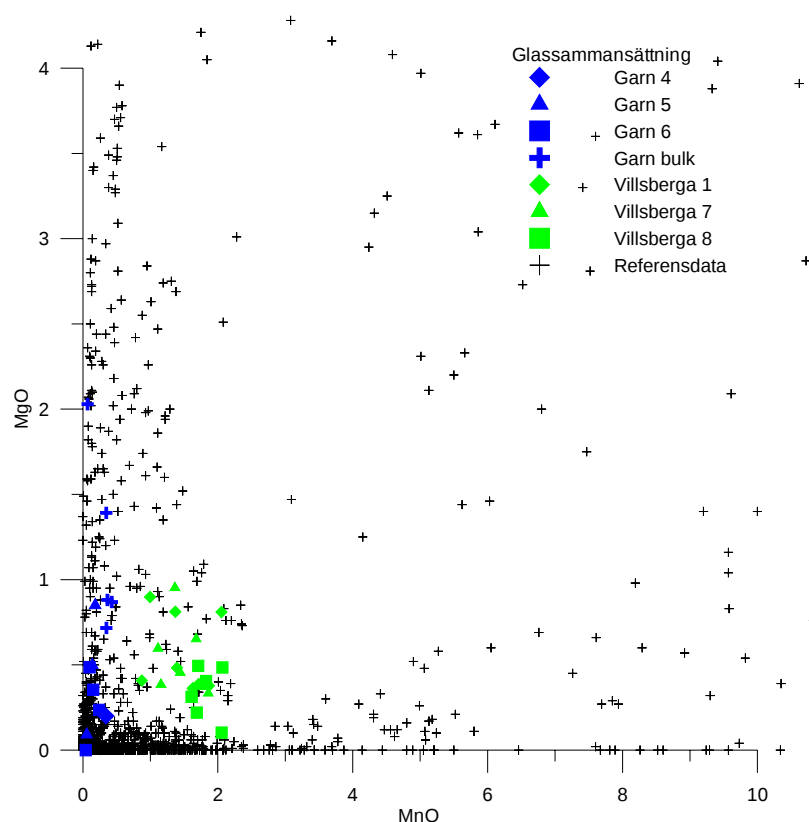
Glassammansättning

Glasfas förekommer dock i båda de analyserade proverna. Glaset är homogent i sammansättning inom respektive prov men skiljer sig åt markant mellan proverna (Tabell 2 i bilaga 2 och fig. 12–13). Gasfasen i slaggen från Villsberga domineras påtagligt av järn (ca 58 % FeO) med kisel i lägre halter (ca 22 % SiO₂ som medelvärde). Övriga ämnen förekommer i betydligt lägre halter, där fosfor är mest markant (11 % P₂O₅). Därefter följer aluminium (drygt 3 % Al₂O₃), kalcium, (knappt 2 % CaO) och mangan (ca 1,5 % MnO). Övriga ämnen förekommer i halter kring 1 % eller lägre.

I glasfasen från Garn däremot förekommer kisel i högre halter än järn (39 % SiO₂, 19 % FeO). Aluminium förekommer på samma nivå som järn. Därefter följer kalcium (knappt 9 % CaO), kalium (6 % K₂O), natrium och fosfor (båda ca 3,5 %). Mangan och magnesium förekommer endast i låga halter.

Slaggens sammansättning

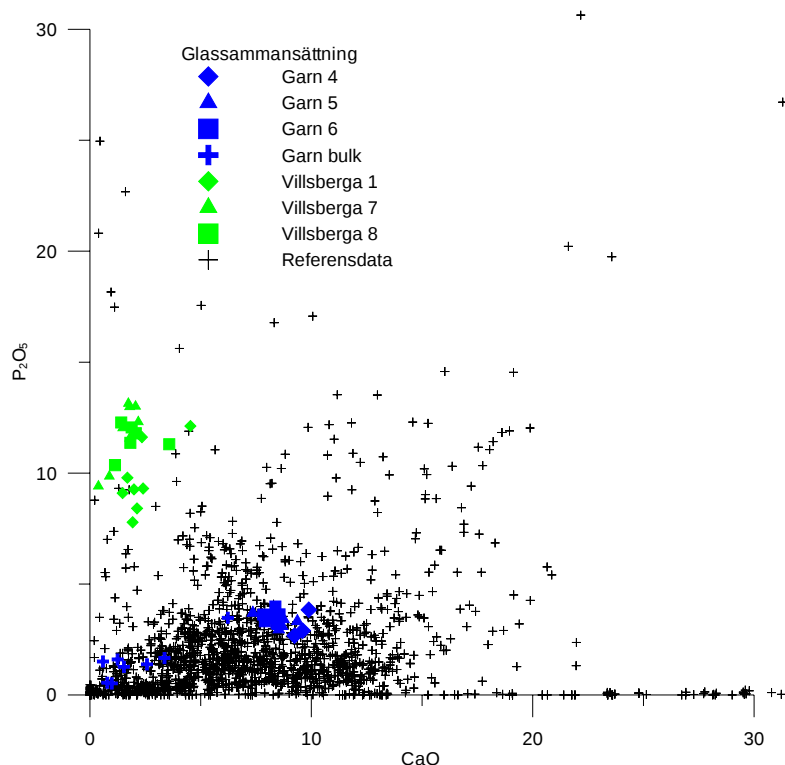
Glasfasen i slaggen från Garn representerar den restsmlta som har blivit kvar när både wüstit och olivin har kristalliserat. Wüstit består av nästan enbart järn (och syre) medan olivin innehåller huvudsakligen järn och kisel (mer järn än kisel). Det innebär att det som stelnat som glas är urlakat framförallt på järn medan övriga ämnen som aluminium, kalium och kalcium (som inte finns i vare sig wüstit eller olivin) blir anrikade relativt järn. I glasfasen i Villsberga däremot har inte samma utkristallisering skett varför glasfasen mer representerar dess ursprungliga totalsammansättning vilket skulle kunna vara en anledning till bland annat den höga järnhalten. Men, slaggen i Villsberga är tämligen ren i sin sammansättning, dvs. förutom kisel och järn, samt fosfor, förekommer inte så många ämnen i speciellt höga halter. Det kan bero på att slaggen inte är ärvd från framställningen i samma utsträckning utan delvis nybildad under smidet genom blandning av vällsand och oxidering av järnet från metallen.



Figur 12. Jämförelse av innehållet av magnesium och mangan i slagginneslutningar i prov från Garn och Villsberga i olika mätområden. Halterna jämförs med slagger i GALs analysdatabas. Axlarna är kraftigt beskurna och visar delvis den totala spännvidd av magnesium- och mangantinnehåll som finns bland de analyserade slaggerna.

Jämförelse med annat material

Analyserna av slaggen i de båda proven visar att dessa skiljer sig åt sinsemellan. Det betyder att det inte går att koppla det spadformiga ämnesjärnet från Villsberga till den järnhantering som slaggen från Garn representerar. Detta illustreras i de båda diagrammen som jämför innehållet av mangan och magnesium respektive kalcium och fosfor (Fig. 12 och 13). Men, nästa steg är att se om det är möjligt att relatera dem till någon annan produktion eller rimligt ursprungsområde. Vid en sådan jämförelse krävs det att det finns motsvarande analyser tillgängliga att jämföra med. En stor del av de analyser som har genomförts i Sverige på senare tid på slagger och malmer har skett i GALs regi och före det vid Arkeometallurgiska institutet (AMI). GALs analyser finns samlade i en databas där även en del av, men inte alla, AMI:s analyser finns inmatade. I detta skede kan vi göra en första jämförelse med dessa analyserade slaggers sammansättning. De ämnen som vi har noterat vara viktiga är bl.a. mangan, magnesium, kalcium och fosfor varför vi koncentrerar oss på dessa och jämför dem parvis i några diagram (Fig. 12–15).



Figur 13. Jämförelse av innehållet av fosfor och kalcium i slagginneslutningar i prov från Garn och Villsberga i olika mätområden. Halterna jämförs med slagger i GALs analysdatabas. Axlarna är något beskurna och visar en den totala spännvidd av fosfor- och kalciuminnehåll som finns bland de analyserade slaggerna.

I referensdatan finns en stor spridning i manganinnehåll där slaggen från Garn och Villsberga båda hör till dem som har lägre manganinnehåll även om slaggen i Villsbergaprovet har högre manganhalt än den från Garn. Magnesiuminnehållet i referensslaggerna är tämligen lågt i de allra flesta även om ett mindre antal har betydligt högre halter. De nu analyserade proverna har magnesiumhalter som är högre än det stora flertalet slagger i databasen men inte exceptionellt högt (Fig. 12).

