

## 22. SMIDE I GUDBRANDSDALEN

### VARIFRÅN KOM JÄRNET?

*Lena Grandin, Geoarkeologiskt Laboratorium, Statens historiska museer*

#### INLEDNING

##### Bakgrund

Oppland är rikt på lämningar efter järnframställning. Här har tillverkning av järn ägt rum under en lång tidsperiod. Under åtminstone 1500 år har järnproduktionen präglat landskapet (Larsen 2009:142). Under hela tidsintervallet har tillverkningen skett i blästugnar med myrmalm som råvara i vad som benämns som direkt järntillverkning där järnet bildades i en reduktionsprocess under smälttemperaturen. Samtidigt bildades flytande slagg som till stor del separerades från järnet. Även om denna grundförutsättning är gemensam inom området finns det geografiska skillnader men framförallt en kronologisk förändring i ugnsutformning, teknik och lokalisering i landskapet (t.ex. Larsen 2009:125–143). Den äldsta järnframställningen skedde i gropschaktugnar där slaggen som bildades rann rakt ner i en grop. Denna ugnstyp avlöstes under yngre järnålder av slaggtappningsugnen, där det mesta av slaggen istället tappades ut ur ugnen vertikalt eller rann ut i en närmast horisontell ränna.

Redan under romersk järnålder var produktionen sannolikt så omfattande att det handlade om ett överskott, mer än vad som fanns behov för på en lokal marknad (t.ex. Rundberget 2010). Men, vart tog järnet vägen? Vilka var handelsvägarna? Och vad kan de nu undersökta smedjorna, två från romersk järnålder/folkvandringstid och en medeltida, bidra med för kunskap i sammanhanget?

Ett sätt att följa järnets väg är att studera skillnader i kemisk sammansättning. Slaggen, det vill säga avfallet, blev kvar på järnframställningsplatsen, och järnet transporterades vidare för fortsatt bearbetning till den slutliga produkten. Järnet innehåller dock en del innesluten slagg, som är kvar från järnframställningen. Denna inneslutna slagg förväntas ha samma sammansättning som slaggen som separerades från

järnet i ugnen. Vid den fortsatta bearbetningen, primärsmidet, rensas järnet på slagg som smälter ut och skapar nya avfallsprodukter i en ny miljö – vid smideshärden.

Vid Kulturhistorisk Museum i Oslo pågår sedan några år tillbaka ett systematiskt arbete med att bygga upp databaser med såväl slaggers som malms kemiska sammansättningar. Arbetet ingår i ett forskningsprojekt, *Iron Origins*, som leds av Jan Bill, Jan Henning Larsen och Bernt Rundberget. En stor del av analyserna kommer från flera järnframställningsplatser i olika delar av Oppland och omfattar såväl äldre järnålder som yngre järnålder och medeltid. Tidigare utvärderingar av resultaten (t.ex. Bill mfl. 2011; Grandin 2011; Ogenhall mfl. 2013; Grandin mfl. in print) har visat att det finns geografiska grupperingar inom Oppland vad gäller malmernas och slaggenas kemiska sammansättning. Att det skulle finnas variationer i sammansättning i relation till geografi har också framförts tidigare. Redan i mitten av 1900-talet påtalade T. Dannevig Hauge detta med sin forskning om järnframställning med Oppland i blickfånget. Han lyfte fram att det fanns skillnader i malmernas manganinnehåll (ref. i Larsen 2009:133), något som även de nyligen genomförda analyserna kunnat konstatera. De upptäckta variationerna gör att det finns potential att kunna jämföra slagger från de undersökta smedjorna i Gudbrandsdalen med tidigare analyserade slagger från flera järnframställningslokaler i området. Jämförelsen gör det möjligt att hitta ursprunget på järnet som har bearbetats där.

##### Det lokala smidet

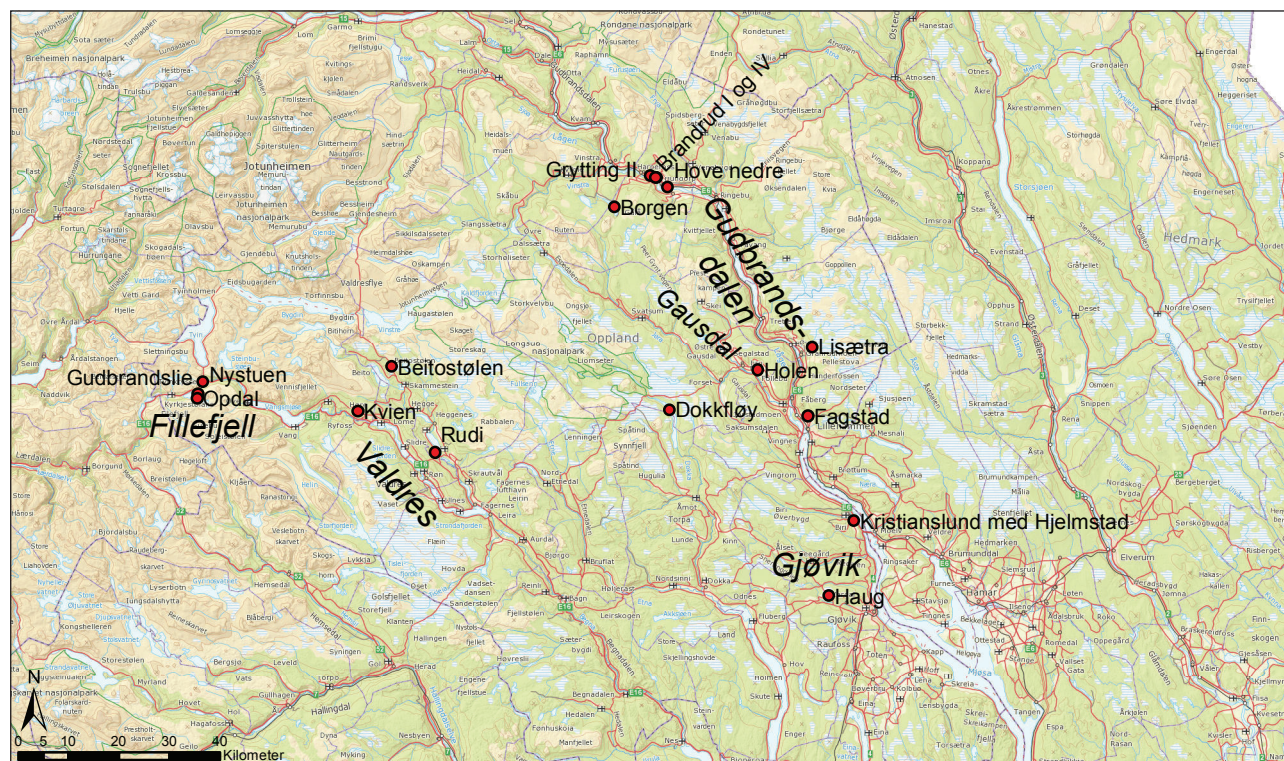
Smidet i ässjorna på de båda järnåldersboplatserna Brandrud I och IV samt ässjan i Grytting II som har medeltida datering, alla i Sør-Fron, har noggrant

