

DRENGSTED/SCHARMBECK SLAGGEGRUBE OVNE I DANMARK OG I SKANDINAVIEN

Arne Jouttijärvi og Olfert Voss

SPREDNINGEN AF JERNTEKNOLOGIEN

Hvilke forhold er det, der har haft indflydelse på den geografiske og tidsmæssige spredning af jernteknologien?

Som vist af Pleiner (1980) blev jernet først introduceret i et område som et importeret materiale. Det blev smedet lokalt og mest anvendt til mindre genstande, først og fremmest smykkenaale. De meget tidlige fund af smedeslagger må stamme fra denne virksomhed.

Senere kom jernudvindingsteknologien frem til området med jernsmeltere, der ikke alene kom for at sælge deres jern, men tillige for at undersøge, om der var jernmalm, ler og træ på stedet, der kunne gøre det muligt at udvinde jern i samarbejde med lokale smede.

En hjemlig jernproduktion har næppe fundet sted, hverken i Skandinavien eller i andre dele af Europa, uden i et samarbejde med besøgende jernsmeltere.

Man må derfor regne med, at ovntyperne må ligne hinanden, men med variationer, der kan skyldes forskellig malm, men også andre geologiske og topografiske forhold. Ovntyperne afspejler dermed også eksisterende handels- og kulturforbindelser.

Den langsomme spredning af jernteknologien i Europa ses af, at mens der er jernproduktion i Grækenland allerede o. år 1000 f.Kr., kommer der først en produktion i Danmark, der næppe går længere tilbage end 4. årh. f.Kr.

Der er relativt sikre tegn på, at jernudvindingen begyndte i Danmark i løbet af 4. årh. f.Kr., altså samtidig eller lidt senere end den tidligste udvinding i den nordlige del af Kontinentaleuropa (Jouttijärvi og Voss: Skovmarkovnen, dette bind). Fund af udvindingsovne kendes først fra omkring 200 f.Kr. Der er derfor ingen tegn på, at udvindingen kan have startet allerede i 8. århundrede f.Kr., som det muligvis kan have været tilfældet i Sverige (Hjärtner-Holdar 1993).

De tidlige jernudvindingsovne var relativt små, men kunne anvendes flere gange og var knyttet til landsbyer eller gårde. Der var øjensynligt tale om mindre produktion til eget forbrug. De erstattedes af ovne med slaggegrube (Drengsted/Scharmbeck ovne), som var væsentligt større, og hvori der



Figur 1: Snorup. Lodret snit gennem en slaggegrube, der er blevet opbrudt efter brændingen og fyldt igen med hovedsagelig rødbrændte brudstykker af ovnskaften. I venstre side er bevaret slaggegrubens underskærne side, mens højre side er forstyrret ved opbrydningen af gruben. Målestok 40 cm. Foto: O. Voss.

Figure 1: Snorup. Vertical section through a slag-pit that has been broken up after the smelt and then filled mainly with the charred fragments of the shaft. At the left side, a part of the undercut side of the pit is preserved. Scale 40 cm. Photo: O. Voss.

sandsynligvis kunne produceres et overskud af jern, som kunne sælges videre indenfor et større område.

DRENGSTED/SCHARMBECK OVNE

Drengsted/Scharmbeck ovnen er i Danmark ¹⁴C dateret til tiden 150-600 e.Kr. (Rasmussen, Rahbek og Voss 2006: 127). Ved de udgravninger, der er gennemført siden 1950, er det kun den nederste del af ovnen, slaggegruben, der har kunnet undersøges *in situ*, figur 1-3. Gruben er gravet kolbeformet, ca. 80 cm dyb og 80 cm i diameter ved bunden. Den har en ca. 25 cm bred og 25 cm høj forbindelse op til ovnskaften, der står på jordoverfladen.

Slaggegrube ovnen, der af (Pleiner 2000: 159) er kaldt Drengsted/Scharmbeck typen, er muligvis afledt af de keltiske jernudvindingsovne, som G. Gassmann (2005) har udgravet i Bayern-Württemberg. De er ¹⁴C dateret til 380-170 f.Kr. og rekonstrueret som vist på figur 7.

De tidligste slaggegrube ovne i Polen og Tyskland er dateret til sen La Tène, 1. årh. f.Kr., mens de

ældste i Jylland er fra 2. årh. e.Kr. Det har således taget mere end hundrede år for kendskabet til denne ovntype at nå frem til Jylland, hvor man i tiden omkring Kristi fødsel udvandt jern i Skovmark ovne.

I Danmark er der udgravet næsten et par tusind slaggegrube ovne med forkullet halm, men af disse er kun 73 fra 11 forskellige jernudvindingspladser indtil nu blevet ^{14}C dateret. Dateringerne viser, at slaggegrube ovnen blev brugt i Jylland fra o. 150 til 600 e.Kr. Dette beskedne antal dateringer er dog ikke tilstrækkeligt til, at ovnens anvendelsesperiode i Danmark kan anses for at være endelig fastlagt (Rasmussen *et al.* 2006).

Ingen af de fundne jernudvindingspladser er blevet fuldstændig udgravet, men inden for et areal på ca. 100 km² nord for Varde har Dr. Tatiana Smekalova foretaget magnetisk kortlægning af otte jernudvindingspladser. Denne viser, at der i dette område har været op mod 10.000 ovne, der med o. 2000 tons slagge kan have produceret 400 tons jern i løbet af de 450 år, hvor slaggegrube ovnen var i brug her.

På pladsen i Snorup, figur 8, der dækker et område på 900 x 600 meter, fremgår det af det magnetiske kort suppleret med mindre udgravninger, at der har været 4-5000 slaggegruber, og på pladsen i Yderik, figur 9, der dækker 800 x 600 meter, må der have været mindst 1200 slaggegruber.

Hvis man kan gå ud fra, at de øvrige jyske jernudvindingspladser er af samme størrelsesorden som pladserne ved Varde, kan der have været mere end 100.000 ovne i Jylland med 20.000 tons slagge svarende til 4000 tons jern. Dette mangler vi dog at kunne sandsynliggøre gennem en magnetisk kortlægning af flere af de 140 jyske jernudvindingspladser.

