

le kunna peka på detta är att häradskartan visar ett mindre markområde som hör till Hjulsta på västra sidan om bäcken inom Akallas gränser. Det skulle eventuellt kunna tyda på att Hjulsta tidigare omfattat även detta område. I diskussionen om Granby redogör Biuw för Hyenstrands åsikt (1974) att sockengränsen mellan Spånga och Sollentuna i äldsta tider gått längs Igelbäcken. Mellan Hjulsta och Akalla ligger emellertid Hästa. Hästa och Hjulsta skulle då kunna vara delningar av en äldre, större enhet. Biuw säger också att Hästa kan vara avgärda till Hjulsta men ger inte några skäl till detta. Gränsen mellan Hästa och Hjulsta skär igenom ett större gravfält från yngre järnålder (nr 94). Hjulsta anges i avhandlingen som en primärenhet med sina fornlämningar från äldre järnålder. Namnet – som inte diskuteras – förefaller jämgammalt med Hästa, som anges som en yngre sekundärenhet utifrån sina fornlämningar. Här skulle det eventuellt kunna röra sig om ytterligare en försvunnen namnenhet, som omfattat Hjulsta och Hästa samt en del av 1900-talets Akalla. Gränsläggningen av de två -staheterna kan eventuellt ha ägt rum efter det att gravfältets användning upphört, dvs. under medeltid. Grundliga kart- och andra studier krävs naturligtvis för att pröva denna hypotes men resonemanget visar att de moderna gränserna inte utan vidare kan antas ha kontinuitet ner i förhistorisk tid.

I flera fall diskuterar Biuw möjliga föränd-

ringar av byterritorierna, både i förhistorisk och historisk tid, t. ex. när det gäller Granby, Tensta, Spånga och Hästa. I en allmän diskussion om gränsläggningar talas bl. a. om intern förtätning av äldre stora enheter samt om möjligheten av att konkreta gränser tillkommit under extern påverkan, t. ex. i anslutning till ledningsorganisationen eller marklandsindelningen, dvs. först under medeltid. Någon återknytning till denna teoretiska diskussion sker dock inte i de konkreta fallen. Flera av de historiskt belagda gränserna förefaller ju ha kommit till relativt sent, troligen efter den förhistoriska tidens slut. Diskussionen om den idémässiga bakgrunden till gränsläggningar (s. 26) skulle ha passat väl i den slutliga analysen av områdets bebyggelseutveckling.

Referenser

- Ambrosiani, B. 1964. *Fornlämningar och bebyggelse*. Uppsala.
- Kivikoski, E. 1963. *Kvarnbacken. Ein Gräberfeld der jüngeren Eisenzeit auf Åland*. Finska Fornminnesföreningens tidskrift.
- Roeck Hansen, B. 1991. *Township and Territory. A study of rural land-use and settlement patterns in Åland c. AD 500–1550*. Acta Universitatis Stockholmiensis. Stockholm Studies in Human Geography 6.

Birgitta Roeck Hansen

Kulturgeografiska institutionen

Stockholms universitet

106 91 Stockholm

Lapphyttan og dens grunnlag – en arkeo-metallurgisk vurdering fra norsk side

I 1985 arrangerte Jernkontoret sammen med Riksantikvarieämbetet et internasjonalt symposium i Norberg, der det hadde foregått omfattende og spennende arkeologiske utgravninger. Området ved Lapphyttan var tolket som et masovnsanlegg med ferskingsherder. Ut ifra trekolrester og 14C-dateringer ble det hevdet at anlegget var i drift så tidlig

som på 1200- og 1300-tallet (Magnusson 1985). På den skandinaviske vikingtidutstillingen, vist i Paris, Berlin og København, ble Lapphyttan presentert som en masovn fra slutten av 1100-tallet (Magnusson 1992).

I denne artikkelen vil forfatteren ta spesiell stilling til Lapphyttans alder, ut ifra min norske bakgrunn med erfaring fra arkeo-

metallurgisk feltarbeid og forskning. De årstallene som oppgis er svært tidlige i forhold til aksepterte mønstre for Europas tekniske og økonomiske historie. Kan vi lite på datering av noen trekolbiter for en revurdering av vår historieoppfatning?

Ved symposiet i 1985 ble det en meget heftig diskusjon blant svenske deltakere om *hva slags* anlegg Lapphyttan representerte. Den ene gruppen med Erik Tholander i spissen hevdet at ovnsruinen var en såkalt "stückovn" ("high bloomery") med samtidig produksjon av fast, karbonrikt jern (stål) och flytende råjern ("tackjärn") (Tholander 1985). Denne ovnstypen og driftsmåten er særlig kjent fra Steyermark i Østerrike. Den andre gruppen, med Nils Björkenstam og Sven Fornander fra Jernkontorets bergshistoriska utskott argumenterte sterkt med at det var en ekte masovn, altså med bare *ett* metallisk produkt: flytende råjern (Björkenstam og Fornander 1985). Metallurgen Allan Wetterholm har sluttet seg til disse oppfatningene (Wetterholm 1991).