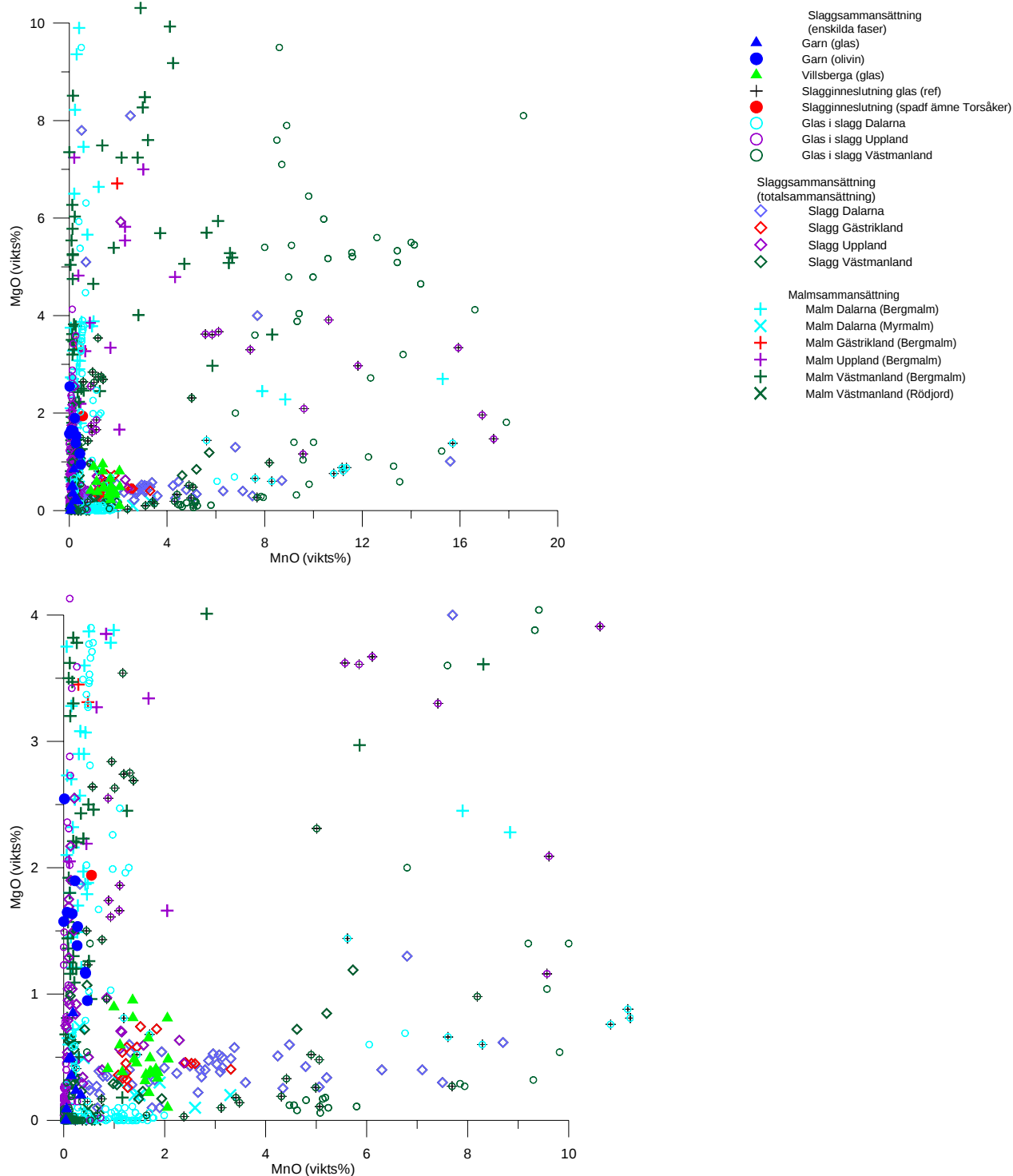
En motsvarande granskning av slaggernas innehåll av fosfor och kalcium visar att det finns en stor variation i kalciuminnehåll (0–15 %) i de analyserade slaggerna i databasen, vanligen i kombination med ett fosforinnehåll under 5 %. Ett mindre antal slagger har betydligt högre kalciumhalt, i kombination med lågt fosforinnehåll medan några andra har förhöjda fosforhalter, mestadels i kombination med tämligen höga kalciumhalter. Slaggen i ämnesjärnet från Villsberga avviker markant från de flesta slaggerna i databasen genom sitt höga fosforinnehåll (>10 %) och låga kalciuminnehåll (Fig. 13). Slaggen från Garn har halter som ligger inom variationen för de flesta slaggerna i databasen, men mestadels följer de den yttre gränsen för det stora flertalet, med relativt högt fosforinnehåll för respektive kalciuminnehåll.

Dessa båda diagram jämför översiktligt de nu analyserade fynden med tidigare analyserade slagger men åskådliggör inte närmare varifrån referensdata är hämtade. Databasen är stor och för att kunna illustrera och

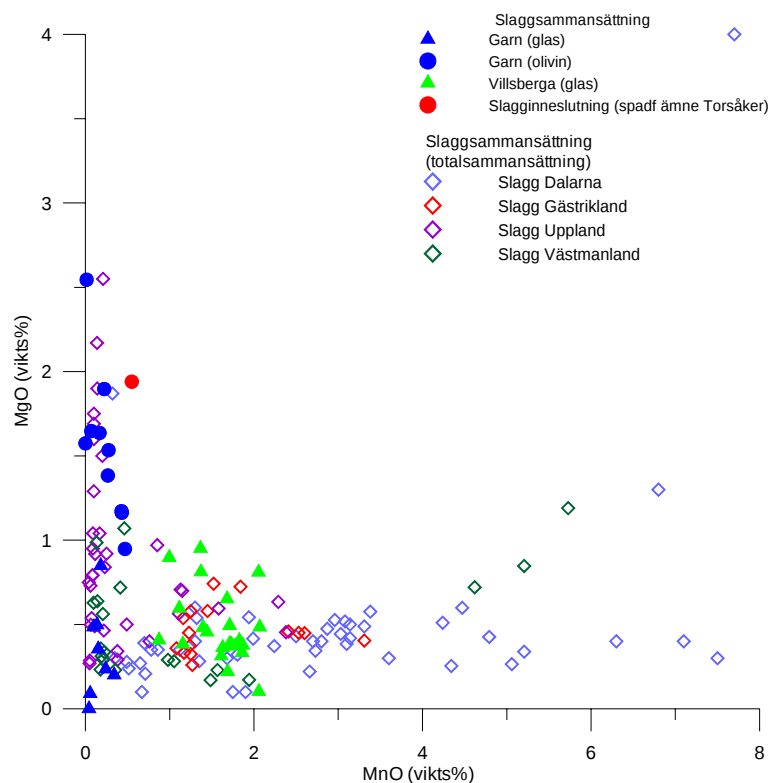
jämföra resultat kan man göra ett urval. Kring dessa fynd fanns en frågeställning om anknytning till lokalt järnhantverk eller om det finns kopplingar till närliggande regioner. Därför kan vi göra ett urval av data från Uppland, Västmanland, Gästrikland och Dalarna. I några diagram visar vi data för totalkemiska analyser av såväl malmer som slagger. Även analyser av glasfasen eller hela slagginneslutningar kan användas för jämförelse. I diagrammen har vi separerat bergmalmer och myrmalmer eftersom dessa ofta är olika i sammansättning men också delvis speglar järnframställning under olika tidsperioder där, något förenklat, myrmalmer och rödjordar användes i den äldre järnframställningen i blästugn och sedan avlöstes av bergmalmer i den yngre masugnen. Men, speciellt för Upplands del ska vi ha i åtanke att det finns belägg för användning av bergmalm redan under romersk järnålder.

Om vi jämför mangan och magnesium på samma sätt som tidigare (Fig. 14a–d) så ser vi att de flesta analyspunkter följer antingen mangan- eller magnesiumaxeln, dvs. antingen innehåller de den ena eller andra (Fig. 14a–b). Mer sällan finns högre halter av båda ämnena och när så är fallet är det vanligen i bergmalmer, men det är inte så många slagger som speglar en sådan sammansättning, vare sig i sin totala sammansättning (Fig. 14c) eller i glasets sammansättning. Vi har också lagt in värden för olivinkristallerna från Garn i diagrammen eftersom dessa innehåller mer magnesium än glasfasen och delvis kan illustrera ett högre teoretiskt värde för en totalkemisk sammansättning för slaggen från Garn. I diagrammet som visar endast slagger (Fig. 14c) ser vi att en del slagger, och slagginneslutningar i järn, från Uppland uppvisar liknande proportioner som slaggen från Garn. Dessa slagger kommer från Fullerö, strax norr om Gamla Uppsala, från järnframställning med bergmalm. En del andra slagger från Uppland (Harbo sn) liksom några från Gästrikland (Valbo sn) påminner mer om slaggen i Villsbergajärnet men det finns inga slagginneslutningar som matchar denna. Vad gäller slagger från Dalarna har dessa mestadels antingen högre mangan- eller magnesiumhalt även om ett fåtal från bl.a. St. Tuna och Leksand har liknande nivåer. Som jämförelse har vi också lagt in analysresultat för ett spadformigt ämnesjärn från Torsåker i Gästrikland, vilket inte alls liknar ämnesjärnet från Villsberga, möjligen har det mer, men inte övertygande, likheter med slaggen från Garn.