Denne kortlægning skal imidlertid foretages meget snart, idet bevaringsforholdene for slaggegruberne bliver stadig ringere, fordi Danmark er så opdyrket, at 2/3 af landet er under plov. Inden for få år vil det derfor ikke længere være muligt ved en magnetisk kortlægning at belyse størrelsen af den jyske jernproduktion i tiden 150-600.

Siden 1950'erne er landbruget blevet mekaniseret, der er blevet pløjet dybere. Ved at der er foretaget en hyppigere jordbehandling kombineret med vind- og vanderosion, er der sket en udjævning af landskabet, som har fjernet store dele af mange slaggegruber. Resultatet af denne udvikling kan ses af, at mens der i 1960'erne ved udgravningen i Drengsted var 24% velbevarede slaggeblokke, så var der i 1990'erne kun 6% af de udgravede slaggeblokke i Snorup, der var ubeskadigede, og denne udvikling fortsætter.



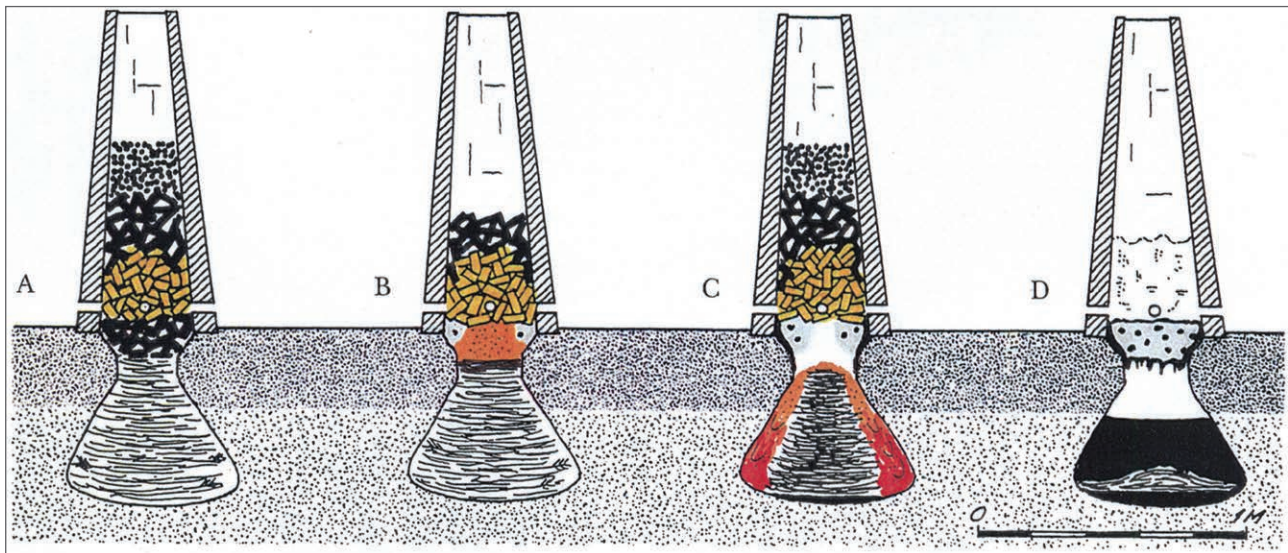
Figur 2: Drengsted. Slaggegrube BV, hvis øverste del er skredet sammen, fordi sand fra grubens sider er løbet ind i den og har delt slaggen op i lag. Ved bunden af gruben kan man se de svage spor af den gravede grube, der er ca. 80 cm i diameter. Billedets bredde er 1 meter. Foto: O.Voss.

Figure 2: Drengsted. Slag-pit BV, of which the upper part has collapsed because sand from the inward-curving sides has run into the pit and split the slag up in layers. At the bottom, the faint traces of the bottom of the pit, which is about 80 cm in diameter, can be seen. The width of the picture is 1 meter. Photo: O.Voss.



Figur 3: Drengsted. Slaggeblok, hvor slaggen er blevet opdelt i lag ved at tørt sand fra grubens sider jævnlige under processen blev aflejret i gruben oven på den allerede størknede slagge. Det aflejrte sand er ved udgravningen blevet delvis fjernet med en svag vandstråle således, at slaggens struktur blev synlig. Målestokkens inddeling er 20 cm. Foto: J. Bruun.

Figure 3: Drengsted. Slag-block where the slag is divided into different layers due to the fact that dry sand from the side of the pit has come down into the pit during the smelting process, on top of already solidified slag. During the excavation, this sand has been partly removed by a fine jet of water to show the structure of the slag. The scale of the units is 20 cm. Photo: J. Bruun.



Figur 4: Rekonstruktion af slaggegrube ovnen med fire stadier af jernudvindingsprocessen:

A. Slaggegruben var det første, der blev gravet. Den blev fyldt med halm, og derefter blev ovnskakten bygget op af halvt tørrede lersten. Den færdige ovn blev fyldt med trækul, der blev antændt gennem lufthullerne forned. Når ovnen var blevet tilstækkelig varm, blev den fyldt med skiftende lag af ristet myremalm og trækul. Det brændende trækul udviklede kuliltegas (CO), der fjernede en del af ilten fra myremalmen, hvorved der blev dannet partikler af metallisk jern i en struktur, der kan sammenlignes med en svamp, hvor mellemrummene er fyldt af slagge.

B. Når disse porøse stykker jern kom ned i det 12–1300° varme område lige over lufthullerne, smeltede slaggen helt og løb ned i bunden af ovnen. Den første slagge størknede straks oven på den kolde halmfyldning – vist med den vandrette sorte streg oven på halmfyldningen – og spærrede dermed for den slagge, der fortsat blev produceret i ovnen.

C. Men efter at mere flydende slagge kom til, smeltede bunden på denne slaggebeholder atter, og hele den opsamlede slagge løb ned på bunden af slaggegruben, hvor den størknede i en centimetertyk plade.