karaktäriserats av Arne Jouttijärvi (artikel 21 i denna volym; se även Villumsen artikel 23 och Loktu artikel 24 i denna volym). I det arkeometallurgiska materialet finns såväl finkornigare material i form av glödskal och sprutslager, som större slagger. Baserat på morfologi och kemisk sammansättning har Jouttijärvi kunnat särskilja slagger från såväl primär- som sekundärsmide.

För att kunna diskutera frågan om järnets ursprung är det viktigt att ta hänsyn till eventuella förändringar i processerna, hur olika ämnen fördelar sig mellan slagg och metall och tillförsel av andra ämnen under smidet. Dessa frågor behandlas dock inte mer djupgående i detta sammanhang. Slaggar från sekundärsmidet har ofta inblandning av annat material som påverkar såväl de absoluta halterna av ämnena såväl som proportionerna mellan dem (Jouttijärvi artikel 21 i denna volym). Därmed är det svårare att separera ämnen som hör till malmen respektive senare inblandning. Därför har slaggar som av Jouttijärvi tolkats komma från primärsmidet valts för analys. Dessa bedöms bäst reflektera den sammansättning som kommer från malmen och slaggerna från järnframställning. Urvalet gjordes också med utgångspunkt i de analysresultat som fanns som visar skillnader i sammansättning och som tolkades kunna representera olika ursprungsmalmer.

### Järnframställningsplatser för jämförelse

Järnframställningen i Oppland kommer inte att behandlas mer utförligt i denna artikel men några utgångspunkter är värdefulla att ha i åtanke när man gör en studie av denna karaktär. Smidet i smedjorna i Gudbrandsdalen är naturligtvis i fokus, men förutsättningarna för att spåra var järnet tillverkades är inte bara beroende på processtekniska detaljer och eventuella skillnader i malmer från olika områden. En jämförande studie är givetvis också beroende av tillgången till referensmaterial. Dels var och i vilken omfattning det finns kända järnframställningsplatser, dels i vilken mån det finns tidigare genomförda analyser från dessa lokaler. Järnframställningen, som den är känd idag, är inte på något sätt jämnt fördelad över Oppland. En mycket god överblick över utbredningen i tid och rum presenteras av Jan Henning Larsen (2009:125–143; se även Larsen artikel 6 i denna volym). Här framgår tydligt den tyngdpunkt av järnframställning som finns i några delar av Oppland, medan andra delar är företrädade i betydligt mindre omfattning (Larsen 2009:126 fig. 114). För Gudbrandsdalens del påtalar Larsen (2009:131–132 och artikel 6 i denna volym) ett faktum som i stor utsträckning påverkar denna studie. Visserligen finns det många upplysningar om att järnframställning har skett i Gudbrandsdalen, men det är brist på såväl systematiska registreringar som



Figur 22.1. Karta som visar de tre lokalerna med smedjor; Brandrud I, Brandrud IV och Grytting II, samt platser med järnframställning i Oppland som det refereras till i analyserna. Karta: Ingar M. Gundersen.



arkeologiska utgrävningar i området. Det innebär följaktligen också att det endast finns ett fåtal analyser.

### *Järnframställning i närområdet*

I närområdet till de undersökta smidesplatserna finns analyser på slagger från järnframställning på två olika platser (Fig. 22.1). Den ena slaggen från Hove nedre i samma kommun kommer från omrörda lager på ett gårdstun, varför ursprunget är oklart (Larsen 2010 pers. com). Den andra, från Borgen, kommer från en lokal där järnframställningen troligen varit tämligen omfattande, men ingen ugn är undersökt (Larsen 2008 pers. com).

På något större avstånd, Lisætra i Øyer kommune, finns också lämningar efter järnframställning (Fig. 22.1). En lokal med flera ugnar och slagghögar med såväl bottenslagger som tappslaggar är undersökt (Berge mfl. 2011). Dateringar visar att järnframställningen förefaller ha skett under såväl yngre järnålder som medeltid, men dessutom finns en äldre ugnsteknologi. Sannolikt har två olika typer av blästugnar varit i bruk på platsen. Ett litet urval av slag och malm är också analyserat.

Längre söderut i Gudbrandsdalen, vid Fagstad i Lillehammer, har utgrävningar (Larsen 2009:129; Mjærum 2006) av järnframställning skett vid flera tillfällen. I samband med de senaste utgrävningarna gjordes även en del analyser av slag och malm. Totalt sett är dock jämförelsematerialet i form av analyserade slaggar och malmer mycket begränsat från närområdet.

### *Järnframställning på större avstånd*

I andra delar av Oppland är förhållandet det motsatta. Dels är antalet kända järnframställningsplatser stort, dels är många av dem undersökta och såväl kronologi som ugnstypologi är väl utrett. Dessutom har tämligen många omfattande arkeometallurgiska analyser gjorts. Till dessa områden (Fig. 22.1) hör järnframställningen i Valdres; större områden med järnframställning finns i Vang kommune, bl.a. vid Fillefjell och i Øystre Slidre kommune finns Beitostølen som exempel på omfattande verksamhet där den senare är representerad av den yngre blästugnsteknologin.

I Gausdal kommune finns Dokkfløyområdet (Fig. 22.1), med en väl undersökt omfattande järnframställning, såväl äldre som yngre (Larsen 2009:125ff), där också kemiska analyser har genomförts i flera omgångar. Längre österut i Gausdal (Fig. 22.1) finns en lokal, Holen (Larsen 2009:129–130), med ett fåtal spår efter järnframställning från äldre järnålder med enstaka slagganalyser.

Från Gjøviks kommune finns också en del spridda analyser från flera utgrävda järnframställningsplatser (Fig. 22.1), med tyngdpunkt i äldre järnålder.