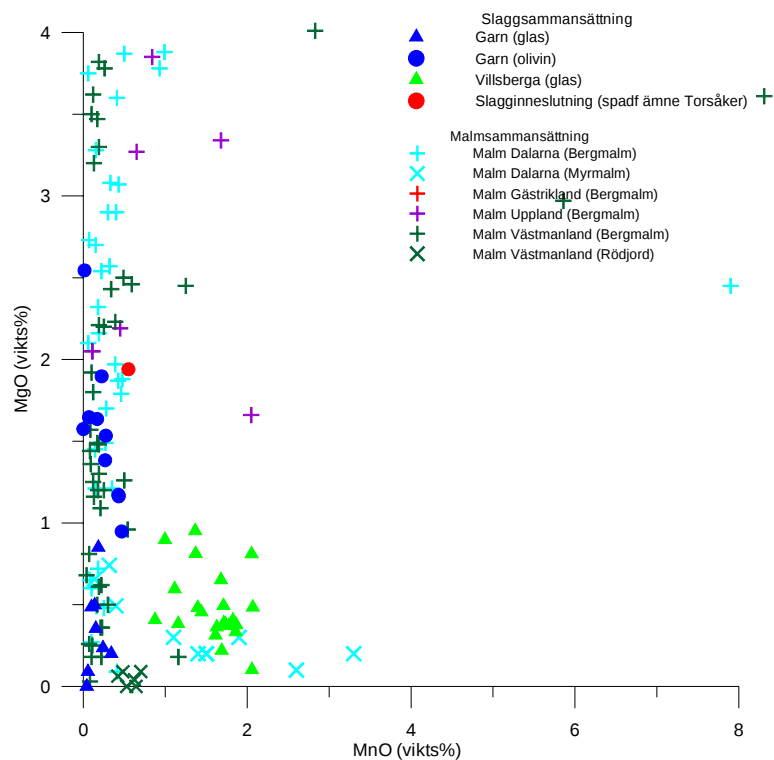
I ett diagram jämför vi slagginneslutningarna från Garn och Villsberga med malmer i de utvalda landskapen (Fig. 14d). Där ser vi att det främst är bergmalmer, från samtliga fyra landskap, som har ett innehåll av magnesium. Endast ett fåtal malmer från Uppland och Gästrikland ingår i databasen, desto fler från både Västmanland och Dalarna varifrån ett stort antal har varierande magnesiuminnehåll med genomgående tämligen lågt manganinnehåll (se ovan) vilket överensstämmer med slaggen i provet från Garn. Bland bergmalmerna från Uppland finns exempel från Vattholma, som har använts i Fullerö (se ovan), och Herräng. Malmerna från Västmanland och Dalarna är många och vi återkommer till dem senare när vi jämför innehållet av fosfor och kalcium. Slaggen i Villsbergajärnet, med något högre manganinnehåll, speglar i större utsträckning myrmalmer, här illustrerat med ett fåtal från Dalarna.



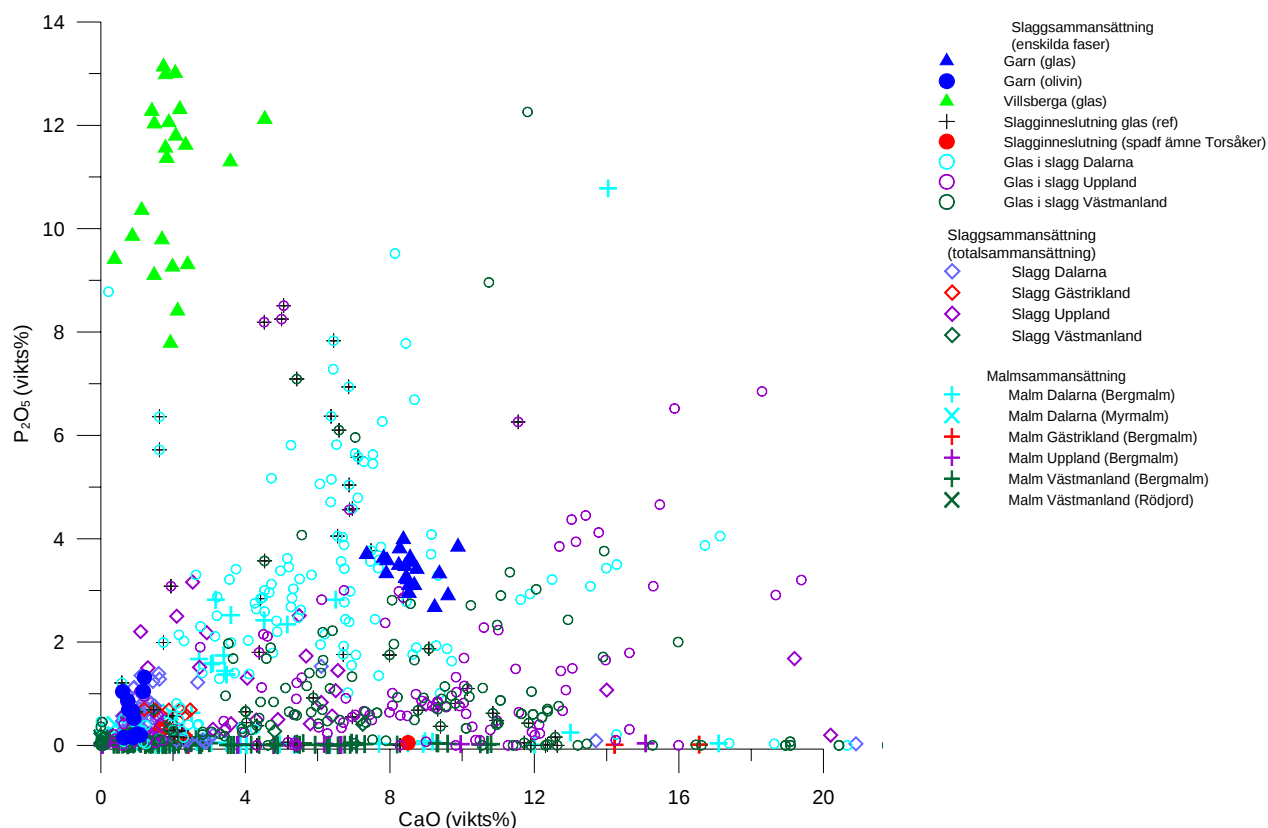
Figur 14a-b. Övre: Jämförelse av innehållet av magnesium och mangan i slagginnestutningar i prov från Garn (glas och olivin) och Villsberga (glas). Halterna jämförs med slagginnestutningar, slaggar och malmer från Uppland, Västmanland, Dalarna och Gästrikland i GALs analysdatabas. Nedre: detalj där det tydligare framkommer att de analyserade proverna från Garn och Villsberga återfinns bland de prover som har lägre halter av både magnesium och mangan.



Figur 14c. Detalj ur 14a, med endast slaggar från de närliggande landskapen.

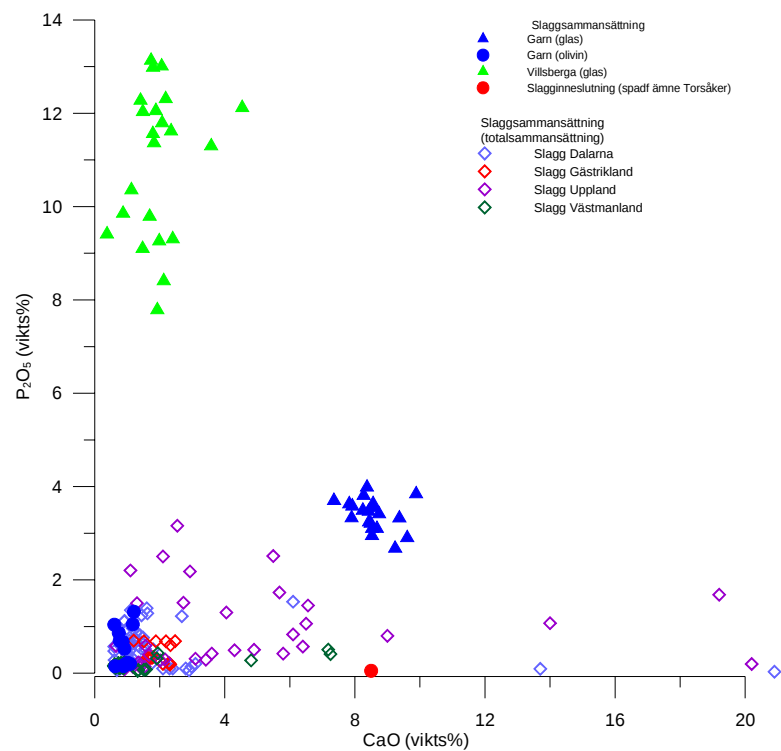


Figur 14d. Detalj ur 14a, med endast malmer från de närliggande landskapen.

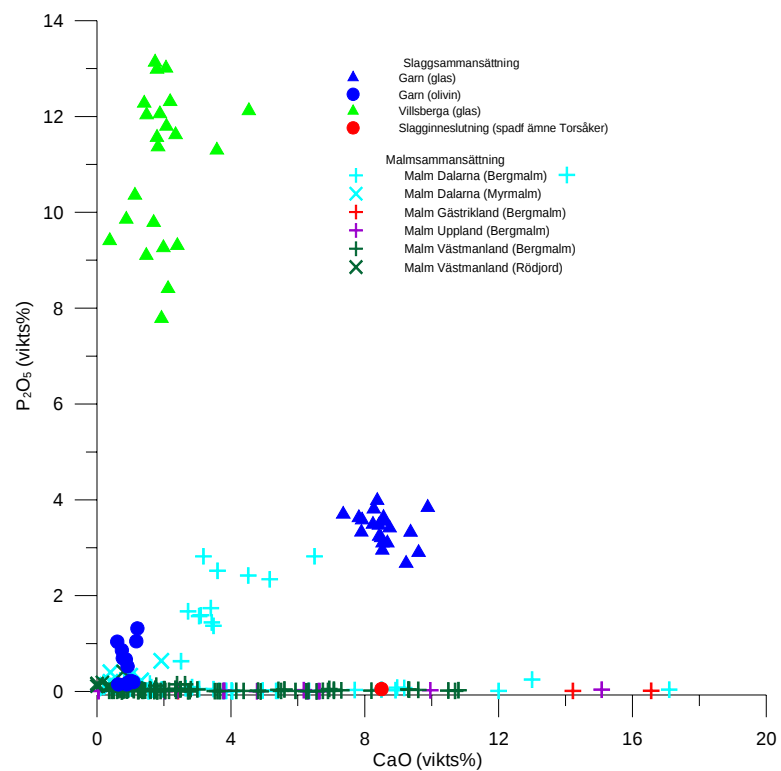


Figur 15a. Jämförelse av innehållet av fosfor och kalcium i slagginneslutningar i prov från Garn (glas och olivin) och Villsberga (glas). Halterna jämförs med slagginneslutningar, slaggar och malmer från Uppland, Västmanland, Dalarna och Gästrikland i GALs analysdatabas.