Det rikholdige skriftlige materialet fra konferansen inneholder flere bidrag med tilknytning til den tidligste masovnsmeltingen. En senior innen arkeometallurgien, R. F. Tylecote trakk fram muligheten for øst-vest kontakt fra China til Mellom-Sverige. I China er masovnsmelting kjent helt siden perioden 475–221 BC (Tylecote 1985). Synspunktene ble fulgt opp av Donald B. Wagner (1985). Nå nettopp har Wagner levert en omfattende dokumentasjon av jernets historie i China, med klare bevis for tidlig framstilling av støpejern (Wagner 1993). Franskmannen Belhoste påviste hvordan masovnsteknikken i Frankrike ble innført ca. 1450 og spredte seg fra nord mot sør (Belhoste 1985). Den tyske historikeren Sprandel hevdet at svensk eksport av jern først kan påvises fra 1200-tallet (Sprandel 1985). Hvis man forutsetter at et produksjonsoverskudd med eksport til Kontinentet er direkte knyttet til masovnsanlegg, kan virksomheten ved Lapphyttan ikke dokumenteres før dette tidspunkt. – Selv fortalte jeg i grove trekk om den nyere arkeo-metallurgiske forskningen i Norge. Jeg tok ikke stilling til Lapphyttans alder og karakter,

men hadde kildebelegg for att masovnsmelting i Norge ikke kan føres lenger tilbake enn til 1625 (Espelund 1985).

Ekteparet Modin med Inga Serning har utgitt en bok *Lapphyttejärn* med meget grundige metallografiske undersøkelser av store og små løsfunn av jern ved Lapphyttan (Modin, Modin, Serning 1985). En overveiende del besto av karbonrikt jern, men det forekommer også mjukt, ferrittisk jern med interessante slagginnslutninger og stor porøsitet. Boken er en ren dokumentasjon, uten noe forsøk på prosessanalyse.

N. Björkenstam har i en større bok om middelalderens jernframstilling i Vest-Europa blant annet hevdet at malmgrunnet i Norberg var unikt. De fosforfattige malmene var spesielt egnet for framstilling av godt stål ved den indirekte prosessen, slik at det var logisk med Norberg som fødested for den europeiske masovnen (Björkenstam 1990).

Det er kjente personer med tilknytning til prestisjetunge svenske organisasjoner som ut ifra materialet fra Lapphyttan argumenterer med Norberg i Sverige som stedet der en industritradisjon startet så tidlig som før år 1200. En nordmann som arbeider med arkeometallurgi savner blant annet en viss dokumentasjon av omfanget og karakteren av den samtidige *blesterovnsteknikken* i Sverige, dvs. på 1100-1300-tallet. Dessuten burde Lapphyttan plasseres i en sosio-økonomisk kontekst, både svensk og internasjonal. Blant annet burde utviklingen i nabolandet Norge være av faglig interesse, ikke minst fordi det foreligger mye nytt forskningsmateriale i Norge.

Noen rapport om gravningen med primærdata om bl.a. stratigrafien foreligger ikke. Bare boken *Lapphyttejärn* gir mulighet for en uavhengig vurdering av en del av funnmaterialet. Til tross for at den står for en grundig dokumentasjon er den ikke sitert av metallurgene Björkenstam (1990) eller Wetterholm (1991).

Noen hovedtrekk fra jernets historie i Norge. Sammenlikning med Sverige

De første forsøkene på masovnsdrift i Norge ble påbegynt på 1500-tallet. Smeltedestere ble hentet fra Sachsen. I de første årene ble

åpenbart bergmalm forsøkt smeltet i en form for blesterovner. Vellykket masovnsdrift kom i gang først i året 1625 ved Fossum jernverk i Telemark (Thuesen 1977). Dermed er det tilsynelatende en tidsforskjell på mer enn 400 år mellom våre to land for "one of the most important innovations in the history of iron and iron production" (Magnusson 1992).

Om vi antar at masovnen betød en mer rasjonell og billigere produksjon, kan denne forsinkelsen forklares med at a) Norge for bergmalm hadde et dårligere grunnlag enn Sverige, b) en språklig og kulturell barriere mellom våre to land, eller c) at Norge manglet vasskraft og trekol. Punktene b) og c) anser jeg for utelukket, og jeg går videre med malmgrunnet.

Den kjente malmgeologen og metallurgen J. H. L. Vogt gikk tidlig på 1900-tallet gjennom de norske jernmalforekomstene og dokumenterer at visse malmer på Sørlandet er av meget god kvalitet, til dels likedan som i Norberg (Vogt 1910). Disse norske malmforekomstene er ikke tatt med på Bjørkenstams kart over Europas malmforekomster fordi de ikke ble drevet på den tiden hans oversikt stammer fra, nemlig perioden 1937-64 (Bjørkenstam 1990). I virkeligheten var de råstoffgrunnlag for et 20-tall norske masovner på 1700-tallet. En mindre andel fosforfattig malm ble også tatt ut på 1950-tallet for fersking ved Christiania Spigerverk (Nordheim pers. medd.).