D. Samtidig hermed blev gruben opvarmet så meget, at den efterfølgende slagge undgik at størkne øverst i gruben. Jernsvampen, luppen, opbyggedes efterhånden neden for lufthullerne.

Hele processen har strakt sig over mere end 2 døgn, hvor der skiftevis blev fyldt trækul og malm i ovnen. Til fremstilling af ca. 60 kg luppejern blev der brugt o. 300 kg trækul og o. 300 kg ristet myremalm.

For at smede medens jernet var varmt, er der straks ved afslutningen af processen slået hul i siden af ovnen, så jernet kunne trækkes ud i glødende tilstand for at blive bearbejdet af smeden.

Det 30 cm tykke pløjelag er vist med en tættere signatur, og det kan ses, at i et dyrket område er det kun selve slaggeblokken, der har mulighed for at forblive uforstyrret.

Figure 4: Reconstruction of the slag-pit furnace showing four stages of the iron smelting process:

A. The slag-pit was the first part of the furnace to be dug. It was filled with straw and then the shaft was built from half-dried clay bricks. Then the furnace was filled with charcoal and ignited and, when it was hot enough, about half of the volume of the shaft was filled with a charcoal to bog iron-ore ratio of 1:1 by weight. The burning charcoal produced carbon-monoxide (CO) which removed some of the oxide from the ore, thereby producing particles of metallic iron with a spongy structure where the pores were filled with slag.

B. When this iron sponge came into the 1200 zone above the air inlets, the slag melted and ran to the bottom of the furnace, where it solidified on top of the cold filling of straw. The solidified slag is shown by the horizontal black line at the top of the straw. This solidified slag prevented the in-coming slag from entering the pit. Instead, it had time to penetrate into the sides above the solidified slag.

C. After more hot fluid slag came down from the shaft, the solidified slag on top of the straw re-melted, causing all of the retained slag to run down to the bottom of the slag-pit, where it then solidified.

D. Because of this molten slag, the whole pit was heated sufficiently so that the incoming slag did not solidify in the upper part of the pit. The produced sponge of iron became stuck below the air inlets.

The whole process took longer than 48 hours, during which the furnace was charged with about 300 kg of charcoal and 300 kg of roasted iron ore. This could have resulted in output of an iron sponge of about 60 kg.

In order to forge the iron while it was still hot, a hole was probably made in the shaft which allowed the bloom to be removed and forged on the spot.

The 30 cm thick top soil is shown with a denser signature. It is clear that in a cultivated area it is only the slag block which might still be preserved.

OVNTYPENS INDFØRELSE OG BETYDNING

Slaggegrube ovnen er fundet på o. 140 fundpladser i Jylland og alle syd for en linje mellem Lemvig og Randers, et område på 18.000 km².

Det er denne del af Jylland, som Ringtved (1988) udskilte som en selvstændig kulturgruppe, Sydgruppen, ud fra bl.a. gravskik, husenes udformning og lerkarrenes form og dekoration.

Jernsmelterne med slaggegrube ovnen kan være indvandret fra Nordtyskland engang sidst i ældre romersk jernalder, figur 10. De har udgjort en økonomisk betydningsfuld del af befolkningen i den sydlige del af Jylland. Når denne teknologi ikke nåede videre til Nordjylland og Øerne, kan forklaringen være, at herskerne i denne del af Jylland ikke ønskede, at andre skulle få kendskab til denne nye jernudvindingsovn.

Noget tyder på, at herskerne her også havde magt til at holde andre ude fra deres territorium, og at dette har ført til kampe i Østjylland mod indtrængende hære. Samtidig med at der foregik en omfattende jernproduktion i Vest- og Midtjylland, var der således gentagne våbenofre i en række østjyske moser som Hedelisker, Illerup, Porskær, Dallerup Sø, Vingsted, Tranebær, Ejsbøl, Nydam og Thorsbjerg. Inden for den samme periode blev der også udført store forsvarsværker som søspærringerne i Haderslev Fjord og i Gudsø Vig ved Kolding, der suppleret med langvolde og ringvolde i de samme områder har udgjort et forsvarssystem mod indtrængende fjender (Jørgensen 2003). Våbenfundene i moserne viser, at nogle af invasionsstyrkerne må være blevet nedkæmpet i nærheden af de moser, hvor deres våben er blevet ofret.

Oliver Grimm spørger i artiklen «Angrep nordmenn Jylland ret etter 200 e.Kr.? Hvad kæmpede man om?» (Grimm 2008).

Det er vores teori, at det var den store jyske jernproduktion, der fik fremmede hærstyrker til gentagne gange at forsøge at invadere Jylland. Dette skete i en periode, hvor vi ikke har sikre spor efter jernudvinding hverken på Fyn eller på Sjælland, og hvor der kun er kendskab til en begrænset jernproduktion i Norge og Sverige. Heller ikke analyser af slaggeindeslutninger af jerngenstande tyder på, at der har været en jernproduktion på Fyn og Sjælland.

Gennem Jørgen Ilkjærs analyser (Ilkjær 2003) af det personlige udstyr, der er ofret sammen med våbnene i Illerup og Ejsbøl Mose, er det vist, at de invaderende hærstyrker kan være kommet dels fra det sydlige Norge og dels fra Sverige.

Det er næppe alle invasionsforsøg, det er lykkedes at slå tilbage. Derfor kan der flere gange



Figure 5: Snorup. Slaggeblok på 290 kg. Den er bredest for-neden og har helt udfyldt den gravede grube. Målestok 40 cm. Foto: O. Voss.

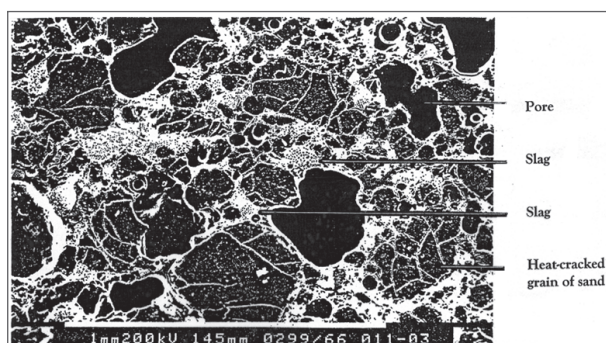
Figure 5: Snorup. Slag-block weighing 290 kg. Its width is biggest at the bottom. It has filled out the entire pit. Scale 40 cm. Photo: O. Voss.

været blevet røvet både jern og bortført smeltere fra jernudvindingspladserne, der alle var uden noget forsvarsværk. De var dermed helt afhængige af den beskyttelse, som lokale høvdinge eller en kongemagt kunne give.