Motsvarande diagram för fosfor och kalcium (Fig. 15a–c) understryker som tidigare (Fig. 13) att det inte finns några analyserade slaggar, eller malmer, i databasen med så höga fosforhalter som i ämnesjärnet från Villsberga. Även järnet har höga fosforhalter och även om sådana kan fås från en fosforförande malm ska vi inte utesluta att man har tillsatt fosfor under något processled i detta fall. Återigen kan vi notera att det spadformiga ämnesjärnet från Torsåker skiljer sig markant från ämnesjärnet från Villsberga. I figur 15a finns såväl slaggar, slagginneslutningar som malmer med för jämförelse. Här ser vi att det främst är glasfasen i slagginneslutningar som når upp till de högre halterna av såväl kalcium som fosfor. Detta speglar det faktum som beskrivits ovan att dessa ämnen anrikas i glasfasen vid slaggbildningen, och resulterar i högre halter än i slaggen totalt. Detta syns också om vi jämför värden för olivin respektive glas i slaggen från Garn där glasfasen ligger på högre halter av båda ämnena jämfört med olivinkristallerna. Motsvarande förskjutning i diagrammet kan vi tänka oss för övriga slaggar. Många varierar i både fosfor- och kalciuminnehåll, t.ex. slaggar från Dalarna och Uppland men slaggar från Västmanland har genomgående en lägre fosforhalt. Detta framgår också i diagrammet med enbart slaggar (Fig. 15b).



Figur 15b. Detalj ur 15a, med endast slagger från de närliggande landskapen.



Figur 15c. Detalj ur 15a, med endast malmer från de närliggande landskapen.

En parallell illustration för malmerna från dessa landskap visar också tydligt denna skillnad. Den likhet som visserligen noterades för bergmalmer från Västmanland och Dalarna vad gäller magnesium och mangan (Fig. 14) ser vi i kalciumhalten, men definitivt inte i fosforinnehållet (Fig. 15c). Malmerna från Västmanland, liksom de från Uppland och Gästrikland, har genomgående lågt, eller inget, fosforinnehåll. Även en del av malmerna från Dalarna saknar fosfor, men det finns ett antal med innehåll av både kalcium och fosfor. Dessa kommer från Grängesbergområdet, som också är känt för förekomsten av det fosforhaltiga mineralet apatit.

Kemin i sammanfattning

Slaggen i Garn kommer, som vi tidigare har beskrivit, från ett tidigt skede i järnhanteringen. Den är huvudsakligen kvar från framställningen. I dess kemiska sammansättning finns några ämnen som vi har studerat för att om möjligt se var denna järnframställning kan ha skett och med vilken malmtyp. En förutsättning för en sådan undersökning är, den något förenklade, kännedomen om att limonitiska malmer, som myrmalmer, kan innehålla såväl låga som höga manganhalter men vanligen har lågt magnesiuminnehåll. Många bergmalmer däremot innehåller vanligen mer magnesium. Slaggen från Garn har tämligen lågt manganinnehåll och ett magnesiuminnehåll som visserligen inte är anmärkningsvärt högt men ändå noterbart jämfört med många slagger från blästjärnstillverkning, även om likartade förekommer (Fig 14). Vid jämförelse med referensdata även för andra ämnen, speciellt från omkringliggande landskap, visar utvärderingen att slaggen från Garn har likheter med andra slagger från bl.a. Uppland, mer tveksamt från Gästrikland och delar av Dalarna, medan andra områden i Dalarna avviker. Vad gäller jämförelse med malmer noterade vi att det är bäst överensstämmelse med de malmer i databasen som kommer från Grängesbergområdet i Dalarna. Vi ska dock komma ihåg att referensdata inte är heltäckande varför det kan finnas fler områden som uppvisar motsvarande likheter.

Men, är det verkligen bergmalmer som har använts för tillverkningen av det slaggrika järnet som har påträffats på Garn? Järnet har daterats till 650–780 AD och verksamheten i stort har fått en datering till en något senare period, 770–970 AD. Även om det finns en avvikelse mellan dessa två så har de det gemensamt att de ligger inom den period då järn tillverkades i blästugnar, en framställning man till stora delar förknippar med användning av myrmalmer. Användning av bergmalm är huvudsakligen kopplat till masugnen som, vad vi vet i dag, togs i bruk senare, kanske inte förrän i slutet av 1100-talet. Men, som vi nämnt tidigare finns det belegg för att man har använt bergmalm i form av magnetit i blästugnar i Uppland redan under romersk järnålder varför tolkning om bergmalm kan vara möjlig även i det här fallet. Vi kan också diskutera kring möjligheten att det inte är bergmalmen i fast klyft som har använts utan vittringsprodukter, antingen som svartsand längs sjökanter eller som avsatta limonitiska malmer inom samma region. I det senare fallet kan den nybildade sjö- eller myrmalmen delvis ha ärvt den kemiska signaturen från den malmförande berggrund där den har sitt ursprung, men vi har i så fall inte dessa malmer i vår databas. Redan Inga Serning, i

sitt omfattande arbete med järnframställning i Dalarna, såg antydning till att svartsand hade kommit till användning i några av yngre järnålderns blästugnar, t.ex. i Leksandsområdet (pers. medd. till E Hjärthner-Holdar) men utvecklade inte detta närmare.

För det analyserade provet från Garn finns därmed några presumtiva ursprungsområden med utgångspunkt i de genomförda analyserna. Intressant nog finns det dock ingen koppling till ämnesjärnet från Villsberga, som inte heller har någon motsvarighet i det jämförande referensmaterialet däribland ett tidigare analyserat ämnesjärn av samma typ från Torsåker i Gästrikland.

Diskussion och tolkning

Varför har det spadformiga ämnesjärnet daterats till ca 11000 BC? Det är ett resultat som omedelbart framträder som orimligt, men som indirekt kan antyda att föremålet snarare är yngre än vi tror tvärtemot den äldre dateringen. En tolkning om yngre tillverkning beror på att tekniker i framställning och smide har förändrats från järnåldern och in i vår tid. Fossilt kol, i form av stenkol har använts i smidet under senare tid, men inte under järnålder. Stenkol är ett fossilt material med betydligt högre ålder än träkol. Av och till har stenkolsstycken daterats och många gånger genererat resultat i storleksordningen 40 000 BP (stenkol är äldre men detta är en rimlig dateringsgräns med denna metod eftersom ju äldre det är desto svårare är det att avgöra exakt eftersom sönderfallsskurvan planar ut). Vare sig vid metallografiska analyser eller vid dateringsanalysen kan man avgöra varifrån kolet kommer eftersom kolet under järnframställningen och/eller smidet har ingått i kemisk förening med järn och det man ser är järnkarbid.

Det spadformiga ämnesjärnet har dock en yngre datering än vad enbart stenkol brukar resultera i. Detta kan bero på att vi ser spår av både träkol och stenkol. Möjligen är det träkol från framställningen och stenkol från smidet som tillsammans ger avtryck i dateringsresultaten.

I järnframställningen, oavsett om den är i blästugn eller masugn (som inte är helt modern), har vi träkol som källa. I smidet kan vi ha träkol eller stenkol, eller till och med en blandning av träkol och stenkol. Det senare omnämns även av ”moderna” smeder och beror på tillgång och specifika behov (Enander och Norén 2001). Det finns med andra ord flera möjligheter för att båda typerna av kol har bidragit till järnets kolinnehåll.

Problematiken om användandet av stenkol eller blandning av träkol och stenkol och vilka effekter det får på dateringsresultat har berörts av Cook m.fl. (2003). Ett stort antal järnföremål av varierande ålder har daterats på kol i järn och jämförts med andra uppgifter om datering som finns för respektive föremål. En del gav avvikande resultat som i några fall antogs bero på stenkolsanvändning. Dessvärre presenteras inte de detaljerade dateringsresultaten varför de inte är direkt jämförbara med det vi nu har. Författarna konstaterar dock att inblandning av stenkol har resulterat i för höga åldrar (Cook m.fl. 2003).

Annat som skulle kunna skapa oriktiga dateringsresultat är det sätt som ämnesjärnet har behandlats sedan det togs ur jorden. Ämnesjärnet är

konserverat och de organiska kemikalier som har använts kan ha trängt in i sprickor och hålrum i metallen och på så sätt skapat en förorening i det prov som har analyserats och följaktligen skapat ett skevt resultat.