En utblick utanför Oppland, till Hedmark, är också lämplig att göra. Ett tydligt exempel därifrån är Gråfjellsområdet med såväl omfattande som utbredd järnframställning (Rundberget 2007; Rundberget 2013). Ett stort antal analyser är gjorda från flera av de arkeologiskt utgrävda lokalerna, och bidrar till ett stort referensmaterial i närområdet för att ytterligare kunna få en bild av de variationer som finns.

### *Några källkritiska aspekter*

De ovan redovisade lokalerna utgör endast en liten del av alla registrerade järnframställningsplatser men klargör varifrån jämförbara analysdata finns, och vad dessa representerar. Generellt ser vi en bild växa fram där järnframställningsplatserna på större avstånd från smideslokalerna har potential att ge en generell tolkning över områdets variation, medan analyser av slaggar och malmer som är från mer närliggande lokaler i Gudbrandsdalen i dagsläget är fåtaliga. Det medför att det är svårt att avgöra om dessa är representativa för området eller om vi ska förvänta oss ytterligare variationer.

Det är viktigt att komma ihåg att en del av dessa järnframställningsplatser inte överensstämmer kronologiskt med smideslokalerna. Eftersom samma malmer kan ha kommit till användning under lång period tas dessa med i jämförelsen oavsett datering. Inte heller är eventuella skillnader i järnframställningsplatsernas placering i landskapet beaktat. Vidare är det betydelsefullt att påtala att en del av de regioner med järnframställning som tas upp i den kemiska jämförelsen, möjligen inte alls är sannolika som råvaruleverantörer av flera skäl som framkommer i andra studier. De nämns ändå för att få ett mer storskaligt mönster av skillnader och likheter i kemisk sammansättning. Dessutom kan det i förlängningen leda till att områden som av andra orsaker anses som mindre troliga parter i ett kontaktnät, också kan uteslutas med hjälp av analysresultaten.

Med denna information som bakgrund genomförs en jämförelse av smidesslaggerna med slaggar och malmer från de ovan nämnda järnframställningsplatserna. Analysdata som används som referens är till stora delar från den analysdatabas Geoarkeologiskt Laboratorium (GAL) kontinuerligt har byggt upp i samarbete med och på uppdrag av Kulturhistorisk Museum (KHM). Databasen (data samlade i en rad analysrapporter som återges i referenslistan; se även Grandin mfl. in print) innehåller såväl huvudämnen som många spårämnen. En stor mängd data,

huvudsakligen huvudämnen, kommer från referenser (Espelund 2003, 2004, 2006, 2009) med en stor del från delvis samma lokaler, men även en del andra. Också Buchwald (2005) har genomfört analyser från järnframställningsplatser i Oppland.

## METOD

### Totalkemiska analyser

Totalkemiska analyser har gjorts på sammanlagt sex slagger från de tre smedjorna. Använda analysmetoder är ICP-AES för huvudämnen och ICP-QMS för spårämnen. Analysen utfördes hos ALS Scandinavia, Luleå. Totalt analyserades 43 ämnen i varje prov (Grandin 2014). Här visas ett urval av ämnena (Fig. 22.2) som avhandlas mer ingående i resultat- och diskussionskapitlet.

### Behandling av analysdata

Inledningsvis ligger fokus på att se om det finns skillnader inom respektive ässja, mellan ässjorna på de tre lokalerna och om det finns någon koppling till kronologi. Eftersom endast sex stycken slagger är analyserade är det statistiska underlaget begränsat. För ett större antal slagger finns också analyser som omfattar en del av ämnena (Jouttijärvi artikel 21 i denna volym) varför det är möjligt att återkoppla även till dessa. Huvuduppgiften i denna studie är dock att relatera resultaten till referensdata.

### *Några ord om malms och slaggers kemiska sammansättning*

I denna undersökning analyseras slagger som tolkas komma från primärsmide. Frågeställningen kring råvarans ursprung medför att jämförelsen huvudsakligen görs med reduktionslagger och malmer. Det innebär att flera olika led i processen jämförs. Bland huvudämnena är det vanligen järn och kisel som förekommer i högst halter (Fig. 22.2) i slagger från såväl järnframställning som primärsmide men dessa berättar inget om ursprunget. Andra huvudämnen, t.ex. aluminium, kalcium och kalium kan förekomma såväl i malmer som i ugnsväggar och bränsle och bidra med komponenter till slaggen. Betydligt intressantare för att spåra malmerna är t.ex. mangan, fosfor, titan och magnesium. De kan förekomma från någon tiondels viktprocent upp till några procent, eller som för mangan tiotals viktprocent (som MnO).

Ämnen som förekommer i betydligt lägre halter, så kallade spårämnen (nedre delen av Fig. 22.2), fungerar som fingeravtryck och förekommer i olika halter i olika områden. Bland dessa finns t.ex. barium

(Ba) som vanligtvis är kopplat till manganinnehållet, samt gruppen sällsynta jordartsmetaller (Rare Earth Elements – REE). Andra ämnen som kan vara viktiga att jämföra är nickel (Ni), vanadin (V), kobolt (Co) och krom (Cr) vilka dock fördelar sig mellan metall och slagg under processens gång.

## RESULTAT

### Smidesslaggerna i korthet

Från de tre smedjorna har totalt sex stycken slagger analyserats. Från Brandrud I analyserades endast en slagg men tidigare analyser (Jouttijärvi artikel 21 i denna volym) har visat att slaggen är kemiskt lika.

Från ässjan vid Brandrud IV analyserades tre slagger som valdes med utgångspunkt i en tidigare observerad variation i sammansättning (Jouttijärvi artikel 21 i denna volym).

Från den medeltida smedjan, Grytting II, kommer två slagger, dels från ässjan, dels från dess avfallsgrop.

Analysresultaten (Fig. 22.2) visar att det finns såväl likheter som skillnader inom och mellan lokalerna. Varken de dominerande ämnena järn och kisel eller ämnen som aluminium, kalcium och kalium som förekommer i några viktprocent vardera kommer att prioriteras i detta sammanhang för att diskutera frågan om ursprung.