Norge har neppe hatt en jern- og stålproduksjon i nyere tid på mer enn 10% av det Sverige framstilte. Allikevel var "Norway Iron" et kvalitetsbegrep ved eksport til USA først på 1800-tallet. Dette var også svensker oppmerksomme på. Professor V. Eggertz skrev i 1849 i Jernkontorets annaler: "Norska stångjärnet står i allmänhet i betydeligt högre pris än det svenska. Orsaken dertill torde, åtminstone till en del, ligga uti malmernas beskaffenhet." (Eggertz, som sitert av Thuesen 1977.) – Til begrepet god kvalitet hører nok fosforfattig jern.

Det er i Norge utført større utgravninger av blesterovnsanlegg ved Møsstrand i Telemark, på Hovden i Setesdal, og ved Dokkfløy i Oppland. På alle steder er det påvist en rela-

tivt enhetlig ovnstype, karakteristisk for tidsrommet ca. år 1000-1300, mens de ytre trekene ved anleggene kan variere noe (Larsen, Martens, Rolfsen 1992). I Trøndelag er flere enkeltanlegg blitt undersøkt. Der er denne ovnstypen datert så tidlig som ca. år 700 (Stenvik 1989). Stikkprøver har vist at denne typen er karakteristisk for alle jernbygder i Sør-Norge opp til Gauldalen i Sør-Trøndelag. Selv anslår jeg antallet ovner til "ca. 10 000". En kan ikke se bort fra at smelting i så mange blesterovner kan ha ført til overskudd og eksport, i alle fall til kystområdene, kanskje også til andre land.

Ved Svartedauden ("Digerdöden") ble det slutt på direkte jernframstilling i de fleste bygder. En ny blesterovnsteknikk ble introdusert ca. år 1400 og tatt i bruk spesielt i og rundt Østerdalen. Den var av samme slag som på svenske siden av dagens grense. Den ble beskrevet av flere, men mest nøyaktig i et fyldig kildeskrift fra 1782 (Evenstad 1790). Det er meget interessant at den til nå eldste daterte ovnen fra ca. 1400 AD var *vassdrevet*. Den ligger ved Langsjøen i Tolga kommune.

Evenstads kildeskrift er nylig blitt translitterert og tolket (Evenstad/Espelund 1992). I boka er det også laget en oversikt over spredningen av de ulike belesternsteknikkene i Norge, som vist på figuren. – I tillegg har det vært utført meget vellykket smelting i denne ovnstypen (bl. a. Espelund 1993), med resultater som svarer til Evenstads oppgifter.

Om vi forlater Norge og går over til Sverige, så savnes en tilsvarende beskrivelse av karakteren og omfanget av smelting med den direkte metoden i blesterovner i perioden fra ca. år 1000 til 1300. Forfatteren har nylig besøkt Karelen i Øst-Finland og sett anlegg som svarer til dem vi har i Norge i middelalderen før Svartedauden. For en vurdering av produksjonen i Lapphyttan i en tidsmessig kontekst hadde slikt materiale vært verdifullt. Det er normalt for all teknologi at en eldre og en yngre teknikk vil leve side om side over et langt tidsrom.

Riktignok hevder to metallurger uten kilde at den direkte metoden for jernframstilling forsvant på 1100-tallet (Bjørkenstam og Fornander 1985). Dette kan ikke stemme.

Det var neppe mangel på myrsmalm i Sverige. Det er mulig at de eldre teknikkene forsvant ved Svartedauden i området rundt Norberg, men i f. eks. Härjedalen minner situasjonen om grensetraktene i Norge, med smelting i blesterovner (type III på figuren) fram til 1800-tallet (Pettersson 1982). I Nord-Skåne har Anders Ödman nylig påvist smelting i bondeovner innenfor et feodalt dansk samfunn på 1400–1600-tallet (Ödman 1993). Blesterovner i drift på 1100–1300-tallet burde ha vært beskrevet slik at en lettere kunne skjelve mellom kategoriene blesterovn og masovn. Hvis Lapphyttan var en pionermasovn, kunne det tenkes at det hadde stått en blesterovn – eventuelt vassdrevet – på samme plassen.

"Lapphyttejärn" – fra indikasjoner til bevis

I søkningen etter utfyllende data er det naturlig å studere materialet som presenteres i boka *Lapphyttejärn*. Ekteparet Modin har i den levert en god oversikt over de metalliske delene av funnmaterialet. Inga Serning skrev arkeologiske kommentarer i dette arbeidet, uten å komme inn på dateringer. Trolig var ikke resultatene for dateringene klare og friggitt da Serning laget sin del av arbeidet (Modin, Modin, Serning 1985).

De metalliske prøvene er av tre typer:

- I – ubearbeidet materiale, råjern ("tackjärn"),
- II – barrer og avhugget materiale,
- III – ferdige gjenstander.