Man må derfor antage, at landsbyerne med jernudvinding har været underlagt en eller flere høvdinge eller en konge, der med en stående hær kunne beskytte dem mod overfald samtidig med, at de har kontrolleret produktionen og også stået for administrationen af handelen med jernet.

Den jernudvinding, som har efterladt de forekomster af store slaggeblokke og slaggegruber, der er fundet i det østlige Norge (Larsen og Rundberget 2009), kan måske være indført af indvandrede eller tvangsflyttede smeltere fra Jylland. Det er fundene af slaggegruber/blokke som Eg i Vest-Agder, i Rogaland, Fet i Sysendalen, i Hordaland, i Oppland (Snertingdal og Dokkfløy). De norske fund af store slaggeblokke er ¹⁴C dateret til romersk jernalder og folkevandringstid (Larsen 2007), men nye ¹⁴C dateringer i forbindelse med de seneste undersøgelser i Snertingdalen har overraskende placeret flere anlæg i førromersk jernalder. Kommende udgravninger på pladser med store slaggeblokke vil forhåbentlig kunne bringe en afgørelse vedrørende de store slaggeblokkes datering i Norge.

Forekomsten af store slaggeblokke i Närke i Sverige fra folkvandringstid-vendeltid (Hansson 1989: 88), og måske også i Ryd, Västergötland (Särilvik 1976), kan ligeledes være produceret af



Figur 6: Drenghsted. Mikrofoto af tværsnit af den lodrette jordvæg i det cylindriske rum oven over halmfyldningen. Strukturen består af ildskørnede sandkorn, der er kittet sammen af flydende, varme slagge. Den hvide bjælke oven over teksten i billedets underkant er 1 millimeter lang. Foto: A. Jouttijärvi.

Figure 6: Drenghsted. Microphoto of the section of the vertical wall of earth in the cylindrical space above the straw filling of the pit. Grains of sand have been heat-cracked by the hot slag penetrating the earthen wall. The white bar above the text at the bottom of the picture is 1 millimeter long. Photo: A. Jouttijärvi.

indvandrede smeltere fra Tyskland eller Jylland.

De fremmede smeltere, der har begyndt en jernproduktion i Norge eller i Sverige, har måttet tilpasse deres slaggegrube ovn til de forhold og de muligheder, der var på det sted, hvor de nu arbejdede (Larsen 2003; 2007, Larsen og Rundberget 2009).

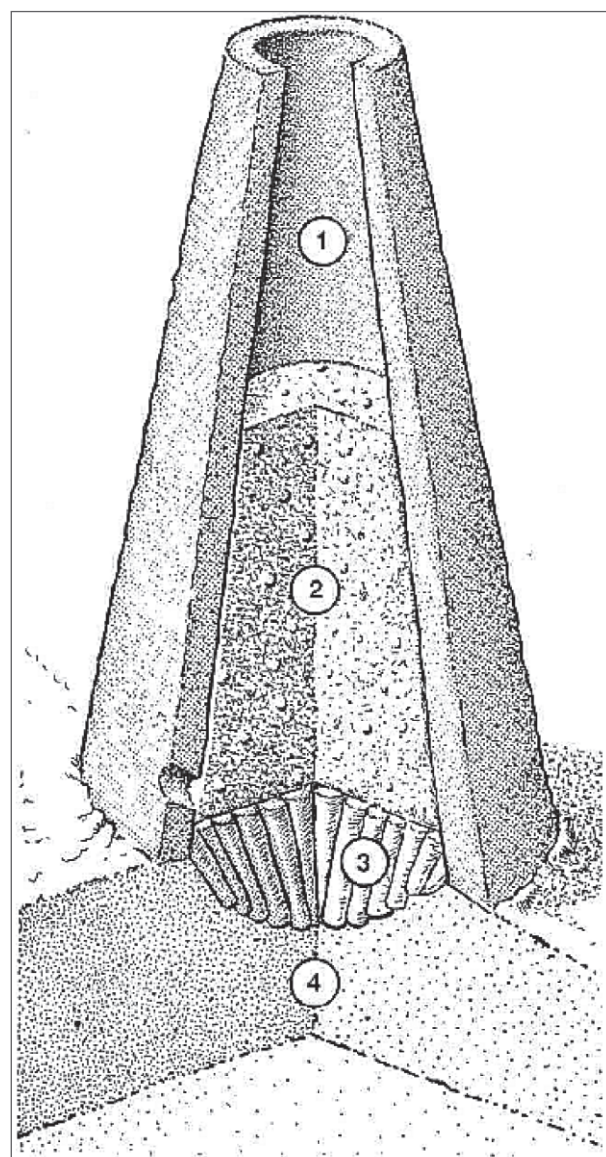
UDVINDINGSOVNENS DRIFT

På grundlag af de iagttagelser, der er gjort ved udgravningen af næsten 2000 slaggegruber, er ovnen og forløbet af jernudvindingsprocessen blevet rekonstrueret som vist på figur 4.

Man begyndte med at grave den kolbeformede grube, der blev fyldt med stråene fra en næsten moden kornmark med byg og/eller rug. Forkullet halm eller aftryk af halm er fundet i så mange tilfælde, at man må regne med, at jernudvindingen almindeligvis er foregået sidst på sommeren (Mikkelsen 2003, Henriksen 2003).

Formålet med halmfyldningen i gruben var at holde ladningen af trækul og myremalm oppe i skakten, hvor reduktionen og afsmeltningen af slaggen fandt sted. Slaggen indeholder som regel 60-65% FeO og 25% SiO₂, og den er ved 1200-1300° flydende som vand. Det metalliske jern blev dannet direkte i fast form i en jernsvamp, en luppe, neden for lufthullerne.