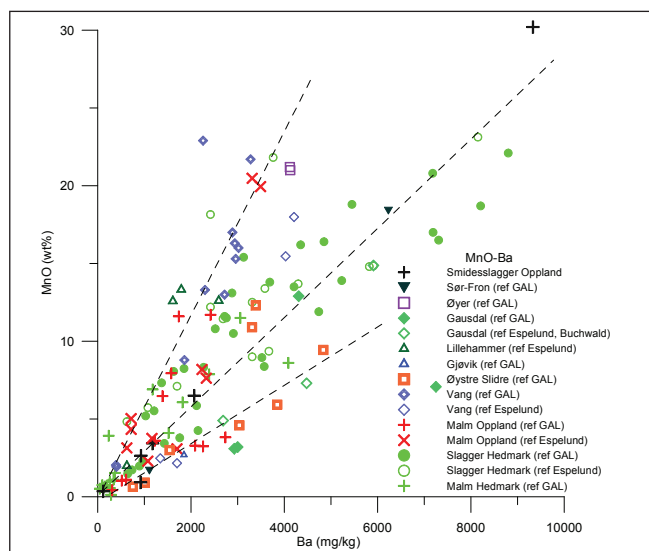
Tyngdpunkten ligger på några huvudämnen och ett urval av spårämnena, samt proportionerna mellan dessa. Fosforinnehållet är genomgående mellan någon och några tiondels viktprocent (som  $P_2O_5$ ) och varierar inom lokalerna, men är inte anmärkningsvärt hög. Som nämndes tidigare är dock manganinnehållet av intresse. Den enda analyserade slaggen från Brandrud I (F9C) har en manganhalt på ca 1 % (MnO). De tre slaggen från Brandrud IV har kraftigt varierade manganhalter, F10A ca 3 %, F16 ca 6 %, och F37 ca 30 % MnO. Slaggen från Grytting II har olika sammansättning med en lägre manganhalt i F31 A (ca 0,4 %) och en högre i P100 C (ca 2,5 % MnO). Eftersom detta är absoluta halter, som påverkas av fördelningen av andra ämnen är det vanskligt att direkt dra slutsatsen att det rör sig om malmer med olika manganinnehåll. Därför är det av betydelse att se på mangan i förhållande till andra ämnen, liksom innehållet av spårämnen.

### Jämförelse med referensdata – slagger och malmer

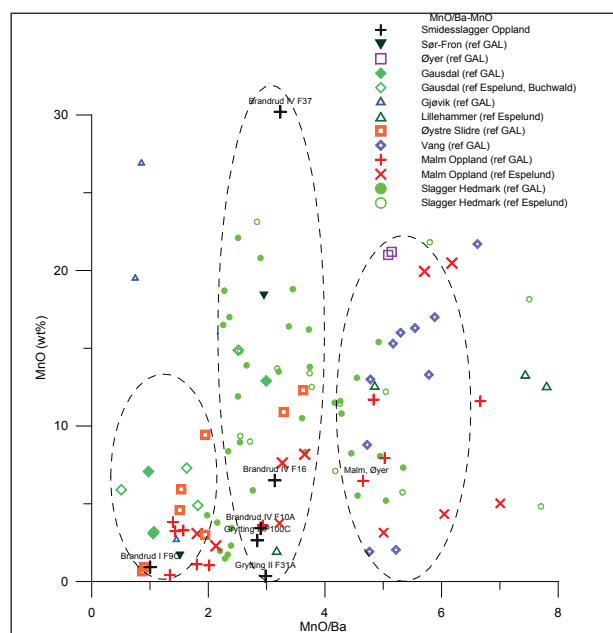
Som nämndes inledningsvis har det tidigare kunnat konstateras skillnader på malmer och slagger från järnframställning i Oppland, där bl.a. mangan är en särskiljande faktor, vanligen i kombination med barium

Lokal	Brandrud I	Brandrud IV	Brandrud IV	Brandrud IV	Grytting II	Grytting II
Prov	F9C	F10A	F16	F37	F31A	P100C
SiO <sub>2</sub>	25,4	11,9	13,2	23,8	4,93	8,69
TiO <sub>2</sub>	0,239	0,135	0,129	0,26	0,0382	0,0858
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,26	2,42	2,80	7,34	0,873	1,42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	70,8	81,3	74,5	33,3	87,7	81,9
MnO	0,924	3,42	6,50	30,2	0,346	2,64
MgO	0,602	0,771	0,764	0,91	0,293	0,567
CaO	1,72	1,98	2,90	2,74	0,600	1,80
Na <sub>2</sub> O	0,499	0,295	0,268	0,559	0,0586	0,102
K <sub>2</sub> O	1,03	0,809	0,825	1,26	0,181	0,390
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,720	0,160	0,174	0,369	0,157	0,501
Loss	-7,6	-7,7	-4,7	-3,5	-1,8	-5,5
Sum	106,2	103,2	102,1	100,7	95,2	98,1
V	23,8	21,4	20,9	62,4	4,71	12,0
Cr	70,5	54,9	34,0	104	18,4	43,3
Co	9,13	88,9	37,2	<5	60,3	<5
Ni	21,7	38,7	13,7	18,5	13,4	10,8
Ba	920	1180	2070	9330	116	929
La	12,6	9,42	12,9	48,9	3,39	10,6
Ce	26,5	23,4	33,4	140	6,92	25,3
Pr	3,10	2,18	2,89	10,8	<1	2,64
Nd	11,2	7,51	10,6	37,6	3,15	11,2
Sm	2,02	1,41	2,02	6,29	0,617	2,12
Eu	0,439	0,235	0,329	1,12	0,125	0,438
Gd	1,81	1,17	1,51	4,81	0,567	1,83
Tb	0,278	0,168	0,238	0,709	<0.1	0,233
Dy	1,66	1,07	1,37	3,92	0,476	1,32
Ho	0,329	0,203	0,278	0,809	0,0892	0,290
Er	0,981	0,579	0,800	2,22	0,317	0,902
Tm	0,132	<0,1	<0,1	0,316	<0,1	0,129
Yb	1,04	0,612	0,779	2,36	0,280	1,22
Lu	0,148	0,0954	0,111	0,367	0,0534	0,211

Figur 22.2. Tabell som visar resultaten av de totalkemiska analyserna (ICP) av sex slagger från de tre smideslokalerna. I övre delen återges värden på konventionellt sätt som oxider i viktprocent, i nedre delen som element i mg/kg. Endast ett urval av ämnen presenteras. Fullständig tabell finns i Grandin (2014).



Figur 22.3. Diagram som visar innehållet av MnO och Ba i smidesslaggerna från Brandrud I, Brandrud IV och Grytting II, jämfört med referensdata i form av slagger och malmer från Oppland och Hedmark. De streckade linjerna, med brantare och flackare lutning, antyder schematiskt olika förhållanden mellan de båda ämnena.