För att få en uppfattning om vilken effekt en inblandning av fossilt material har på ett dateringsresultat kan vi använda oss av tidigare presenterade beräkningar (Bowman 1990) för hur en uppmätt ålder (eller egentligen aktivitet) är sammansatt av flera delar, t.ex. det som representerar provets egentliga ålder och det som representerar en förorening. Om vi översätter de termerna till ämnesjärnet kan vi anta en komponent av träkol, som är ”den rätta” åldern för tillverkningen och en komponent av stenkol, som i detta fall utgör föroreningen. En liten inblandning (någon procent) av stenkol ger några hundra år fel men om föroreningen är större, flera tiotals procent, blir effekten flera tusen år för mycket.

Med tanke på observationen i den metallografiska analysen av det daterade ämnesjärnsprovet från den breda sidan om att uppkolning eventuellt kunde ha skett i ytan under smidet, och att detta inte är helt vanligt under järnålder, fanns ytterligare indikationer på att ämnesjärnet måhända är av yngre datum än vi har antagit men detta är inte säkerställt. Spadformiga ämnesjärn har visserligen tidigare uppvisat stor spridning i datering från tiden kring Kristi födelse till vikingatid även om många är funna i folkvandringstida fyndomständigheter (Lindeberg 2009), och möjligen faller detta utanför tidigare kända förekomster. Stenkol bör ha använts på 1800-talet, möjligen även på 1700-talet. En ännu tidigare användning är dock tveksam även om det finns enstaka exempel på tidig användning i anslutning till stenkolsförekomster. Som exempel kan nämnas stenkolsförekomster i nordvästra Skåne vilka har brutits sedan åtminstone slutet av 1500-talet (Schmidt Sabo 2000) och där lokal användning av stenkol i en smedja under denna tidsperiod, i Barkåkra sn, kunde påvisas med hjälp av analyser (Hjärthner-Holdar & Grandin 2002). Vi kan också fundera kring om ämnesjärnen ursprungligen är av betydligt äldre datum men att de har återanvänts lokalt på senare tid, antingen material- och/eller formmässigt – en tanke som är nog så spännande för smidets kontinuitet i området. Kanske är det till och med upphittaren som har smitt på det?

Det kompletterande prov som togs från holken på ämnesjärnet har visserligen också en yttre kant med högre kolhalt men i detta snitt visar kolhalten en mer successiv ökning från kärnan till kanten vilket är vanligt förekommande för järnålderns produkter. Holkens snitt har också en liknande kärna av fosforförorenat kolfritt järn som längdsnittet vid motsatt sida varför det förefaller rimligt att hela ämnesjärnet är tillverkat av likartat material och smitt på motsvarande sätt. Denna iakttagelse innebär att det är möjligt att ämnesjärnet har sitt ursprung i järnålderns tillverkning och inte heller behöver vara smitt vid senare tillfällen.

Den daterade järnklumpen med slagg från Garn demonstrerar tydligare en aktivitet som kan föras till det erhållna resultatet 650–780 AD. Detta resultat visar tydligt en aktivitet med järnhantering inom denna tidsram. Eftersom ingen vedartsanalys har gjorts är det inte möjligt att uttala sig om vare sig träslag eller dess egenålder. Vanligt är dock att yngre tallar

snarare än uråldriga ekar har använts i såväl järnframställning som smide. Järnklumpen har inte bearbetats i nämnvärd omfattning så antingen representerar dateringen framställningen, vilket är mer troligt, eller det första smidet, dvs. hopslagningen av luppen. Resultatet är något tidigare än de förut äldsta noterade aktiviteterna som är relaterade till järnhantering (enligt uppgift från uppdragsgivaren 770–970 AD) på samma plats. Det finns även senare dateringar från en annan yta med lämningar från järnhantering på Garn (1020–1160 AD, enligt uppdragsgivaren). Slaggerna som har påträffats är smidesslagger, men de är inte närmare undersökta och den nu presenterade metallografiska analysen är den enda som genomförts för järnet. Fortsatta analyser av såväl slagger som järn från de två aktuella ytorna med olika dateringar är därför av stort intresse för att närmare utreda detaljer i smidet och produkten för att se om det finns några skillnader i teknik och material eller om det föreligger en kontinuitet i det lokala järnhantverket. I nuläget finns det dock inget som kan knyta de spadformiga ämnesjärnen till smidet på Garn, vare sig som produkt eller råvara.

Även resultaten av de kemiska analyserna påtalar skillnaden mellan det slaggrika järnet från Garn och ämnesjärnet från Villsberga. Det senare kan inte ha blivit smitt av den typ av järn som har bearbetats på Garn som vi nu har undersökt. Det spadformiga ämnesjärnet skiljer sig också från ett tidigare analyserat ämnesjärn av samma typ från Torsåker i Gästrikland. Det saknas också material i referensdatabasen som kan visa var det har sitt ursprung. Provet från Garn uppvisar dock likheter i sin sammansättning med såväl slagger som malmer som ingått i jämförelsen. Det finns likheter med några slagger och malmer från Uppland, men större likhet med magnesium- och fosforförande bergmalmer bl.a. från Grängesbergssområdet i Dalarna. Det fåtal analyser som nu har genomförts och de begränsningar som finns i analysdatabasen är dock inte tillräckliga för att avgöra att detta är ursprungsområdet utan det kan finnas flera alternativ som inte är analyserade.

Referenser

- Bowman, S. 1990. Radiocarbon dating. Published for the Trustees of the British Museum, by British Museum, London. 64 p.
- Cook, A.C., Wadsworth, J. & Southon, J.R. 2001. AMS radiocarbon dating of ancient iron artifacts: A new carbon extraction method in use at LLNL. *Radiocarbon*, Vol 43, Nr2A, 2001, p 221–227.
- Cook, A.C., Southon, J.R. & Wadsworth, J. 2003. Using Radiocarbon Dating to establish the Age of Iron-Based Artifacts. <http://www.tms.org/pubs/journals/JOM/0305/Cook-0305.html>. *JOM*, 55:5, 15–22.
- Enander, L. & Norén, K-G. 2001. Järnsmidesboken. nielsen & norén förlag HB, Stockholm, Lars Enander Smide, Hudiksvall.
- Englund, L-E. & Grandin, L. 2001. Kråknäsfyndet. *Läddikan 2:2001*, p 8.
- Englund, L-E., Grandin, L. & Hjärthner-Holdar, E. 2001. Datering av spadformat ämnesjärn och smälta. Kråknäset, Fors 27:3, Torsåkers sn, Gästrikland. *Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 13-2001*. Uppsala.
- Grandin, L. 2000. Spadformade ämnesjärn från Torsåker. Inledande arkeometallurgiska analyser. Kråknäset, Torsåkers sn, Gästrikland. *Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 16-2000*. Uppsala.
- Hjärthner-Holdar, E. & Grandin, L. 2002. Smedjan vid Kågleån i Vantinge. I: Mats Mogren (red). *Märkvärt, Medeltida. Arkeologi ur en lång skånsk historia*. Riksantikvarieämbetet Arkeologiska undersökningar Skrifter 43, 181–212. Stockholm.
- Lindeberg, M. 2009. Spadformiga ämnesjärn i Mellannorrland. *Stockholm Studies in Archaeology* 48. Stockholms universitet.
- Schmidt Sabo, K. 2000. Vikingatida långhus och en bysmedja. Barkåkra sn. *Riksantikvarieämbetet UV Syd Rapport 2000:101*. GALs analysdatabas.

Administrativa uppgifter

Riksantikvarieämbetets dnr: 424-0924-2010.
Riksantikvarieämbetets projektnummer: 11582 och 11704.
Projektgrupp: Lena Grandin och Eva Hjärthner-Holdar.
Underkonsulter: Ångströmlaboratoriet Tandemlaboratoriet vid Uppsala Universitet samt Enheten för mineralogi vid Naturhistoriska Riksmuseet.
Foto: Lena Grandin, GAL.

Bilagor

Bilaga 1. Resultat från datering av ämnesjärn och järnklump.
Resultatprotokoll och kalibrering från Ångströmlaboratoriet.



UPPSALA
UNIVERSITET

Uppsala 2010-06-07

Lena Grandin
UV GAL, RAÄ
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 kol i järn från Uppland.