Når den første flydende slagge nåede ned til toppen af halmfyldningen, brændte den lidt af halmen, men størknede straks på den kolde overflade. Derved



Figur 7: Schliengen-Liel. Gassmanns rekonstruktion af ovnen før brændingen. 1. Skakten, 2. Blanding af malm og trækul, 3. Slaggegruben fyldt med træstykker, 4. Undergrund af ler. (Efter Gassmann 2005).

Figure 7: Schliengen-Liel. Gassmann's reconstruction of the furnace before the smelt. 1. The shaft, 2. A mixture of ore and charcoal, 3. The slag-pit filled with wood, 4. Subsoil of clay. (after Gassmann 2005).

blev den snævre forbindelse mellem ovnskakten og slaggegruben lukket med et lag af størknet slagge. Derfor blev den efterfølgende flydende slagge for en tid holdt tilbage i rummet oven over.

Senere, når der var kommet mere varm slagge ned i dette cylindriske rum, blev slaggens temperatur her så høj, at bunden i denne «beholder» igen smeltede, hvorefter hele den opsamlede slagge, dvs. flere liter, løb ned på bunden af gruben på en gang. Her dannede slaggen en slaggeplade eller



Figur 8: Snorup. De magnetisk kortlagte områder af jernudvindingspladsen er lagt ind på et luftfoto. Pladsen er 900 m fra vest til øst og 600 m fra syd til nord og består af 4–5.000 slaggegrube ovne. De to hvide felter viser totalt udgravede klynger med slaggegruber. Kortlagt af T. Smekalova.

Figure 8: Snorup. The magnetically surveyed areas of the iron smelting site shown on an aerial photo. The site is 900 meters from west to east and 600 meters from south to north. It consists of 4–5,000 slag-pits. The two white areas show excavated clusters of slag-pits. Surveyed by T. Smekalova.

bundslagge. Samtidig blev hele gruben opvarmet så meget, at den følgende slagge kunne løbe helt ned på bunden af gruben uden at størkne på vejen.

Slaggeblokkens vandrette overflade, figur 5, viser, at slaggen har været flydende som vand, da den kom ned i gruben. Dette betyder, at den jernsvamp, der var dannet nederst i ovnen, kun kan have indeholdt en mindre mængde slagge i porerne.

Vi mener, at det må være dette procesforløb, som jernsmelterne med deres erfaring har ønsket at opnå.

Ved gennemskæringen af en slaggeblok fra Grimstrup, udgravet 1928, har det da også vist sig, at den er næsten uden metallisk jern.

Halmfyldningen i gruben brændte, så længe der var tilstrækkelig ilt, oxygen, og resten blev forkullet. Det er dette materiale, der er brugt til ¹⁴C dateringerne, og derfor er slaggegrubens alder den samme som halmens.

Mens den varme slagge stod i det cylindriske rum oven over halmfyldningen, trængte den ind i den omgivende jord, og der blev dannet en op til 2 cm tyk, solid væg, som det ses på tværsnittet, figur 6,

hvor de ildskørnede sandskorn er omgivet af størket slagge. I enkelte tilfælde varede afkølingen op til jordvæggen så længe, at der her blev dannet større slaggekrystaller.

UDVINDING EFTER DRENGSTED/ SCHARMBECK OVNE

Ophøret af jernudvindingen i slaggegrube ovnen skete i løbet af en kort periode o. 600. e. Kr. En årsag er sandsynligvis, at den jyske egeskov, der leverede træ til ovnene, var blevet udpint. Der kunne derfor ikke længere skaffes tilstrækkelig med træ til at fremstille det trækul, der skulle til for at gennemføre den årlige jernudvinding.

Vi ved ikke, hvor Danmark fik sit jern fra efter 600 e. Kr., men proveniensbestemmelser af slaggeindeslutninger i jerngenstande fra tiden efter 600 e. Kr. vil sandsynligvis kunne give svar på dette spørgsmål. De analyser, der er foretaget af genstande fra vikingetid tyder på, at der stadig er mindre hjemlig produktion af jern.

Her i landet er der i gamle skove og i enge kun



Figur 9: Yderik, 2,5 km syd for Snorup. De magnetisk kortlagte områder af jernudvindingspladsen er lagt ind på et luftfoto. Pladsen dækker 800 meter fra syd til nord. En enkelt klynge slaggegruber i felt B er vist med sort. Felt F er delvis forstyrret af en nedgravet naturgasledning, og i den brede østlige del af feltet er magnetfeltet forstyrret af bygninger af mursten. Ud fra den magnetiske kortlægning anslås antallet af slaggegruber at være o. 1200, men da der ikke har kunnet måles mellem felt A og E, hvor der ligger tre gårde, har antallet sikkert været større. Kortlagt af T. Smekalova.

Figure 9: Yderik, 2.5 km south of Snorup. Magnetically surveyed areas of the iron smelting site shown on an aerial photo. The site is 800 meters from south to north. One cluster of slag-pits in area B is shown in black. Area F has been partly destroyed by a natural gas pipeline. The eastern part of the white area shows where the magnetic field has been disturbed by neighboring brick buildings. From the magnetic survey, it is estimated that the number of slag-pits is about 1,200, but because it was not possible to survey between areas A and E where three farms are situated, the number of slag-pits might have been more numerous. Surveyed by T. Smekalova.

bevaret nogle få slaggedynger, der alle er dateret til middelalder. Der kan have være mange flere, men de er for længst blevet fjernet, fordi de lå i vejen for dyrkningen.

OVNSTYPOLOGI

Allerede Coghlan 1956 foretog en opdeling af jernudvindingsovne i:

1. Grubeovne, 2. Skaktovne og 3. Kuppelovne. Denne opdeling blev i 1970'erne anvendt af Inga Serning (1976; 1978) og af Irmelin Martens (Martens 1978). I 1986 gav Gert Magnusson (Magnusson 1986) sin egen version af Sernings og Martens typologi. Alle tre er de påvirket af Mats Malmers typebegreb (Malmer 1963), som Magnusson dog har en vis reservation overfor (Magnusson 1986: 243).