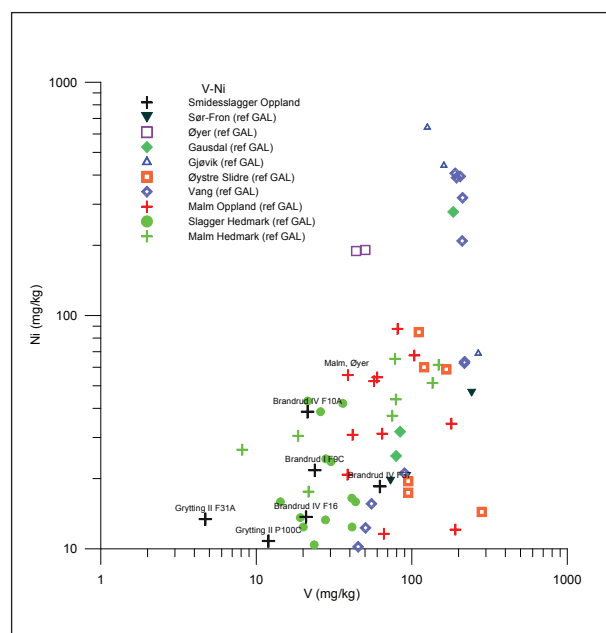


**Figur 22.4.** Diagram som visar innehållet av MnO jämfört med förhållandet MnO/Ba i smidesslaggerna från Brandrud I, Brandrud IV och Grytting II, jämfört med referensdata i form av slagger och malmer från Oppland och Hedmark. Inom samma värden på kvoten MnO/Ba (schematiskt markerade) finns stor variation i absolut halt av MnO även inom ett begränsat geografiskt område. Ellipserna motsvarar de tre linjerna med olika lutning i föregående figur (brantaste linjen är ellipsen till höger).

(t.ex. Bill mfl. 2011; Grandin 2011). Andra ämnen som har visat regionala skillnader är vanadin, nickel och de sällsynta jordartsmetallerna (REE). Frågan är nu om de analyserade smidesslaggerna kan knytas till något av de kända järnframställningsområdena inom Oppland. Det är naturligtvis också möjligt att järnet kommer från platser utanför Oppland, men rådande hypotes är att det är järnframställning i närmiljön som har levererat järnet till de tre smedjorna. Nedan följer ett resonemang, för och emot olika potentiella leverantörsområden, som mynnar ut i några tolkningsförslag.

#### Betydelsen av malmernas manganinnehåll

Bland slaggen från Brandrud IV finns stor variation i manganinnehållet, där de tre analyserade har ca 3, 6 respektive 30 % MnO. De varierar också i bariuminnehåll där slaggen med lägst mangan har lägst barium och den med högst mangan följaktligen också har högst bariuminnehåll eftersom dessa båda ämnen samvarierar (Fig. 22.3). Korrelationen mellan mangan och barium kan vara olika i olika regioner (jämför även Heimann mfl. 2001). Det innebär att såväl mangan som barium kan variera från tämligen låga till höga halter men kvoten mellan dem kan vara konstant inom ett och samma malmbildningsområde. Ett tydligt exempel på detta är Vang i Valdres (Fig. 22.4).



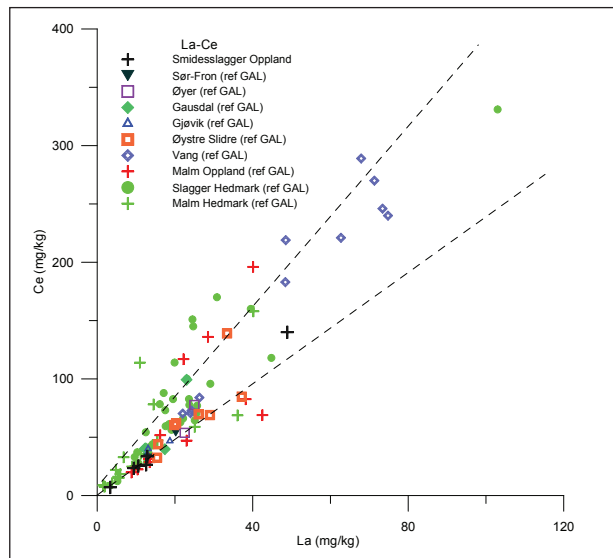
**Figur 22.5.** Diagram som visar innehållet av Ni och V i smidesslaggerna från Brandrud I, Brandrud IV och Grytting II, jämfört med referensdata i form av slagger och malmer från Oppland och Hedmark. Observera att skalan är logaritmisk.

I diagrammet (Fig. 22.4) framgår att det med utgångspunkt i kvoten MnO/Ba är möjligt att göra en inledande gruppering av materialet. Den enda slaggen från Brandrud I tillhör de med låg kvot. Bland slaggen och malmer i referensdatabasen som uppvisar liknande låga kvoter finns en från närområdet, Hove nedre i samma kommun. Även en del slaggen från järnframställningsplatser på större avstånd uppvisar motsvarande kvoter; t.ex. från Dokkfløy i Gausdal och Beitostølen i Øystre Slidre, liksom längre söderut, i Gjøvik.

Alla tre slaggen från Brandrud IV och de båda från Grytting II har likartade kvoter som är högre än i slaggen från Brandrud I. Bland slaggen i referensmaterialet som har likartad kvot finns en från samma kommun (Borgen), en från Hølen i Gausdal, och en från Rudi söder om Beitostølen i Øystre Slidre. Dessutom uppvisar en malm och en slagg från Fagstad i Lillehammer likartade proportioner, men de flesta slaggen från Fagstad har högre kvoter.

Ett järnframställningsområde där manganhalten (Fig. 22.4) är höga i slaggen, om än inte så höga som de högsta i Brandrud IV, är Lisætra i Øyer. Förhållandet till barium är dock på en annan nivå än i smidesslaggerna varför de inte kan knytas samman. Platsen är dock intressant ur ett generellt perspektiv eftersom där också finns en malm med betydligt lägre manganinnehåll men med samma kvot mellan mangan och barium som slaggen från platsen. Det innebär att samma företeelse som observerats i Vang i Valdres med stor variation i manganhalt men enhetlig kvot