Det må understrekes at kolhaltig jern kan oppstå i alle jernframstillingsprosesser. I en blesterovn var det et tilfeldig eller også uønsket produkt, i masovnen hovedprodukt. Smibart jern med låg kolhalt kan derfor stamme fra en blesterovn, eller det kan være raffinert – fersket – ut ifra råjern.

Kategori I er logisk nok av ulike typer av råjern med karakteristiske strukturelement som flakgrafitt, ledeburitt, cementitt og perlit. Dette er hva man venter å finne ved en masovn.

Kategori III kan stamme fra jern, framstilt andre steder og bør ikke danne noe grunnlag for vesentlige slutninger om selve Lapphyttan.

Kategori II, derimot, er det grunn til å si er

løsfunn i en god kontekst, og spørsmålet er: blesterovnsjern eller fersket masovnsjern? For noen av prøvene står det at *slaggen* er til stede som *inneslutninger* i metall, og at den er "kristalliserat och glasig järnsilikat med dendritter av järnoxid". Metallet er også *ganske porøst* (Modin et al. 1985). I det følgende skal disse to trekkene vurderes:

I wüstitt ("FeO") – gitteret opptar oksygenatomene større plass en jernatomene. Så lenge reduksjonen til metall foregår i fast fase må det oppstå en stor andel hulrom. De blir tilbake i produktet dersom det ikke har vært utsatt for noen smiing etterpå. Forfatteren har undersøkt to norske lupper av jern – en fra Lårdal i Telemark, den andre fra Hitra i Trøndelag, begge utsatt for kraftige øksehogg, som nesten har delt luppene i to symmetriske deler. Øksehoggene kan tyde på at jernet er primærprodukt ved smelting. Totalvekt og tetthetsmåling for de to luppene var henholdsvis 6,5 kg – 5,5 kg/dm³, 17 kg 4,9 kg/dm³, mot 7,8 for kompakt jern. En tilsvarende tetthetsmåling for Lapphyttejernet merket 1410 og 2743 ga som tall 5,0 og 5,6 kg/dm³, med en usikkerhet på +/-0,3 p. g. a. små prøver.

Som kontroll ble det utført en tilsvarende tetthetsmåling på prøve 1682, som i ytre trekk ser ut til å ha vært fullstendig flytende, svarende til en mikrostruktur med nesten ren ledeburitt, uten slagginneslutninger. Tettheten ble 6,6 +/-0,2, altså vesentlig nærmere verdien 7,7 som gjelder for kompakt Fe₃C. Både rustbelegg og visse porer har påvirket resultatet. Med dette anses det som bevist at prøvene 1410 og 2734 representerer jern med låg kolhalt, som har vært *primærprodukt ved vellykket blesterovnsdrift*.

Det er også klart at inneslutninger av FeO- og SiO₂-holdig slagg *ikke* har noe med kjemiske likevekter i en *masovns* å gjøre. Man kan ikke samtidig ha et karbonmettet, flytende jern ved ca. 1200°C og en FeO-rik slagg. Heller ikke er det bevist at slik slagg kan oppstå som inneslutninger ved en ferskingsprosess for råjern. Det måtte enten ha forutsatt et Si-rikt råjern, noe man ikke fikk i den tidlige masovnen med dens "kalde" metall. Før forvarming av blestluften ble innført måtte

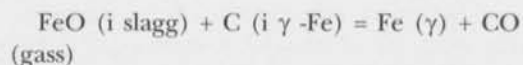
masovnene drives ved relativt lav temperatur. Det forekom derfor knapt noen målbar innreduksjon av silisium. Det framgår også av analysene i tabell 2, med verdier på høyst 0,10% (trolig som SiO_2) (Modin & al., 1985).

Alternativt måtte det stamme fra ferskingslaggen og henge sammen med dårlig utsmiing. Forfatteren tror ikke på denne mekanismen og vil hevde at slaggen som er avbildet på flere fotografier av metallografiske slip av kategori II er derfor "fremmed", i dette tilfellet slagge av den typen som oppstår i en blesterovnsprosess og følger det faste jernet til smia (jamfør bl.a. Espelund 1992; Nosek 1985).

For å begrunne dette metallurgisk skal jeg ta med den sentrale reaksjonen i herden av en ovn



Tilsynelatende står denne reaksjonen for selve reduksjonen til metall (egentlig med CO som formidler). Den er imidlertid enda mer anvendbar for å forstå sammenhengen mellom metallkvalitet og slaggeanalyse, og dermed kontrollen av kolhalten i en ovn for framstilling av jern. Det blir klarere om vi karakteriserer stoffene som inngår i likningen:



Ved alle jernframstillingsprosesser basert på innblåsing av luft er høyre side definert, med aktivitet av Fe nær 1,0 og gasstrykket av CO ca. 0,3 atm. Skilnaden på en masovnsprosess og en blesterovnsprosess kan dermed relateres til likevektsproduktet

$$a_{\text{FeO}} \times a_{\text{C}} = \text{konst.}$$

som ved 1200 °C er av størrelseorden 0,01.