I 2002 beskrev Lars-Erik Englund en lang række ovne til jernudvinde fra Europa og Afrika. De blev også opdelt i grubeovne, skaktovne og kuppelovne som hos Coghlan 1956, men inden for hver af disse grupper gjorde Englund rede for, hvordan luften blev tilført, hvordan skakten var opbygget samt den måde, hvorpå man har skilt sig af med slaggen. Englund (2002: 227) omtaler forskellige former for opsamlingen af slagge, hvoraf følgende tre er fundet på nordisk område:

Ovnen, hvor slaggen drænes ned i en grube, der

er åben forneden, så slaggen kan fjernes ud til en arbejdsgrube.

Slaggegrube ovnen, hvor slaggen drænes ned i en lukket grube under ovnskakten.

Ovnen, hvor slaggen tappes ud på jordoverfladen fra et hul på siden af ovnen.

Denne opdeling af ovnene er foretaget på grundlag af de iagttagelser, som det er muligt at gøre ved en udgravning, og den er derfor mere operationel.

Det er i ovnskakten, reduktionsprocessen foregår. Skakten stod på jordoverfladen, og den kendes derfor kun fra fragmenter, der ikke ligger *in situ*. Den bedst bevarede skakt er fra Scharmbeck ved Hamborg (Wegewitz 1957). I Danmark er der fundet mindre, men betydningsfulde fragmenter af skakten på flere pladser (Voss 1993).

I skakten foregår reduktionen af malmen ved den kulilte, der fremkommer ved afbrændingen af trækul i en reducerende atmosfære. Ved en temperatur på 12-1300° smelter slaggen og frigøres fra det dannede netværk af metallisk jern, hvis smeltepunkt er højere end slaggens. Jernsvampen bliver fastholdt ved bunden af skakten, mens tyngdekraften fører den flydende slagge bort. Den process, der finder sted i ovnen, må stort set have været den samme for alle ovntyper, mens disse er forskellige i den måde, slaggen blev drænet bort fra den dannede jernsvamp (luppen).

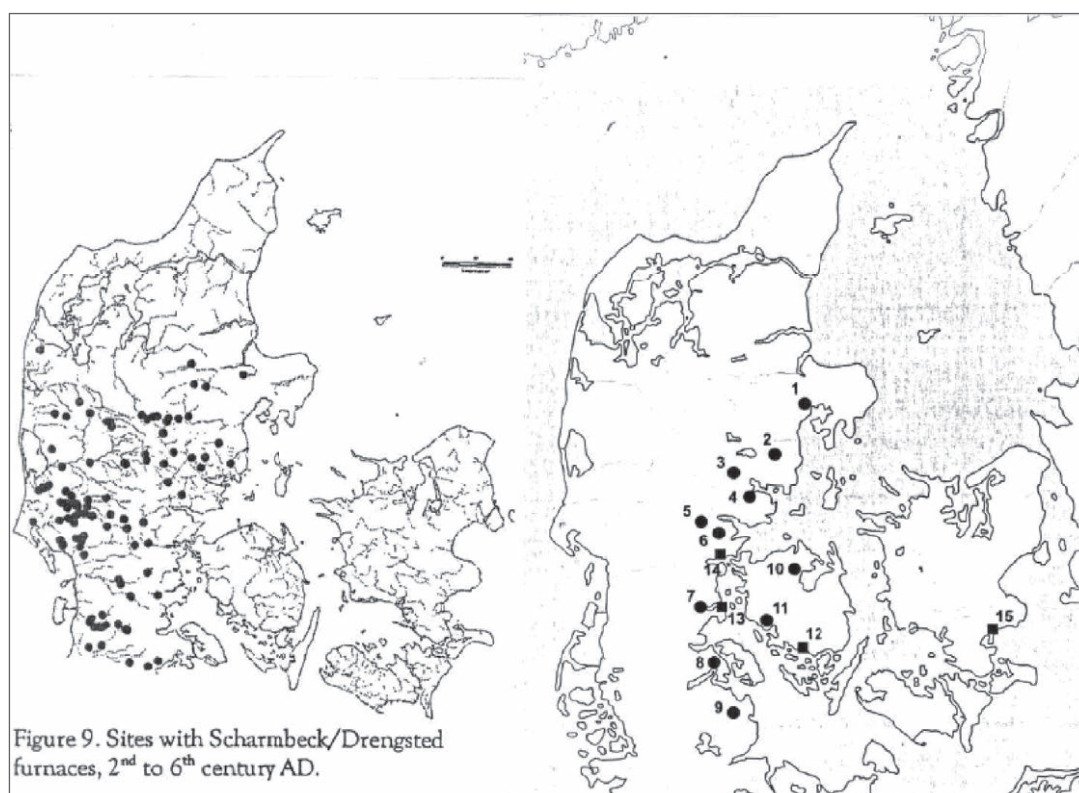


Figure 9. Sites with Scharmbeck/Drengsted furnaces, 2nd to 6th century AD.

Figure 10: Kortet til venstre viser forekomsten af slaggegrube ovne i Jylland, mens kortet til højre viser placeringen af våbenofferfundene: 1. Hedelisker, 2. Illerup, 3. Porskær, 4. Dallerup Sø, 5. Vingsted, 6. Tranbær, 7. Ejsbøl, 8. Nydam, 9. Thorsbjerg, 10. Vimose, 11. Kragehul, og af søspærringerne: 12. Nakkebølle Fjord, 13. Haderslev Fjord, 14. Gudsø Vig, 15. Jungshoved Nor. (efter Ilkjær 2003, fig. 17; Nørgaard Jørgensen 2003, fig. 4).

Figure 10: The map to the left shows the distribution of slag-pit furnaces in Denmark. The map to the right shows the bogs with weapon sacrifices: 1. Hedelisker, 2. Illerup, 3. Porskær, 4. Dallerup Sø, 5. Vingsted, 6. Tranebær, 7. Ejsbøl, 8. Nydam, 9. Thorsbjerg, 10. Vimose, 11. Kragehul, and the Sea blockades: 12. Nakkebølle Fjord, 13. Haderslev Fjord, 14. Gudsø Bay, 15. Jungshoved. (after Ilkjær 2003, fig. 17 and Nørgaard Jørgensen 2003, fig. 4).