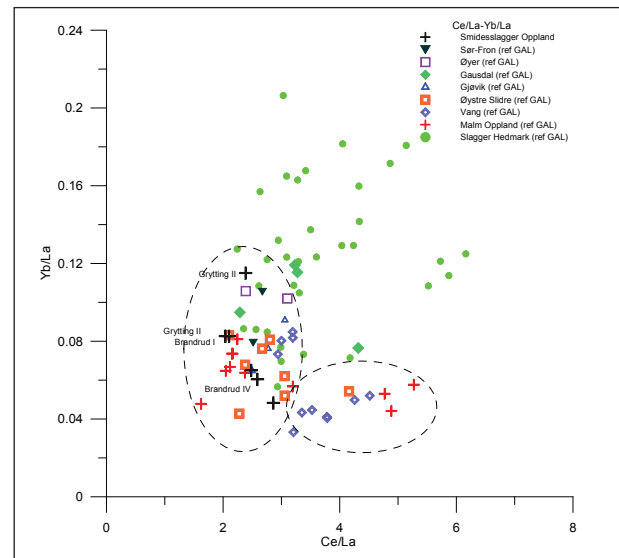
**Figur 22.6.** Diagram som visar innehållet av två av de sällsynta jordartsmetallerna Ce och La i smidesslaggerna från Brandrud I, Brandrud IV och Grytting II, jämfört med referensdata i form av slagger och malmer från Oppland och Hedmark. De streckade linjerna, med brantare och flackare lutning, antyder schematiskt olika förhållanden mellan de båda ämnena.

mellan mangan och barium också antyds i Øyer. Såväl i Øyer som i Vang är kvoterna mellan mangan och barium dock betydligt högre än i smidesslaggerna varför det är osannolikt med ett ursprung därifrån.

#### Spårämnen som viktiga fingeravtryck

I tidigare studier har det framkommit att spårämnen som nickel och vanadin agerar som fingeravtryck för vissa järnframställningsregioner. Det finns en tydlig skillnad mellan Oppland, med halter på en högre men varierande nivå, och andra regioner med stor järnframställning med lägre halter, t.ex. i Hedmark (Grandin 2011). De nu analyserade slaggerna från primärsmide har dock tämligen låga halter (Fig. 22.5), vilket delvis kan bero på att ämnena fördelar sig mellan slagg och metall under processens gång. Men, motsvarande låga halter finns också i närområdet (Borgen), som kan förefalla som en rimligare leverantör i detta fall, liksom i Dokkfløy och Beitostølen. Däremot har slagger från Hølen i Gausdal betydligt högre innehåll av såväl nickel som vanadin. Halterna där är så höga (Fig. 22.5) att de inte kan knytas samman med smidesslaggerna inte ens om en stor del skulle återfinnas i metallen.

Andra platser med betydligt högre halter av nickel och/eller vanadin som avviker från smidesslaggerna är i Høve nedre i Sør-Fron, Gjøvik och Øyer. Från den senare finns dock en malm med innehåll på samma nivå som i smidesslaggerna. Klart skilt från smidesslaggerna och deras låga halter (Fig. 22.5) är också slagger från västligaste delarna av Valdres i Vang, med höga halter



**Figur 22.7.** Diagram som jämför kvoter av ett urval av de sällsynta jordartsmetallerna; Yb/La och Ce/La, i smidesslaggerna från Brandrud I, Brandrud IV och Grytting II, jämfört med referensdata i form av slagger och malmer från Oppland och Hedmark. Slagger och malmer i nedre högra markeringen har tämligen konstant Yb/La för högre men varierande Ce/La (jämför föregående figur). I den vänstra varierar La/Yb för en lägre Ce/La-kvot.

av både nickel och vanadin – ett område som återigen avviker och inte är sannolikt som leverantör av järnet till smidet vare sig i Brandrud eller i Grytting.

Andra spårämnen (Fig. 22.2) som tidigare har framförts (t.ex. Grandin 2011) är de sällsynta jordartsmetallerna (REE – Rare Earth Elements) lantan (La) till lutetium (Lu). De fingeravtryck som dessa uppvisar speglar olika ursprungsområden. Som exempel kan cerium (Ce) jämföras med lantan (La). Dessa är på motsvarande sätt som mangan och barium korrelerade till varandra och med olika proportioner i olika regioner. För några slagger och malmer finns en markantare ökning av Ce för ökande La, än för de flesta andra (Fig. 22.6 och 22.7).

Ytterligare jämförelser som kan göras och som speglar den ursprungliga geologiska miljön är mellan de tyngre (HREE) och lättare (LREE) sällsynta jordartsmetallerna, representerade av ytterbium (Yb) och lantan (La). Dessa förekommer i olika proportioner beroende på i vilken grad LREE är anrikade i förhållande till HREE. Om vi jämför proportionerna Yb/La med Ce/La ser vi ett likartat, om än inte identiskt, mönster för smidesslaggerna från alla tre lokaler (Fig. 22.7), där motsvarande proportioner återfinns bland några av referenslaggerna, t.ex. från såväl Høve nedre som Borgen i Sør-Fron, Hølen i Gausdal och Lisætra i Øyer. Däremot avviker, liksom tidigare, de flesta slaggerna från Vang och Hedmark, vilket medför att dessa är mindre troliga områden för järnets ursprung i det smide i Gudbrandsdalen som nu har studerats.

## DISKUSSION

### Varifrån kom järnet?

En inledande hypotes var om det är möjligt att urskilja om närliggande järnframställningsplatser kan ha varit leverantörer av järnet eller om andra regioner med känd, och omfattande, järnproduktion kan ha tillverkat järnet. I dessa sammanhang är tillgången till referensdata viktigt och i detta fall är jämförande analysdata mycket få i Gudbrandsdalen. Från andra delar av Oppland är jämförelsematerialet betydligt mer omfattande, där man också har en större möjlighet att urskilja signifikanta generella mönster i den kemiska sammansättningen. Jämförelsen blir i detta fall något preliminär och baserad på tillgängliga jämförbara data.

### *Inte järn från Valdres*

Med utgångspunkt i analysresultaten är det rimligt att föreslå järnframställningsområden som inte har tillverkat järnet som har smidits vare sig på järnåldersgårdarna Brandrud I eller Brandrud IV eller i den yngre ässjan vid Grytting II. Till dessa områden hör delar av Valdres, främst längst i väster, med markant avvikande kemisk sammansättning. Även om här har varit järnframställning under en längre tidsperiod, är det måhända orimligt utifrån ett arkeologiskt perspektiv att anta att sådan kontakt med järnhandel funnits. Larsen (2009:135) berör också denna fråga och nämner att det finns indikationer på att Valdres-järnet transporterats västerut. Denna undersökning kan visa att åtminstone de aktuella smidesplatserna inte använt sig av Valdresjärn.

Slagger och malmer från järnframställningen vid Beitostølen uppvisar visserligen en del kemiska likheter med slagg från Brandrud I men här finns förutom avståndet också en kronologisk skillnad som gör en koppling mindre sannolik med utgångspunkt i de data som finns i nuläget.