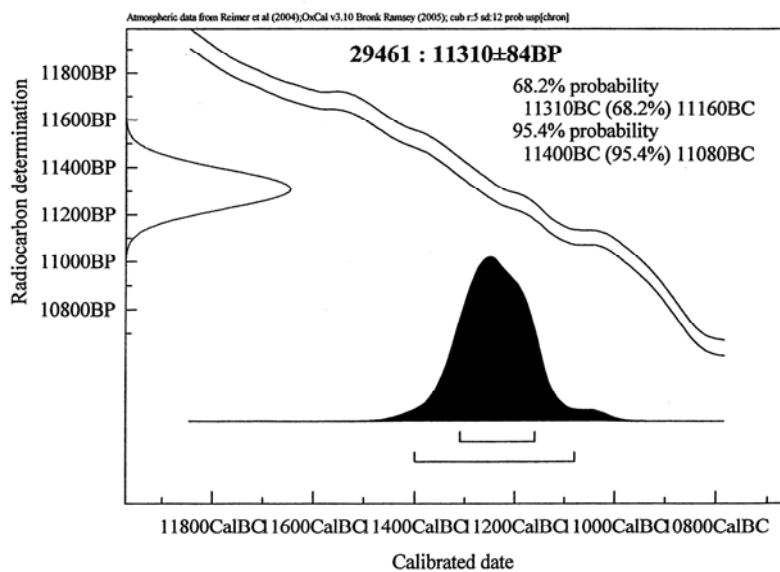
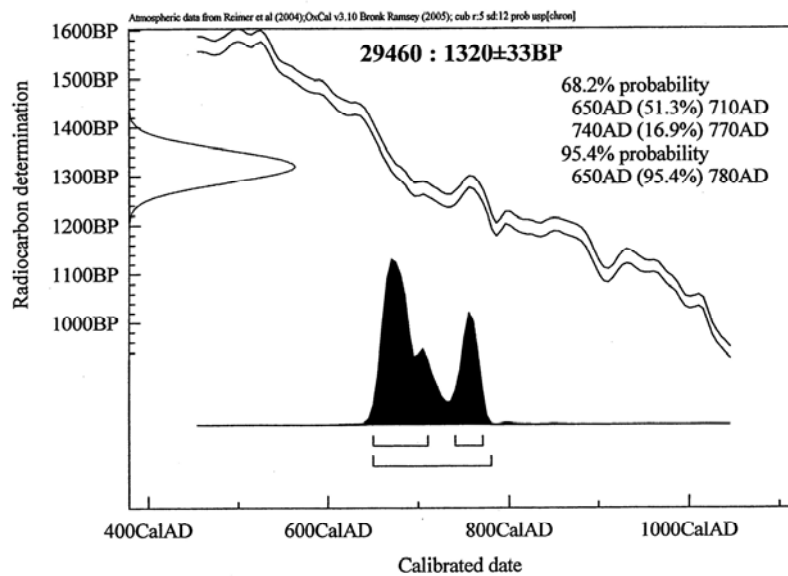
Den fraktion som ^{14}C -bestäms, förbränns till CO_2 -gas som
i sin tur Fe-katalytiskt grafiteras före acceleratorbestämningen.

RESULTAT

Labnummer	Prov	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ VPDB	^{14}C ålder BP
Ua-29460	Garn G 1	-19,2	1 320 ± 33
Ua-29461	Villsberga V 1	-28,6	11 310 ± 84

Med vänlig hälsning


Göran Possnert/Ingela Sundström



Bilaga 2. Resultat från kemiska analyser.

Tabell 1. SEM/EDS-analysdata för metallfasen i prov från Garn och Villsberga, Uppland. Analyserna är genomförda vid Enheten för mineralogi på Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm. Ett antal små ytor i metallen har analyserats. Resultaten, normaliserade, presenteras för järnet som metaller. Värden som anges som negativa visar skillnad mellan det uppmätta spektrat och en anpassad bakgrundsfunktion. De negativa värdena ger därmed också en indikation på detektionsgränserna för ämnet ifråga. Lätta ämnen, som kol och syre, kan inte analyseras med instrumentet vilket innebär att järnets kolhalt inte kan mätas. Analysområden illustreras på figurer i rapporten.

<i>Prov</i>	<i>An. omr.</i>	<i>Nr</i>	<i>Na</i>	<i>Mg</i>	<i>Al</i>	<i>Si</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Ti</i>	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>	<i>Total</i>
Garn	3	1	0,11	-0,08	0,03	-0,05	0,02	-0,11	-0,08	0,04	0,34	99,77	100
Garn	3	2	0,23	-0,24	0,16	0,09	-0,08	0,15	0,13	0,06	-0,12	99,62	100
Garn	3	3	0,05	-0,35	0,01	0,02	0,24	-0,02	-0,12	-0,02	0,25	99,94	100
Garn	3	4	0,55	-0,12	-0,22	-0,21	-0,17	-0,10	-0,01	0,08	0,06	100,13	100
Garn	3	5	-0,60	-0,25	-0,04	-0,21	0,37	0,03	-0,09	-0,17	0,52	100,46	100
Garn	3	6	0,33	0,08	-0,27	0,17	0,10	0,02	0,20	0,01	0,08	99,27	100
Garn	3	7	0,31	0,00	0,29	-0,02	0,31	0,25	-0,24	-0,27	0,30	99,07	100
Garn	3	8	-0,70	0,18	0,07	0,17	0,16	0,16	-0,04	0,20	0,41	99,39	100
Garn	3	9	0,39	0,58	-0,05	0,23	-0,16	0,04	0,08	-0,21	-0,06	99,16	100
Garn	3	10	0,34	-0,20	0,37	0,07	0,14	-0,16	0,05	-0,04	0,25	99,19	100
Garn	3	11	-0,31	-0,01	0,19	-0,12	-0,15	0,34	-0,01	0,17	-0,36	100,26	100
Garn	3	12	0,10	0,08	0,08	0,45	0,54	-0,19	0,25	-0,16	0,02	98,83	100
Garn	3	13	0,14	0,03	0,11	0,35	-0,06	-0,05	0,25	-0,16	-0,10	99,48	100
Garn	2	1	-0,28	0,01	-0,25	0,23	-0,11	-0,20	0,10	0,11	0,33	100,04	100
Garn	2	2	0,75	-0,04	0,17	-0,10	0,07	-0,10	0,12	-0,09	0,11	99,11	100
Garn	2	3	-0,57	0,06	0,13	0,02	0,00	-0,12	-0,09	0,03	0,37	100,17	100
Garn	2	4	-0,50	0,10	-0,14	0,01	-0,06	0,00	-0,20	0,10	0,34	100,35	100
Garn	2	5	0,44	0,39	0,06	-0,04	0,25	0,32	0,20	0,08	-0,01	98,32	100
Garn	2	6	0,04	0,31	0,27	0,23	0,04	-0,02	0,08	-0,21	0,35	98,91	100
Garn	2	7	-0,55	0,33	-0,42	0,23	-0,09	0,02	-0,02	-0,04	0,22	100,31	100
Garn	2	8	-0,10	0,05	0,16	-0,34	0,19	0,16	0,28	0,33	0,15	99,12	100
Garn	2	9	0,13	-0,10	-0,20	-0,02	0,57	-0,12	0,15	0,05	0,50	99,04	100
Garn	2	10	0,00	0,12	0,27	-0,08	0,14	0,16	0,08	-0,02	-0,02	99,34	100
Garn	2	11	-0,22	0,11	0,01	0,02	0,39	0,09	0,09	-0,04	0,01	99,53	100
Garn	2	12	0,36	0,27	0,30	-0,14	0,32	-0,07	0,10	0,07	0,33	98,47	100
Garn	2	13	0,53	0,43	0,12	0,27	0,04	-0,08	-0,01	-0,07	-0,15	98,90	100
Garn	2	14	0,84	0,27	0,02	0,17	0,28	0,14	0,15	-0,31	-0,04	98,47	100
Garn	2	15	-0,44	0,58	0,02	0,34	0,27	-0,10	-0,07	0,05	0,02	99,34	100
Garn	6	5	0,37	-0,21	-0,22	0,08	0,34	0,08	-0,01	-0,06	-0,18	99,80	100
Garn	6	22	0,21	-0,13	-0,03	0,09	0,11	-0,07	-0,07	0,16	0,23	99,51	100

<i>Prov</i>	<i>An. omr.</i>	<i>Nr</i>	<i>Na</i>	<i>Mg</i>	<i>Al</i>	<i>Si</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Ti</i>	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>	<i>Total</i>
Villsberga	6	1	0,38	0,35	0,30	-0,02	0,39	0,09	-0,03	0,22	0,23	98,09	100
Villsberga	6	2	-0,60	0,06	0,33	-0,14	0,01	0,15	-0,09	0,04	0,34	99,90	100
Villsberga	6	3	-0,01	0,53	-0,12	0,22	0,17	0,16	-0,14	-0,24	0,22	99,22	100
Villsberga	6	4	-0,22	0,13	-0,53	0,26	0,33	-0,17	0,06	0,01	0,00	100,12	100
Villsberga	6	5	0,36	0,35	0,34	0,14	0,53	0,01	-0,09	-0,14	-0,18	98,68	100
Villsberga	6	6	0,19	-0,08	0,26	0,17	0,23	-0,05	0,01	0,22	0,34	98,70	100
Villsberga	6	7	-0,09	-0,27	-0,08	0,07	0,43	0,29	-0,18	0,12	-0,08	99,79	100
Villsberga	6	8	0,53	-0,01	0,00	0,04	0,14	0,14	-0,02	0,03	0,49	98,66	100
Villsberga	6	9	-0,69	-0,07	-0,22	0,14	0,17	0,09	-0,02	0,09	0,04	100,47	100
Villsberga	6	10	0,19	-0,05	0,47	-0,32	0,00	0,44	0,04	-0,11	0,75	98,60	100
Villsberga	8	1	0,00	0,09	-0,24	-0,11	0,51	0,01	-0,03	-0,11	-0,20	100,06	100
Villsberga	8	2	-0,12	0,01	0,16	0,15	0,59	0,10	-0,03	-0,01	0,10	99,04	100
Villsberga	8	3	0,10	0,16	-0,05	0,19	0,64	0,12	-0,06	-0,10	0,19	98,81	100
Villsberga	8	4	0,09	0,10	0,12	0,08	0,45	0,07	-0,02	-0,14	0,29	98,96	100
Villsberga	8	5	-0,16	-0,09	-0,16	0,01	0,23	0,09	-0,03	0,00	0,37	99,73	100
Villsberga	8	6	0,05	0,03	-0,14	0,10	0,08	-0,14	-0,01	-0,12	-0,04	100,19	100

Tabell 2. SEM/EDS-analysdata för slagginneslutningar i prov från Garn och Villsberga, Uppland. Analyserna är genomförda vid Enheten för mineralogi på Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm. Resultaten är omräknade till oxider och normaliserade. Värden som anges som negativa visar skillnad mellan det uppmätta spektrat och en anpassad bakgrundsfunktion. De negativa värdena ger därmed också en indikation på detektionsgränserna för ämnet ifråga. Resultaten är primärt sorterade efter den analyserade typen av fas för respektive fynd, sedan efter analysområde inom fyndet.