I en *blesterovnsprosess* må aktiviteten av karbon ("kol") være låg for at jernet skal være smibart. En verdi rundt 0,01 for a_{C} i aktivitetsproduktet svarer til rundt 1,0 for aktiviteten av FeO. Det er hva vi ser av slaggen i mikroskopet, der FeO er dannet ved størkning rundt 1150 °C.

Slagge med samme karakteristiske analyse fins det tonnevis av ved vanlige blesterovnsanlegg i denne perioden. I slik slagge fins også

spor av rent ferrittisk jern. Dette understreker ytterligere at slaggen i "klimper" funnet ved Lapphyttan har fulgt med produktet fra blesterovnen.

I en *masovnsprosess*, derimot, vil aktiviteten av karbon være nær 1,0 (metning). Dermed må verdien for a_{FeO} bli meget liten, noe som samsvarer med analyser av masovnslagge. Som kjent er den nesten jernfri.

En logisk følge av dette er at mange av barrene og klimpene stammer fra en blesterovn, altså fra framstilling av smibart jern i en prosess, og ikke fra den to-trinnsprosessen som Lapphyttan representerte i sin siste fase.

Disse enkle beregninger og vurderinger henger sammen med likevektslæren ("jäm-viktsläran"), en viktig del av termodynamikken, som er sentral i moderne metallurgi. Allikevel hevder de to metallurgene Björkenstam og Fornander uten noen forklaring at det høye jerninnholdet i blesterovnslagge henger sammen med den diskontinuerlige driften av ovnene (Björkenstam og Fornander 1985). Når det ved norske blesterovnsanlegg fra middelalderen (type II) ligger igjen tonnevis med slagge som har flytt godt og har en enhetlig analyse, indikerer det at slagge-metallreaksjoner har spilt en viktig rolle. Om driften har vært diskontinuerlig eller kontinuerlig tilhører en annen diskusjon.

Til slutt er det god grunn til å trekke fram uttrykk fra litteraturen: I Didrik av Berns saga er overgangen fra primært blåsterjern til smidd jern uttrykt som "jarn, dat fellt ok vellt ok allt dat, er seigt er". "Fella" står for krympe, gjøre blåsterjernet kompakt, altså det første steget på vegen fra blåsterjern til et emne. "Vella" tyder å fjerne smelte, dvs. flytende slagge. Parallellen til et jern med porer og slagginneslutninger er åpenbar.

Konklusjon

I materialet som er framkommet fra autoritativt svensk hold om Lapphyttan saknes en jamføring med samtidig blesterovnsteknikk, en kritisk vurdering av deler av funnmaterialet og sosio-kulturelle forhold rundt jernproduksjonen i høg-middelalderens Europa.

Denne forfatteren er ikke i tvil om at Lapphyttan var en masovn, i det minste i

sluttfasen nær år 1400. Diskusjonen om det var en "stückovn" eller en masovn i en tidlige fase kan minne om pavens skjegg som emne.

Jag vil imidlertid hevde at det på samme område som hytteruinen har stått en *eldre blesterovn*, og at trekolmateriale fra denne perioden kan ha kommet med blant kolprøvene. Masovnen med dens høye sjakt og vassdrift er dermed resultatet av en utvikling fra en eldre blesterovn på samme plassen. Påstanden om en blesterovn er særlig basert på "løsfunn" av ubearbeidet jern ved Lapphyttan, jern som helt klart stammer fra en slik prosess. Et annet og mer generelt argument mot Lapphyttan som masovn alt på 1100-tallet er at masovnsmelting ute i Europa startet opp senere, i Norge sogar flere hundre år senere, etter nedblåsing av Lapphyttan.

Enhver faglig debatt bør ha plass for "pro et contra". La meg ta med et "contra" mot min egen argumentasjon:

I en diskusjon om alderen har argument om overføring av teknologi og driftsformer fra den meget tidlige kobberproduksjonen i Falun en viss betydning. I motsetning til Norge hadde Sverige der en tidlig bergmannsorganisering av metallurgien. Kanskje svenske "byar" egnet seg bedre som grunnlag for kooperativ drift enn den karakteristiske spredte bosetningen i Norge. En slik form for organisering svarer også til vårt generelle inntrykk av middelalderssamfunnet.

Alle de norske jernverkene ble i klar kontrast til tidlige svenske jernverk drevet innenfor en hierarkisk, kapitalistisk modell for organiseringen, som knapt hører heime i nordisk middelalder.

Jeg tror allikevel ikke at samfunnsorganisering avgjorde valget av sentrale produksjonsteknikker når epokegjørende innovasjon fant sted. Jeg tror heller at man ville utvikle en organisasjon som passet for den nye teknologien. L. F. Stenvik har diskutert dette omkring etableringen av jernframstilling i romersk jernalder i Trøndelag-Jämtland (Stenvik 1991).