Inte heller förefaller järnframställningen i Hedmark att ha bidragit med järn, åtminstone inte till det äldre smidet i Brandrud.

### *Lokalt?*

Några järnframställningsplatser närmare smideslokalerna, i Gausdal, Øyer och Sør-Fron, med ett fåtal analyserade slaggar visar bättre, men inte konsekvent, överensstämmelse med smidesslaggerna. Järnframställningen i Øyer är i nuläget inte möjlig att direkt koppla till det undersökta smidet, men därför finns en generell aspekt som är viktig i en fortsatt tolkning av proveniens och möjliga variationer inom ett begränsat område.

I sammanfattning visar jämförelsen att slaggar från närliggande järnframställningsområden i större utsträckning visar likheter med slaggerna från de tre

smideslokalerna, än vad järnframställningsområden på större avstånd gör. Det finns för tillfället dock inte någon, eller några, specifika lokaler som entydigt kan pekas ut som leverantör till någon av smidesplatserna. Från de närmaste lokalerna har endast en eller ett fåtal slaggar analyserats och dessa visar likheter i flera ämnen men avviker i andra, vilket försvårar tolkningen om samhörighet.

### Flera leverantörer

Även om ursprung inte kan pekas ut för järnet i smedjorna i Brandrud I, Brandrud IV och Grytting II, kan vi göra tolkningen att det äldre smidet på de två lokalerna i Brandrud inte fick sitt järn från samma producent. Såväl huvudämnen som spårämnen i slaggerna från Brandrud I skiljer den från de som har analyserats på Brandrud IV.

Inledningsvis antogs att järnet på Brandrud IV, där slaggerna uppvisar stor variation i t.ex. manganinnehåll borde komma från flera järnframställningsområden. Detta är möjligt, men det har visat sig att det inte nödvändigtvis är fallet. Eftersom manganhalten generellt är kopplad med bariumhalten, men på olika sätt i olika regioner, och proportionerna mellan dessa båda ämnen är likartad oavsett manganinnehåll är det fullt möjligt att de ändå har ett gemensamt ursprung. Detta under förutsättning att det finns järnframställningsplatser som använt malm med stor variation i manganhalt. Sådan företeelse är markant t.ex. i västligaste delarna av Valdres och i Gråfjellsområdet i Hedmark. I närområdet är analyserna för få för att kunna dra motsvarande slutsats. Från järnframställningen vid Lisætra i Øyer finns dock en antydning till denna företeelse där två analyserade slaggar har betydligt högre manganhalt än den analyserade malmen, men där proportionerna mellan mangan och barium är desamma – men inte på samma nivå som i smidesslaggerna. Det finns följaktligen indikationer på att sådan variation finns, även om just denna inte överensstämmer med smidesslaggerna. De nu gjorda analyserna ger därmed en fingervisning om vad som är intressant för fortsatta analyser.

Syftet med undersökningen var att ta reda på var järnet som har smidits i smedjorna i Gudbrandsdalen ursprungligen tillverkades, och om det var en eller flera platser som har bidragit med råvara. Med kemiska data har flera områden kunnat uteslutas eller hållas för mindre troliga. En del lokaler är dock fortfarande möjliga, och även om inte exakt plats för järnframställning kunnat lokaliseras är en närmiljö rimlig att anta. Men, det förefaller som det är mer än ett ursprung på järnet, och att de samtida smedjorna Brandrud I och Brandrud IV kan ha haft olika leverantörer.



## SUMMARY

Slag and other smithing debris from iron forging were recovered from archaeological excavations of long houses at two sites – Brandrud I and Brandrud IV – dated to Roman Iron Age/Migration Period and a medieval forge at the site Grytting II.

From previous analyses (Jouttijärvi article 21 in this volume) it was interpreted that primary smithing, i.e. cleansing of iron rich in slag (possibly a bloom) as well as secondary smithing, i.e. forging of the final object, took place at the sites. Since primary smithing slags are anticipated to inherit most of their chemical signatures from the bloomery slag, and originally the limonitic ore, a selection was analysed to test whether the iron provenance could be established.

According to previous studies, it is currently possible to discriminate ores and slags from some regions by their chemical signatures. In order to test whether the iron was of local or more distant origin, irrespective of chronological variation, a comparison was made with available reference data-sets comprising major, minor and trace elements.

Nearby iron production is richly registered in Gudbrandsdalen, but is rarely excavated and consequently analytical data is meagre which makes an interpretation challenging. Larger, well-known iron production sites, at further distance, however present a larger bulk of reference data that allows for defining chemical patterns.

The two contemporary sites in Brandrud did probably get their iron from different production sites, while the later slag from Grytting show similarities in trace element signatures with slag from Brandrud IV, indicating if not identical origin, an origin within the same chemical region. Interestingly, the slags from Brandrud IV, with large variations in major element composition initially indicating multiple iron origins, may however have a mutual origin since the proportions of several related elements are equivalent.

Although the exact iron origins not can be confirmed, other theoretically potential iron production sites can be excluded as provenance, as for the large production sites in Valdres further to the west in Oppland, and probably also the large production in Hedmark to the east. Nearby origin is currently a more plausible interpretation.

## LITTERATUR

- Andersson, Daniel, Lena Grandin, Ole Stilborg och Annika Willim 2006. Järnframställning i Gråfjellområdet. Arkeometallurgiska analyser av 2005 års undersökningar. Gråfjellområdet, Åmot kommune, Hedmark Norge. Uppsala: Geoarkeologiskt Laboratorium, Analysrapport 7-2006 (opublicerad).
- Berge, Sara Langvik, Ingar M. Gundersen och Jan Henning Larsen 2011. Jernvinneanlegg og kullgroper. Li søndre 27/17, Øyer kommune, Oppland. Oslo: Kulturhistorisk museum (opublicerad utgravningsrapport).
- Bill, Jan, Bernt Rundberget, Jan Henning Larsen och Lena Grandin 2011. «Distinguishing Iron Production Sites by Chemical Signature of Bloomery Slag in South-eastern Norway – the Iron Clench Nails in the Gokstad Ship – only Local Production or of Various Origin?» Hauptmann, A., D. Modaressi-Tehrani och M. Prange (red.). *International Conference Archaeometallurgy in Europe III Abstracts Deutsches Bergbau-Museum Bochum, Germany June 29<sup>th</sup> – July 1<sup>st</sup> 2011. Metalla Sonderheft 4* 2011: 181.
- Buchwald, Vagn Fabritius 2005. *Iron and Steel in Ancient Times*. Copenhagen: Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab (Historisk-filosofiske Skrifter 29).
- Espelund, Arne 2003. Jernvinna i Gråfjell, Åmot kommune, Hedmark. En metallurgisk analyse av funnmaterialet fra jernframstillingsanlegg ID 1023047, utgravd i 2001. Trondheim: Norges teknisk-naturvetenskaplige universitet. Fakultet for naturvitenskap og teknologi. Institutt for materialteknologi (opublicerad).
- Espelund, Arne 2004. Metallurgiske undersøkelser av jernvinneanlegg Jfp 9 i Gråfjellet år 2004. Trondheim: Institutt for materialteknologi, NTNU (opublicerad).
- Espelund, Arne 2006. «Analyseresultat for prøver av slagg og malm fra Fagstad gnr/bnr 42/1 i Lillehammer». Axel Mjærum. Jernvinneanlegg. Fagstad, 42/1, Lillehammer, Oppland, Saksnr. 05/5748. Oslo: Kulturhistorisk museum (opublicerad utgravningsrapport).
- Espelund, Arne 2009. Malm- og slaggprøver fra Valdres og Gausdal. Gudbrandslie R 31, R 48 i Vang Tørrisheisen R 12, Kvien 96/7, Holen 131/1 i Gausdal. Trondheim: Institutt for materialteknologi, NTNU (opublicerad).