I Danmark kender vi følgende tre ovntyper:

Den ældste, der kan dateres til tiden 3. årh. f.Kr. til 2. årh. e.Kr. er *Skovmark/Sønder Holsted ovnen* (Jouttijärvi og Voss 2010), hvor den flydende slagge drænes ned i et o. 40 cm dybt afløb, der forneden er åben ud til en arbejdsgrube. Herfra blev den størknede slagge taget op og efterladt i en dyngge tæt ved ovnen. I forbindelse med den senere dyrkning af området er disse slaggedyngger blevet fjernet uden at efterlade nogen spor. Det er den samme ovntype, der er udgravet i Trøndelag (Stenvik 2003) og i Eket i Kalmar Län (Rubenson 2000). Det er en ovn, der kan anvendes flere gange, og den producerede slagge er efterladt ved siden af eller neden for ovnen som i Trøndelag. Denne ovn har kunnet bruges til flere brændinger i modsætning til *Drengsted/Scharmbeck ovnen*, der er dateret til tiden 150-600 f.Kr. Her drænes hele slaggen ned i en lukket grube, der i gennemsnit har rummet o. 200 kg. I de tilfælde, hvor slaggen endnu er bevaret *in situ*, vil

det være muligt at beregne, hvor meget jern der blev produceret på den enkelte plads.

Slaggegrube ovnen er fundet i hele området fra Ukraine til Holland og fra Tyskland til Jylland. Engang i 1000-årene eller senere kommer *ovnen*, hvor slaggen drænes ud af siden ved bunden af skakten ud til en lav grube på jordoverfladen. Her størkner slaggen hurtigt, og også her er slaggen efterladt på jordoverfladen i en dyngge, der sammen med ovnskakten er blevet fjernet af eftertidens dyrkning. Derfor er der i Danmark fundet meget få af disse slaggedyngger, der nu kun er tilbage i gamle skove og udyrkede enge (Nielsen 1924).

HVORDAN OPNÅR VI EN FÆLLES NORDISK TERMINOLOGI OG TYPOLOGI FOR OVNE TIL DIREKTE JERNUDVINDING?

Som objekt eksisterer jernudvindingsovnen kun under udgravningen, ganske som det også er til-

fældet med bl.a. hustomter og gravanlæg. Dette stiller særlige krav til dokumentationen, for efter udgravningens afslutning eksisterer ovnen kun i form af fotografier, slaggeprøver samt tegninger og en beskrivelse. Udformning af denne dokumentation er helt afhængig af udgraverens erfaring og dennes viden om jernudvindingens teknologi, og af om udgravningen og beskrivelsen er udført sammen med en metallurg.

Ved beskrivelsen af de gjorte observationer mangler man en fælles terminologi, og dette gør det vanskeligt at formidle iagttagelserne til andre arkæologer. Ved tegninger af rekonstruktioner savnes der som oftest en særlig angivelse af den del af ovnen, der har kunnet dokumenteres ved udgravningen af anlægget.

En vej til en forbedret beskrivelse af udgravningsresultaterne og til mere informative rekonstruktioner af jernudvindingsanlæg kunne være, at gennemføre fælles nordiske udgravninger med deltagelse af både arkæologer og metallurger. Herigennem ville man kunne nå frem til at udforme en fælles terminologi og fælles standarder for dokumentationen af ovne til jernudvinding, og dermed også til udformningen af mere forståelige typebeskrivelser. Selv om et tættere samarbejde om udgravninger først på længere sigt vil kunne føre til en mere ensartet sprogbrug, vil det allerede på kort sigt kunne give en værdifuld forståelse for forskelle i arbejdsmetoder, tankegange og fortolkninger. På den måde vil det blive væsentligt lettere for den enkelte arkæolog at «oversætte» udgravninger i de øvrige nordiske lande til sin egen begrebsverden.

Man kunne begynde med at invitere interesse-rede til at deltage i igangværende udgravninger på jernudvindingspladser, selv om det betyder, at dette kommer til at ske uden en planlægning. Det vil derfor være vanskeligt for arkæologer fra andre museer og andre lande at kunne udnytte muligheden for at deltage, men det vil måske være den mest realistiske måde at begynde et samarbejde på.

Når alle har e-mail adresser, kan man let informere om, hvad der udgraves, og om hvilken tidsramme der er for udgravningen. Hertil kommer praktiske oplysninger om udgravningslederens mobil nr., overnatningsmuligheder og kørselsvejledning. Rejse- og opholdsudgifter må i de fleste tilfælde dækkes af de besøgende arkæologer.

SUMMARY

Iron was first introduced to the regions as an import and forged by the local smith. Later, foreign smelters came in to sell their iron and, at the same time, to look for possibilities with the local smith of starting iron production in slag-pit furnaces.

The slag-pit furnace in Denmark has been dated to within the period 150–600 AD. It has only been found in Jutland, south of Lemvig-Randers, where by now about 140 sites with these furnaces have been located.

In Denmark, more than 2,000 slag-pits have now been excavated at different sites: about 1,000 are at the Snorup site, 10 km north of Varde, and 240 at the Drengsted site, 17 km north of Tønder.

From these excavations it has been possible to produce a reconstruction of the furnace and gain information on the smelting process, figure 4.

Magnetic surveys have been carried out at eight iron smelting sites within a 100 km² area around Snorup. They showed that there were almost 10,000 slag pits in that area alone.

The sacrifices of weapons in the bogs in East Jutland might have belonged to Scandinavian invaders who had tried to gain possession of the iron produced in Jutland. The iron smelting here was controlled by a military leadership that also protected the iron smelting villages.

The slag blocks found in Norway and Sweden could have come from slag-pit furnaces introduced by smelters coming from Jutland.

To achieve a common Nordic terminology and typology for iron smelting furnaces, it is necessary to achieve closer collaboration between the Scandinavian metallurgists and archaeologists in the documentation process of the excavations in the field.