G. Magnusson gir selv et mulig kompromiss mellom mine og hans egne påstander for problemet Lapphyttans alder, idet trekol-

prøvene faller i to grupper: fra den nederste delen av hytteruinen innen tidsrommet 1150-1225, og den øvre delen 1325-1400, i begge tilfelle med en viss spredning (Magnusson 1985b). Den første "horisonten" kan svare til blesterovnsperioden. Kan hende var denne blesterovnen vassdrevet. I Norge er et slikt ovnsanlegg datert til år 1400 (Evenstad/Espelund 1992), riktignok med en teknikk som trolig kom etter Svartedauden.

Det kan hevdes at dersom det foregikk smelting i blesterovn på denne plassen, skulle det også ha oppstått en karakteristisk blesterovns slag. En kan imidlertid ikke vente å finne mye av slik slag fordi den på grunn av høgt jerninnhold var jamførbar med god jernmalm til masovnsmelting og har dermed trolig forsvunnet.

Som påpekt i artikkelen kan smelting i masovn, som først startet opp ca. 300 år senere i Norge, ikke bero på mangel på egnet bergmalm. Jeg tror heller at fordelene ved masovnen er overdrevet, og at det i norske fjellområder kan hende var bedre tilgang på myrmalm enn i Sverige. Man skal ikke glemme at råjern krevde etterbehandling ved ferskning før man fikk smibart stål. Så lenge denne foregikk for hand betød den meget hardt og varmt fysisk arbeid. All slags ferskning før gjennombruddet for Bessemers prosess midt på 1800-tallet krevde også svært mye brensel. Mot brenselforbrukning ved fyrsetning i gruver ved masovnsmelting og ved ferskning må en veie forbruket *bare* ved røsting av myrmalm og ved smelting i blesterovnen. En vanlig smiherd krevde ikke så mye.

Med Lapphyttan som en operativ masovnsenhet på 1300-tallet kommer Sverige med som en av pionerene for den nye industrielle perioden. Det har nylig kommet inn helt sammenliknbare data fra et tidlig masovnsanlegg i nærheten av Kierspe, Märkischer Kreis, ikke så langt fra Siegerland (Knau, Sönnchen 1992). Også på den plassen har fersking foregått ved oppvarming og smiing for hand.

Man burde tone ned noe av språkbruken om den epokegjørende innovasjonen ved innføringen av masovnen, eller i det minste bli mer spesifikk. (Hvorfor kom masovnen så

Tid, AD	Mellom-Sverige, allment	Grenseland	Norge, allment
1200	(Blesterovner)	(Blesterovner)	Blesterovner II
1300	Tidl. masovn	(Blesterovner)	Blesterovner II
1400	Masovner	Blesterovner III	-
1500	Masovner	Blesterovner III	-
1600	Masovner	Blesterovner III	Masovner
1700	Masovner	Blesterovner III	Masovner
1800	Masovner	Blesterovner III	Masovner
1900	Masovner	-	-

Fig. 1

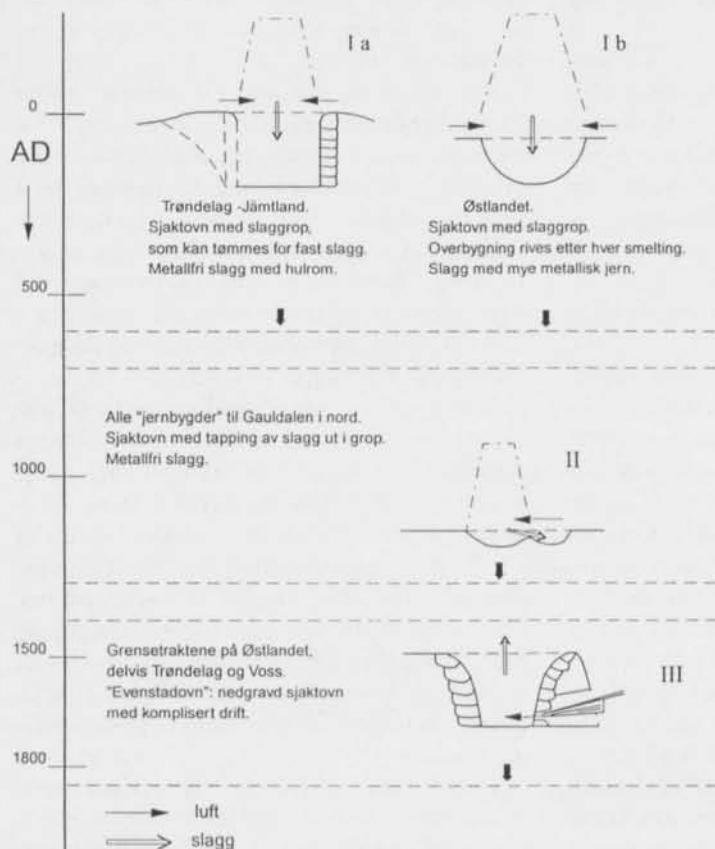


Fig. 2

Utvikling over tid av ovnstyper for direkte jernframstilling på Østlandet og i Trøndelag.

tidlig i China?) Fordi vellykket smelting i blesterovner forutsatte en balanse mellom kravene *kvalitet* og *utbytte*, var driften av slike ovner meget krevende. Komplexiteten kommer indirekte fram i det norske funnmaterialet, som oppviser 4 ulike ovnstyper: Eldre teknikker ble trolig avglemt både på 600- og 1300-tallet, og måtte "oppfinnes" på nytt, slik som vist på figuren.