Prov	An.omr.	Nr	Fas	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Total
Garn	4	2	Wüstit	0,58	0,22	0,47	99,06	-0,04	-0,34	-0,18	-0,21	-0,05	0,50	100
Garn	4	3	Wüstit	0,44	0,31	-0,24	98,71	0,14	0,00	-0,05	-0,14	-0,08	0,91	100
Garn	4	4	Wüstit	1,48	0,45	0,57	97,17	-0,31	0,56	-0,17	0,29	-0,10	0,05	100
Garn	4	5	Wüstit	0,23	0,09	0,76	100,07	-0,27	-0,22	-0,02	-0,30	0,09	-0,45	100
Garn	4	6	Wüstit	0,87	0,22	0,25	97,93	-0,37	0,71	0,21	-0,10	0,25	0,03	100
Garn	4	7	Wüstit	-0,26	0,15	0,53	99,09	0,06	-0,11	0,11	0,45	-0,22	0,20	100
Garn	5	2	Wüstit	0,43	0,43	1,82	97,40	-0,10	0,31	0,00	0,10	0,07	-0,46	100
Garn	5	6	Wüstit	0,24	0,02	1,54	96,89	0,65	0,70	-0,23	-0,09	0,12	0,15	100
Garn	5	9	Wüstit	0,77	0,07	0,78	97,62	-0,15	0,60	-0,05	0,11	0,28	-0,02	100
Garn	5	10	Wüstit	1,07	0,02	0,21	97,78	0,16	0,00	0,24	0,34	-0,04	0,23	100
Garn	5	13	Wüstit	0,74	-0,32	1,02	98,92	-0,10	-0,41	0,09	0,14	0,32	-0,41	100
Garn	5	17	Wüstit	0,17	0,51	1,79	96,24	0,34	0,18	0,15	0,67	-0,01	-0,05	100
Garn	5	20	Wüstit	1,40	0,58	1,49	95,69	-0,13	-0,04	-0,11	0,17	0,07	0,88	100
Garn	5	24	Wüstit	1,14	0,65	1,19	96,04	-0,27	0,13	0,25	0,49	-0,04	0,43	100
Garn	6	1	Wüstit	0,23	0,07	1,79	98,22	0,10	-0,21	-0,05	-0,07	0,00	-0,07	100
Garn	6	8	Wüstit	0,16	0,34	1,31	97,51	0,03	0,04	-0,11	-0,15	0,05	0,82	100
Garn	6	12	Wüstit	0,07	0,50	0,71	97,63	0,46	0,70	0,03	0,03	-0,16	0,02	100
Garn	6	14	Wüstit	1,39	0,14	0,74	97,22	-0,31	-0,07	0,00	0,45	0,05	0,40	100
Garn	6	18	Wüstit	0,76	0,53	0,96	97,52	0,27	-0,27	0,23	-0,20	0,25	-0,05	100
Garn	6	20	Wüstit	0,51	0,67	0,88	97,17	0,22	-0,09	0,02	0,39	0,12	0,12	100
Garn	6	23	Wüstit	0,57	0,37	2,09	97,32	-0,12	-0,09	0,16	-0,07	-0,20	-0,02	100
Garn	6	24	Wüstit	0,39	0,33	1,29	97,20	0,36	0,23	0,26	-0,45	-0,07	0,45	100
Garn	4	9	Glas	40,57	0,36	17,23	20,38	-0,08	0,68	9,24	2,71	6,24	2,67	100
Garn	4	10	Glas	39,28	0,33	18,65	19,84	-0,27	-0,27	9,88	2,94	5,78	3,84	100
Garn	4	11	Glas	37,63	0,46	18,86	21,41	0,34	0,20	9,61	3,78	4,80	2,90	100
Garn	4	17	Glas	39,25	0,44	19,73	18,97	-0,01	0,25	8,25	3,62	6,01	3,49	100
Garn	5	1	Glas	36,04	0,61	22,03	19,94	0,32	-0,32	7,36	4,25	6,08	3,70	100
Garn	5	4	Glas	36,80	0,35	20,59	20,48	-0,40	0,14	8,68	4,56	5,72	3,10	100
Garn	5	8	Glas	40,13	0,38	20,39	16,82	0,14	0,50	8,27	3,09	6,49	3,81	100
Garn	5	11	Glas	38,97	0,24	19,98	19,41	0,00	-0,20	8,74	3,31	6,14	3,41	100
Garn	5	14	Glas	37,51	-0,19	21,56	18,24	-0,01	0,05	8,58	3,89	6,81	3,55	100
Garn	5	16	Glas	39,78	-0,13	17,80	20,79	0,06	0,09	8,53	3,58	6,40	3,10	100
Garn	5	19	Glas	39,85	0,39	18,88	18,27	-0,18	-0,21	9,37	3,39	6,92	3,32	100
Garn	5	23	Glas	40,33	0,56	18,13	18,85	0,18	0,85	8,53	3,56	6,05	2,95	100
Garn	6	2	Glas	39,75	0,16	19,15	19,11	0,15	0,35	7,92	3,58	6,24	3,58	100
Garn	6	6	Glas	41,10	-0,13	20,31	16,50	-0,20	0,11	7,83	4,00	6,86	3,63	100
Garn	6	7	Glas	40,35	0,11	19,81	17,02	0,10	0,49	8,49	3,88	6,55	3,21	100
Garn	6	10	Glas	39,93	0,23	19,18	19,44	0,17	-0,04	8,37	2,96	5,76	3,98	100
Garn	6	15	Glas	38,52	0,05	19,09	20,31	0,25	-0,02	8,56	3,82	5,79	3,63	100
Garn	6	16	Glas	40,09	-0,15	19,22	19,13	0,24	0,24	8,43	3,10	6,46	3,24	100
Garn	6	21	Glas	40,76	-0,22	19,11	18,19	0,04	0,00	8,42	3,49	6,74	3,47	100
Garn	6	25	Glas	41,29	0,02	19,82	17,43	0,01	-0,07	7,90	3,42	6,85	3,33	100
Garn	4	8	Bulk	33,01	0,18	2,07	60,22	0,07	2,03	0,98	0,50	0,42	0,52	100