LITTERATUR

- Coghlan, H. H. 1956. «Notes on Prehistoric and Early Iron in the Old World». *Occasional Papers on Technology*, 8. Oxford: Oxford University Press.
- Englund, L.-E. 2002. *Blästbruk*. Jernkontrets Bergshistoriska Skriftserie nr. 40. Stockholm: Jernkontoret.
- Gassmann, G. *et al.* 2005. «Forschungen zur keltischen Eisenverhüttung in Südwestdeutschland». *Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg*, Band 92, 2005.
- Grimm, O. 2008. «Angrep nordmenn Jylland rett etter 200 e.Kr.» *Viking* 2008: 71-102.
- Hansson, P. 1989. *Sambälle och järn i Sverige under järn-åldern och äldre medeltiden*. Societas Archaeologica Upsaliensis 1989. Uppsala.

- Henriksen, P. S. 2003. «Rye cultivation in the Danish Iron Age – some new evidence from iron-smelting furnaces». *Veget. Hist. Archaeobot.* 2003/12: 177-185.
- Hertz, E., A. Jouttijärvi og O. Voss 2010. «Jernudvindingsovnen fra Sønder Holsted». *Sønderskov bogen 2010*.
- Hjærtner-Holder, E. 1993. *Järnets och järnmetallurgins introduktion i Sverige*. Societas Archaeologica Upsaliensis. Uppsala.
- Ilkjær, J. 2003. «Danske krigsbytteofringer». I Jørgensen, L. et al. (red.). *Sejrens Triumf*: 44-64. København: Nationalmuseet.
- Jørgensen, A. N. 2003. «Befæstning og kontrol af færdsel til lands og til vands i førromersk og romersk jernalder». I Jørgensen, L. et al. (red.). *Sejrens Triumf*: 194-209. København: Nationalmuseet.
- Jørgensen, A. N. 2009. «Jernalderen i Nordeuropa, Porskjær Mosefund». *Jysk Arkæologisk Selskab*. Aarhus.
- Larsen, J. H. 2003. «Lokalt initiativ og jernvinneforskning i Snertingdal, Gjøvik kommune i Oppland». *Viking* 2003: 79-104.
- Larsen, J. H. 2004. «Jernvinna på Østlandet i yngre jernalder og middelalder – noen kronologiske problemer». *Viking* 2004: 139-170.
- Larsen, J. H. og B. Rundberget 2009. «Raw Materials, Iron Extraction and Settlement in South-East Norway 200 BC-AD 1150». 58. *Sachsensymposium in Trondheim 1st-5th September 2007*. Vitark 7: 38-50. Trondheim: Vitenskapsmuseet.
- Magnusson, G. 1986. *Lågteknisk järnhantering i Jämtlands län*. Jernkontorets Bergshistoriska Skriftserie Nr 22. Stockholm: Jernkontoret.
- Malmer, M. P. 1963. «Metodproblem inom järnålderens konsthistoria». *Acta Archaeologica Lundensia, Series in 8, nr. 3*. Lund: Gleerup.
- Martens, I. 1978. «Some reflections on the Classification of Prehistoric and Medieval Iron-smelting Furnaces». *Norwegian Archaeological Review*. Vol. 11: 27-36.
- Mikkelsen, P. H. 2003. «Det arkæobotaniske indhold i jernudvindingsovne». I Mikkelsen, P. H. og L.C. Nørbach 2003. *Drengsted. Bebyggelse, jernproduktion og agerbrug i yngre romersk og ældre germansk jernalder*. Højbjerg: Moesgård museum.
- Nakkerud, T. B. og E. Schaller 1979. «Slaggroper på Eg, Kristiansand, Vest-Agder». *Jern og jernvinne som kulturhistorisk faktor i jernalder og middelalder i Norge*. AmS-Varia 4: 8-18. Stavanger: Arkeologisk museum i Stavanger.
- Näsman, U. 2006. «Danerne og det danske riges opkomst». *Kuml* 2006: 205-241.
- Nielsen, N. 1924. *Studier over Jernproduktionen i Jylland*. København: Arnold Buscks boghandel.
- Pleiner, R. 1980. «Early iron metallurgy in Europe». I Wertime, T. A. og J. D. Muhly (red.). *The Coming of the Age of Iron*: 375-415. New Haven: Yale University Press
- Pleiner, R. 2000. *Iron in Archaeology. The European Bloomery Smelters*. Praha: Archeologický ústav av čr.
- Rasmussen, K. L., U. Rahbek og O. Voss 2006. «Radiocarbon dating of the iron production in slag-pit furnaces in Jutland». *Journal of Danish Archaeology*, Vol.14: 127-138.
- Ringtved, J. 1988. «Jyske gravfund fra yngre romertid og ældre germanertid». *Kuml* 1986: 95-231.
- Rubensson, L. 2000. *Mörejärnet*. Meddelande från Kalmar läns hembygdsförbund och Stiftelsen Kalmar läns museum, Årgang 84. Kalmar.
- Serning, I. 1976. «Tidig järnframställning Skandinavien». *När järnet kom*. Göteborg: Göteborgs Arkeologiska Museum.
- Serning, I. 1978. «Comments on I. Martens: Some reflections on the Classification on Prehistoric and Medieval Iron-smelting Furnaces». *Norwegian Archaeological Review*. Vol 11/1.
- Stenvik, L. F. 2003. «Iron Production in Scandinavian Archaeology». *Norwegian Archaeological Review*, Vol. 36/2: 119-134.
- Särlvik, I. 1976. «Järnframställning i Ryd». *Västergötlands fornminnes förenings tidskrift 1975-76*. Skara.
- Voss, O. 1962. «Jernudvinning i Danmark i forhistorisk tid». *Kuml* 1962: 7-32.
- Voss, O. 1993. «Snorup. Et jernudvindingsområde i Sydvestjylland». *Nationalmuseets Arbejdsmark* 1993: 97-111.
- Wegewitz, W. 1957. «Ein Rennfeuerofen aus einer Siedlung der älteren Römerzeit in Scharmbeck». *Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte*, Nr. 26. Hildesheim.