Dateringene fra Lapphytteområdet oppviser derimot ikke noe avbrudd ved Svartedauden. Etter min mening henger det sammen med at det var ikke så vanskelig å starte opp igjen en kontinuerlig prosess etter et avbrudd på noen tiår. (Det fins også en annen mulighet: at Norbergs-området ikke var sterkt rammet av Svartedauden.) Dette er med på bekrefte at masovnsmelting i Lapphyttan foregikk på begge sider av året 1349. 1300-tallet er også ganske tidlig for Europas industrihistorie.

Masovnens og ferskingsprosessenes triumf besto i at kravenen til utbytte og kvalitet ble delt mellom to ulike trinn. Driften ble meget enklere, og metodene kunne utvikles til produksjon i stor skala, først for masovnen. Endringen i infrastruktur, ovnstørrelse og produksjon er mer imponerende enn prosessene selv.

Norsk-svenske forhold kan muligens summeres opp som vist i fig. 1.

Blesterovnstypene er vist skjematisk i fig. 2.

På 1400- og 1500-tallet foregikk jernproduksjon i Norge bare i grensetraktene. Dette dekket trolig bare lokale behov innenfor bondesamfunnet. En må regne med at det ble importert jern fra Sverige, noe produsert i blesterovner i Dalarna, Härjedalen m. m., mens noe sikkert kom fra masovnsverk. Den danske statsmakten fikk trolig dekket mye av sitt jernbehov ved skattlegging i jern av bønder i Nord-Skåne (Ödman 1993). Rundt år 1900 importeres jern fra Sverige og muligens også fra andre land. – I begge land har vi ingen klare bevis for jernframstilling i nord-områdene. Teknikk plassert i parentes sier at den bygger på indisier og/eller at ovnstypen ikke er definert.

Jeg vil slutte med å takke Gert Magnusson og ekteparet Modin for at vi også i Trondheim har fått stu-

dere jernfunn fra Lapphyttan med metallografiske metoder. Jeg tar dette til inntekt for en vilje til å godta en revurdering av tidlige påstander. Vi i Norge ser også fram til at norske arbeider etter hvert blir omtalt i svensk faglitteratur.

Jeg vil takke student Jerker Sterneland for godt samarbeid ved målinger og for interessante diskusjoner.

Summary

During an international conference held in Norberg in 1985 a lot of attention was paid to the ruin of the blast furnace named Lapphyttan. On the basis of archaeological excavations with ¹⁴C datings of charcoal it has been claimed that blast furnace smelting at that site started as early as about 1175 AD. The remains of several structures reminding of smithing hearths appeared to indicate a refining of the primary iron to steel by means of hand power (Magnusson, Björkenstam, Fornander 1985).

According to the general opinion about European history, the dating is very early for the transition from the small scale bloomery process, with its decentralized pattern, to a process which required shift work, water power and a large infrastructure. In neighbouring Norway it is fairly certain that the first attempts to smelt rock ore took place around 1540, and that a successful production of pig iron began in 1625.

Two metallographers and an archaeologist issued in 1985 a book named "Lapphyttejärn", in which the external shape and structures of different metallic stray finds were presented (Modin, Modin, Serning 1985). They were classified into three groups: pieces of cast iron, lumps of steel, and finished objects. In this paper the present author claims that the inclusions shown in the second category, containing FeO and Fe₃SiO₄, in certain lumps can only stem from a bloomery process.

Due to the courtesy of Gert Magnusson this author has had an opportunity to study the same samples in his own laboratory. The character of the inclusions in certain samples has been verified. Also the density has been measured, giving values that are character-

istic for bloomery iron (around 5). One possible explanation could be that the blast furnace had a bloomery furnace as its predecessor in the same position.

G. Magnusson (1985 *b*) by showing two horizons for the ¹⁴C datings gives information for a possible reevaluation of the dating. The one horizon, for the lower part of the furnace, has about 1175 for its apex, while the next apex lies around 1300 AD. The first could represent a bloomery period while the latter could be the start of the blast furnace operation. This alternative dating is in general agreement with recent information about early blast furnaces in Germany.

This author will agree that the rock ore in the Norberg area is ideal for blast furnace smelting and refining to good steel. It is, however, not unique in Europe if also small and now historical ore bodies are included in the survey. Nor should one forget that the product of the blast furnace was brittle and required much effort and fuel during the refining before a satisfactory steel was obtained.