- Espelund, Arne och Erlend Fjøsne Nordstrand 2003. Metallurgiske undersøkelser av jernvinneanlegg i Gråfjellet år 2003. Rapport til Universitetets kulturhistoriske museer, Oslo. Trondheim: Institutt for materialteknologi, NTNU (opublicerad).
- Grandin, Lena 2009. Är det möjligt att proveniensbestämna det norska järnet? Kemiska analyser av slagger från järnframställning. Norge: Oppland, Vestfold, Aust-Agder, Buskerud och Hedmark. Ingår i projektet «Iron Origins». Uppsala: UV Uppsala Rapport 2009:15. Geoarkeologisk undersökning. Riksantikvarieämbetet. Avdelningen för arkeologiska undersökningar. Geoarkeologiskt Laboratorium (opublicerad).
- Grandin, Lena 2010. Järnframställning under yngre järnålder-medeltid. Kemisk analys av slagg från blästugn med slaggtappning. Grov 7/4, Strand 10/4, Vang kommune, Oppland, Norge. Uppsala: UV GAL Rapport 2010:16. Geoarkeologisk undersökning. Riksantikvarieämbetet. Avdelningen för arkeologiska undersökningar. Geoarkeologiskt Laboratorium (opublicerad).
- Grandin, Lena 2011. Järnframställning under yngre järnålder. Kemisk analys av slagg och malm. Amundhusene gnr 22, Li søndre gnr. 26, Li oppigard gnr. 27, Øyer kommune, Oppland, Norge. Uppsala: GAL Rapport 2011:14. Geoarkeologisk undersökning. Riksantikvarieämbetet. Avdelningen för arkeologiska undersökningar. Geoarkeologiskt Laboratorium (opublicerad).
- Grandin, Lena 2013. «Provenancing Iron – Possibilities and Problems? Some Scandinavian Examples». Turek, J. (red.). *19<sup>th</sup> Annual Meeting of the European Association of Archaeologists. 2013 Pilsen, Czech Republic, Abstracts. University of West Bohemia in Pilsen*: 400–401.
- Grandin, Lena 2014. Smide i Gudbrandsdalen. Kemiska analyser av smidesslagger. Norge, Oppland, Sør-Fron kommune. Brandrud I, Brandrud IV och Grytting II. E6-projektet i Gudbrandsdalen. Uppsala: UV GAL Rapport 2014:05. Geoarkeologisk undersökning. Riksantikvarieämbetet. Avdelningen för arkeologiska undersökningar. Geoarkeologiskt Laboratorium (opublicerad).
- Grandin, Lena, Bernt Rundberget, Jan Henning Larsen och Jan Bill (in print). «Searching for the Production Site for Iron in the Gokstad Ship». Jan Bill (red.). *Early Medieval Monumental Graves in Northern Europe*. Aarhus: Aarhus University Press.
- Heimann, R.B, U. Kreher, I. Spazier and G. Wetzel 2001. «Mineralogical and Chemical Investigations of Bloomery Slags from Prehistoric (8<sup>th</sup> century BC to 4<sup>th</sup> century AD) Iron Production Sites in Upper and Lower Lusatia, Germany». *Archaeometry* 43/2:227–252.
- Larsen, Jan Henning 2009. *Jernvinneundersøkelser. Faglig Program Bind 2*. Oslo: Kulturhistorisk museum, Fornminneseksjonen (Varia, 78).
- Mjærum, Axel 2006. Jernvinneanlegg. Fagstad, 42/1, Lillehammer, Oppland, Saksnr. 05/5748. Oslo: Kulturhistorisk Museum (opublicerad utgrävningsrapport).
- Ogenhall, Erik, Lena Grandin och Mia Englund 2013. Järnframställning i Opdal, Vang. Arkeometallurgisk analys av slagg och malm. Oppland, Vang kommune, Opdal 2/6, Norge. Uppsala: UV GAL Rapport 2013:6. Geoarkeologisk undersökning. Riksantikvarieämbetet. Arkeologiska uppdragsverksamheten. Geoarkeologiskt Laboratorium (opublicerad).
- Rundberget, Bernt (red.) 2007. *Jernvinna i Gråfjellområdet. Gråfjellprosjektet 1*. Oslo: Kulturhistorisk museum (Varia, 63).
- Rundberget, Bernt 2010. «Jernproduksjon i Norge i romertid; en marginal eller sentral ressurs?». Ingar M. Gundersen och Marianne Hem Eriksen (red.). *På sporet av romersk jernalder. Artikkelsamling fra romertidsseminariet på Isegran 23.–24. januar 2010*. Oslo: Nicolay Skrifter 3:36–49.
- Rundberget, Bernt 2013. «Jernvinna i Gråfjell – en metode i grenseland». Bernt Rundberget, Jan Henning Larsen och Tom H. Borse Haraldsen (red.). *Øvnstypologi og øvnskronologi i den nordiske jernvinna. Jernvinna i Oppland, Symposium på Kittilbu, 16.–18. Juni 2009*. Oslo: Kulturhistorisk museum, Fornminneseksjonen:104–118.
- Litteratur som specifikt inte är hänvisat till i texten innehåller analysdata som ingår i den jämförande studien. Detta gäller främst rapporter från Geoarkeologiskt Laboratorium.