<i>Prov</i>	<i>An.omr.</i>	<i>Nr</i>	<i>Fas</i>	<i>SiO₂</i>	<i>TiO₂</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>FeO</i>	<i>MnO</i>	<i>MgO</i>	<i>CaO</i>	<i>Na₂O</i>	<i>K₂O</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>Total</i>
Garn	4	13	Bulk	25,75	0,02	5,04	63,88	0,36	0,88	1,53	0,49	0,78	1,27	100
Garn	4	15	Bulk	34,29	-0,11	2,26	57,61	0,35	1,39	1,25	0,32	1,04	1,60	100
Garn	4	16	Bulk	32,65	-0,04	8,57	51,91	0,00	-0,35	2,57	1,98	1,32	1,38	100
Garn	4	19	Bulk	12,01	0,20	2,90	81,10	0,35	0,72	0,59	0,28	0,35	1,51	100
Garn	5	15	Bulk	34,32	0,02	18,68	28,07	-0,12	0,12	6,23	4,18	5,03	3,48	100
Garn	5	18	Bulk	32,05	0,07	2,18	61,95	-0,14	1,96	0,78	0,16	0,44	0,55	100
Garn	5	21	Bulk	35,86	0,43	10,76	41,75	0,43	0,87	3,37	2,25	2,63	1,67	100
Garn	4	12	Olivin	33,64	-0,46	0,67	63,85	-0,10	2,04	0,68	-0,04	0,00	-0,28	100
Garn	4	14	Olivin	32,85	0,27	0,39	63,49	0,00	1,57	0,89	0,10	0,29	0,15	100
Garn	5	3	Olivin	31,46	0,47	0,16	63,92	0,43	1,16	0,60	0,81	-0,05	1,04	100
Garn	5	5	Olivin	32,66	0,09	0,41	64,55	-0,04	0,27	1,17	0,01	-0,18	1,05	100
Garn	5	7	Olivin	32,74	0,16	0,22	62,68	0,01	2,54	0,77	0,22	-0,05	0,69	100
Garn	5	12	Olivin	33,34	0,23	0,44	61,03	0,27	1,53	1,20	0,23	0,40	1,32	100
Garn	5	22	Olivin	33,61	0,22	0,25	63,26	0,17	1,64	1,02	-0,14	0,07	-0,07	100
Garn	6	3	Olivin	33,95	0,05	0,27	62,57	0,22	1,90	1,09	-0,24	-0,01	0,20	100
Garn	6	4	Olivin	33,61	0,07	0,21	63,98	0,47	0,95	0,91	-0,28	-0,09	0,18	100
Garn	6	9	Olivin	33,76	0,00	0,30	62,74	-0,25	1,64	1,01	0,54	0,04	0,22	100
Garn	6	11	Olivin	32,86	-0,42	0,63	63,50	0,43	1,17	0,74	0,29	-0,05	0,86	100
Garn	6	13	Olivin	33,10	0,11	-0,02	62,93	0,07	1,65	0,86	0,45	0,20	0,67	100
Garn	6	17	Olivin	33,06	0,00	0,06	64,23	-0,08	2,16	0,63	-0,22	0,01	0,15	100
Garn	6	19	Olivin	33,07	0,15	0,27	64,36	-0,13	1,55	0,91	-0,72	0,01	0,52	100
Garn	6	26	Olivin	33,38	0,02	0,41	63,49	0,27	1,38	0,82	0,24	0,25	-0,25	100
Villsberga	1	3	Wüstit	0,20	-0,07	0,35	99,01	0,32	0,32	0,14	-0,36	-0,12	0,21	100
Villsberga	1	5	Wüstit	0,57	-0,14	0,51	99,09	0,19	0,09	0,20	0,00	0,04	-0,54	100
Villsberga	1	10	Wüstit	0,84	0,16	0,63	96,75	0,36	0,60	0,19	-0,04	0,18	0,33	100
Villsberga	1	12	Wüstit	2,15	0,14	1,60	94,61	0,53	-0,29	0,53	-0,24	0,26	0,72	100
Villsberga	7	1	Wüstit	-0,04	0,29	0,78	98,99	0,23	-0,19	-0,04	-0,03	0,06	-0,05	100
Villsberga	1	1	Glas	19,94	0,14	5,26	53,29	1,40	0,48	4,54	0,51	2,32	12,12	100
Villsberga	1	2	Glas	21,46	0,15	4,65	59,20	1,71	0,39	1,47	0,54	1,32	9,10	100
Villsberga	1	4	Glas	22,00	-0,02	2,36	60,90	0,87	0,41	1,69	0,33	1,67	9,79	100
Villsberga	1	6	Glas	21,76	0,09	1,95	58,06	0,99	0,90	2,35	0,83	1,46	11,62	100
Villsberga	1	7	Glas	22,93	0,07	3,34	58,39	1,87	0,38	2,40	0,41	0,91	9,31	100
Villsberga	1	8	Glas	22,93	0,52	4,16	56,92	2,05	0,81	2,12	0,75	1,31	8,41	100
Villsberga	1	9	Glas	24,39	0,02	3,56	56,50	1,63	0,36	1,98	0,58	1,72	9,26	100
Villsberga	1	11	Glas	24,38	0,36	3,66	57,64	1,37	0,81	1,93	0,38	1,68	7,79	100
Villsberga	7	2	Glas	21,81	0,00	1,57	59,71	1,11	0,60	1,48	0,49	1,19	12,03	100
Villsberga	7	3	Glas	23,45	0,19	4,66	53,00	1,44	0,45	2,06	0,26	1,47	13,01	100
Villsberga	7	4	Glas	22,85	0,08	4,88	53,36	1,68	0,65	1,79	0,30	1,42	12,99	100
Villsberga	7	5	Glas	22,16	0,12	1,99	63,19	1,73	0,38	0,38	0,39	0,25	9,41	100
Villsberga	7	6	Glas	22,26	-0,05	3,58	56,63	1,86	0,33	1,79	0,44	1,59	11,56	100
Villsberga	7	7	Glas	22,35	-0,07	0,61	64,29	1,16	0,38	0,87	0,39	0,16	9,86	100
Villsberga	7	8	Glas	22,31	-0,19	4,30	55,43	1,78	0,37	2,18	0,28	1,23	12,31	100
Villsberga	7	9	Glas	20,65	-0,32	2,80	57,54	1,37	0,95	1,73	0,78	1,37	13,13	100
Villsberga	8	7	Glas	20,56	0,25	4,86	55,58	1,61	0,31	3,58	0,42	1,53	11,30	100
Villsberga	8	8	Glas	21,24	0,03	3,36	59,98	2,06	0,10	1,13	0,60	1,13	10,36	100
Villsberga	8	9	Glas	22,23	0,20	4,69	54,49	1,83	0,41	1,88	0,30	1,91	12,06	100
Villsberga	8	10	Glas	21,94	0,10	4,90	54,97	1,69	0,22	2,07	0,87	1,44	11,80	100
Villsberga	8	11	Glas	20,38	0,20	2,74	59,14	2,07	0,48	1,41	0,30	0,99	12,28	100
Villsberga	8	12	Glas	20,23	0,45	2,08	60,98	1,71	0,49	1,82	0,01	0,85	11,37	100

Figurer

Figur 1. Järnklump med slagg från Garn som har delats på mitten. Järnet syns tydligt med sin fina glans. Hela stycket innehåller en hel del hålrum.

Figur 2. Det spadformiga ämnesjärnet från Villsberga som har provtagits (nedre vänstra delen).

Figur 3. Detalj på den provtagna delen av det spadformiga ämnesjärnet från Villsberga.

Figur 4. Foto från mikroskopet på etsat prov från Garn. De grå ytorna är slagg. De ljusa ytorna, med svagt bruna fält är järnet som här uppvisar en ferrittextur.

Figur 5. Foto från mikroskopet på etsat prov från Garn. Detalj på större ansamling av metalliskt järn. Järnet domineras av ferrit men i de högra delarna finns en större andel perlit (mörkare bruna stråk) som motsvarar en högre kolhalt. Kemiska analyser har gjorts av järnet längs den heldragna linjen (analysområde 3 och 2 från höger till vänster).

Figur 6. Foto från mikroskopet på etsat prov från ämnesjärnet från Villsberga. Detalj nära spetsen där kolhalten är som högst vilket syns i form av ett blå-brunfärgat stråk i nedre delen i bilden. I övrigt mest ljusa ytor som är ferrit, dvs. låg kolhalt. Kemiska analyser har gjorts av järnet längs den heldragna linjen (analysområde 8 uppifrån och neråt).

Figur 7. Foto från mikroskopet på etsat prov från Villsberga. Detalj på ferritkorn (ljusa ytor) med en överpräglade dendritisk textur som bildar ett nätverksmönster till följd av ett fosforinnehåll. De långsmala mörka ytorna är innesluten slagg.

Figur 8. Foto från mikroskopet på etsat prov från holken av ämnesjärnet från Villsberga. Dess bandade struktur framträder tydligt med centralt band av ferrit (ljust) och en tunn yttre kant av stål (mörkare). Allra ytterst finns en tunn grå zon av rost. Långsmala grå och svarta ytor är slagginneslutningar.

Figur 9. Foto från mikroskopet på etsat prov från holken av ämnesjärnet från Villsberga. Detaljbilder ur föregående figur. Den övre bilden visar huvudsakligen den tunna yttre kanten av stål (mörkare). Den nedre bilden visar mestadels det centrala ferritiska bandet där också en överpräglade textur framträder (se nästa figur).

Figur 10. Foto från mikroskopet på etsat prov från holken av ämnesjärnet från Villsberga. Detalj ur föregående figur med en inställning i mikroskopet som skapar en topografisk effekt som demonstrerar den överpräglade texturen som beror på ett fosforinnehåll.

Figur 11. Foto från mikroskopet på prov från ämnesjärnet från Villsberga. Detalj i centrala delar där kemiska analyser (analysområde 8) har gjorts på järnet (svarta siffror) och slaggen (vita siffror).

Figur 12. Jämförelse av innehållet av magnesium och mangan i slagginneslutningar i prov från Garn och Villsberga i olika mätområden. Halterna jämförs med slagger i GALs

analysdatabas. Axlarna är kraftigt beskurna och visar delvis den totala spännvidd av magnesium- och manganinnehåll som finns bland de analyserade slaggerna.

Figur 13. Jämförelse av innehållet av fosfor och kalcium i slagginneslutningar i prov från Garn och Villsberga i olika mätområden. Halterna jämförs med slagger i GALs analysdatabas. Axlarna är något beskurna och visar en del av den totala spännvidd av fosfor- och kalciuminnehåll som finns bland de analyserade slaggerna.

Figur 14a-b. Övre: Jämförelse av innehållet av magnesium och mangan i slagginneslutningar i prov från Garn (glas och olivin) och Villsberga (glas). Halterna jämförs med slagginneslutningar, slagger och malmer från Uppland, Västmanland, Dalarna och Gästrikland i GALs analysdatabas. Nedre: detalj där det tydligare framkommer att de analyserade proverna från Garn och Villsberga återfinns bland de prover som har lägre halter av både magnesium och mangan.

Figur 14c. Detalj ur 14a, med endast slagger från de närliggande landskapen.

Figur 14d. Detalj ur 14a, med endast malmer från de närliggande landskapen.

Figur 15a. Jämförelse av innehållet av fosfor och kalcium i slagginneslutningar i prov från Garn (glas och olivin) och Villsberga (glas). Halterna jämförs med slagginneslutningar, slagger och malmer från Uppland, Västmanland, Dalarna och Gästrikland i GALs analysdatabas.

Figur 15b. Detalj ur 15a, med endast slagger från de närliggande landskapen.

Figur 15c. Detalj ur 15a, med endast malmer från de närliggande landskapen.