Referenser

- Belhoste, J.F., 1985. The diffusion of the blast furnace process across western France in the 15th and 16th centuries. *Medieval Iron in Society II*. H 39. Stockholm.
- Björkenstam, N., 1990. *Västeuropeisk järnframställning under medeltiden*. Stockholm Archaeological Reports Nr. 25/ Jernkontorets bergshistoriska skriftserie Nr. 26. Stockholm.
- Björkenstam, N. & Fornander, S., 1985. Metallurgy and technology at Lapphyttan. *Medieval Iron in Society I*. H 34. Stockholm.
- Eggertz, V., 1849. Anteckn. u. tvenne resor 1847 och 1848 till de förnämsta bergverken i Norge. *Jernkontorets Annaler*. (Som sitert hos Thuesen 1977.)
- Espelund, A., 1985. A brief account of ironmaking in Norway in prehistoric and historic times. Recent finds. Experimental work. *Medieval Iron in Society II*. Stockholm.
- 1992. The Mellager site in Trondheim – a complex of metal workshops, and its role in medieval iron metallurgy. *Bloomery ironmaking during 2000 years*, Vol. II. Trondheim.
- 1993. The value of a tradition in ironmaking. *Bloomery ironmaking during 2000 years*, Vol. III. Trondheim.
- Evenstad, O. 1790. Afhandling om Jernmalm, som findes i Myrer og Moradser i Norge og Omgangsmaden med at forvandle den til Jern og Staal. *Det kgl. Landhuusholdnings Selskab*. København.
- Evenstad, O. & Espelund, A., 1992. Fra Myr-malm til Jern og Staal. Ole Evenstad – liv og virke. Den yngre jernvinna i deler av Norge og Sverige. Kilder – historie – metallurgi – funn m.m. Trondheim.
- Knau, H. L., Sönnechen, M., 1993. Spätmittelalterlich Eisenverhüttung in Kierspe. *Archäologie in Deutschland I*. Stuttgart.
- Larsen, J. H., 1992. Iron production at Dokkfløy in Oppland, Norway. *Bloomery ironmaking during 2000 years*, Vol. II. Trondheim.
- Magnusson, G., 1985 *a*. Lapphyttan – an example of medieval iron production. *Medieval Iron in Society I*. H 34. Stockholm.
- 1985 *b*. Comments concerning the dating of Lapphyttan. *Medieval Iron in Society II*. H 39. Stockholm.
- 1992. Jern. *From Viking to Crusader. The Scandinavians and Europe 800–1200*. Nordisk ministerråd.
- Martens, I., 1992. Iron in southeastern Norway in the medieval period. *Bloomery ironmaking during 2000 years*, Vol. II. Trondheim.
- Modin, H., Modin S., Serning, I., 1985. *Lapphyttjärn*. Riksantikvarieämbetet och Jernkontoret. Stockholm.
- Nosek, E., Mazur, W., 1985. Iron smelting in medieval bloomery furnaces on Castle Hill. *Medieval Iron in Society I*. H 34. Stockholm.
- Pettersson, T. J. E., 1982. Blåstan och blåsningsen. *Lima och Transtrand I. Myrjärn och smide*. Malung
- Rolfesen, P., 1992. Iron production in the upper part of the valley of Setesdal, Norway. In (Espelund, ed.): *Bloomery ironmaking during 2000 years*, Vol. II. Trondheim.
- Sprandel, R., 1985. Der Export von schwedischem Eisen im Spätmittelalter und seine Bedeutung für Handel und Gewerbe in Nord- und West-Europa. *Medieval Iron in Society I*. H 34. Stockholm.
- Stenvik, L. F., 1989. Lavteknisk jernframstilling i Trøndelag. *Jernkontorets bergshistoriska utskott. Höstmötet i Røros*. H 47. Stockholm (1990).
- 1991. Iron production and economic "booms" during 2000 years. *Bloomery ironmaking during 2000 years*. Vol. I. Trondheim.
- Tholander, E., 1985. Discussion of the paper by N. Björkenstam and S. Fornander: "Metallurgy and technology at Lapphyttan" *Medieval Iron in Society II*. H 39. Stockholm.
- Thuesen, G., 1977. *Noen norske jernverker*. Bevarte minner fra den gamle jernverkstiden. Jernkontoret. Serie H 15. Stockholm.
- Tylecote, R. F., 1985. The early history of the iron blast furnace in Europe; a case of east-west contact. *Medieval Iron in Society I*. H 34. Stockholm.

- Vogt, J. H. L., 1910. *Norges jernmalmsforekomster*. Norges geologiske Undersøkelser Nr. 51. Kristiania.
- Wagner, D. B., 1985. The transmission of the blast furnace from China to Europe. *Medieval Iron in - 1993. Iron and Steel in ancient China*. Leiden-New York-Köln.
- Wetterholm, A., 1991. Masugnsprocessen - unik för Sverige under tidig medeltid. *Forntida teknik I*. Sveg.

- Ödman, A., 1993. Järnskatt och borglän. *Ala*. (Historisk tidskrift för Skåneland.)

Arne Espelund
Norges Tekniske Høgskole
Metallurgisk Institutt
N 7034 Trondheim - NTH