



Figur 1. Fund fra Svenstrup (tidlige del af mellemste bronzealder) indeholder et stort udvalg af bronzesmykker, der er karakteristiske for den danske bronzealder.

Danmarks bronzealder:

På sporet af metallets lange rejse - minedrift

Selvom Skandinavien ikke udnyttede egne ressourcer af kobber og tin, er Danmarks bronzealder kendt for sine bemærkelsesværdige våben og smykker af bronze. Her kan du læse om udvinding af kobber i den tidlige bronzealder. I den næste artikel, der bringes i næste udgave, kan du læse om, hvordan man vha. bly- og tin- isotoper kan kortlægge metallernes oprindelse og deres lange rejse til Danmark.

Af Heide Wrobel Nørgaard, postdoc., ph.d.,
Aarhus Universitet, Institut for Kultur og
Samfund, Forhistorisk Arkæologi

I dag er det kun muligt at forstå samfundets organisation i den tidlige bronzealder, omkring år 2000 f.Kr., ved at undersøge det efterladte materiale. Ved udgravninger finder arkæologerne bopladser og hverdagsgenstande, som fortæller om bronzealdermenneskets nærområde.

■ Projekt skal kortlægge bronzealderens handelsveje ud fra metallerne

Ved overgangen fra sten- til bronzealderen blev metal et vigtigt råmateriale i Skandinavien. Undersøgelser af bronzegenstande fra den første halvdel af Danmarks bronzealder [1] skal nu vise, hvordan handlen med metaller blev etableret, og hvilken indflydelse det havde på samfundet. Ved at undersøge materiale af genstande fra den danske bronzealder vil et nyt projekt gennem bly-isotop og sporstofanalyser, kortlægge og undersøge bronzealderens handelsveje og kontaktnetværk ud fra metallernes kemiske sammensætning og deres isotop-sammensætning. I projektet bruges primært prøver, som blev indsamlet i 1970'erne (SAM) [2], hvorfor undersøgelsen ikke skader bronzealderens værdifulde materielle kultur. Et studie af denne størrelse er unikt for det nordiske område, og det vil give et vigtigt bidrag til fremtidens bronzealderforskning.

Projektet er støttet af Det Frie Forskningsråds Sapere Aude program.



Figur 1b. Gallemosesundet bestod af økser, ringsmykker og vogndele, som undersøges i projektet.

På samme måde kan vi fra undersøgelser af gravpladser og de mægtige gravhøje lære om datidens menneske. Gravfundene skulle dengang understrege den afdødes identitet overfor omverdenen. Det er derfor sandsynligt, at især våben og smykker, figur 1, har haft en hierarkisk og social betydning i bronzealderens samfund.

Derudover giver offergenstandene, nedlagt i moser og jorden, indblik i bronzealderens rituelle verden.

En stor del af bronzealderens materielle kultur består af metalgenstande, som udgør en enestående kilde for arkæologerne til at forklare bronzealderens sociale og rituelle verden. Især den tidligste bronzealder, hvor metallet pludseligt blev et meget efterspurgt materiale, giver viden om genstandenes oprindelse og muligvis svaret på den sociale forandring, der fandt sted i overgangen fra sten- til bronzealder. Det er nemlig stadig ikke fuldstændig klart for forskerne, hvornår eller hvorfor det regionalfokuserede kontakt- og handelsnetværk i Danmark blev til



Figur 1a. Bælteplade fra Frankerup (Sorø) mosefundet. Bæltepladen er et karakteristisk smykke i ældre og middel bronzealder. Foto: Heide Wrobel Nørgaard.





5 grunde til at kigge efter VPO-mærket, når du vælger varmepumpeinstallatør:

Nr.5

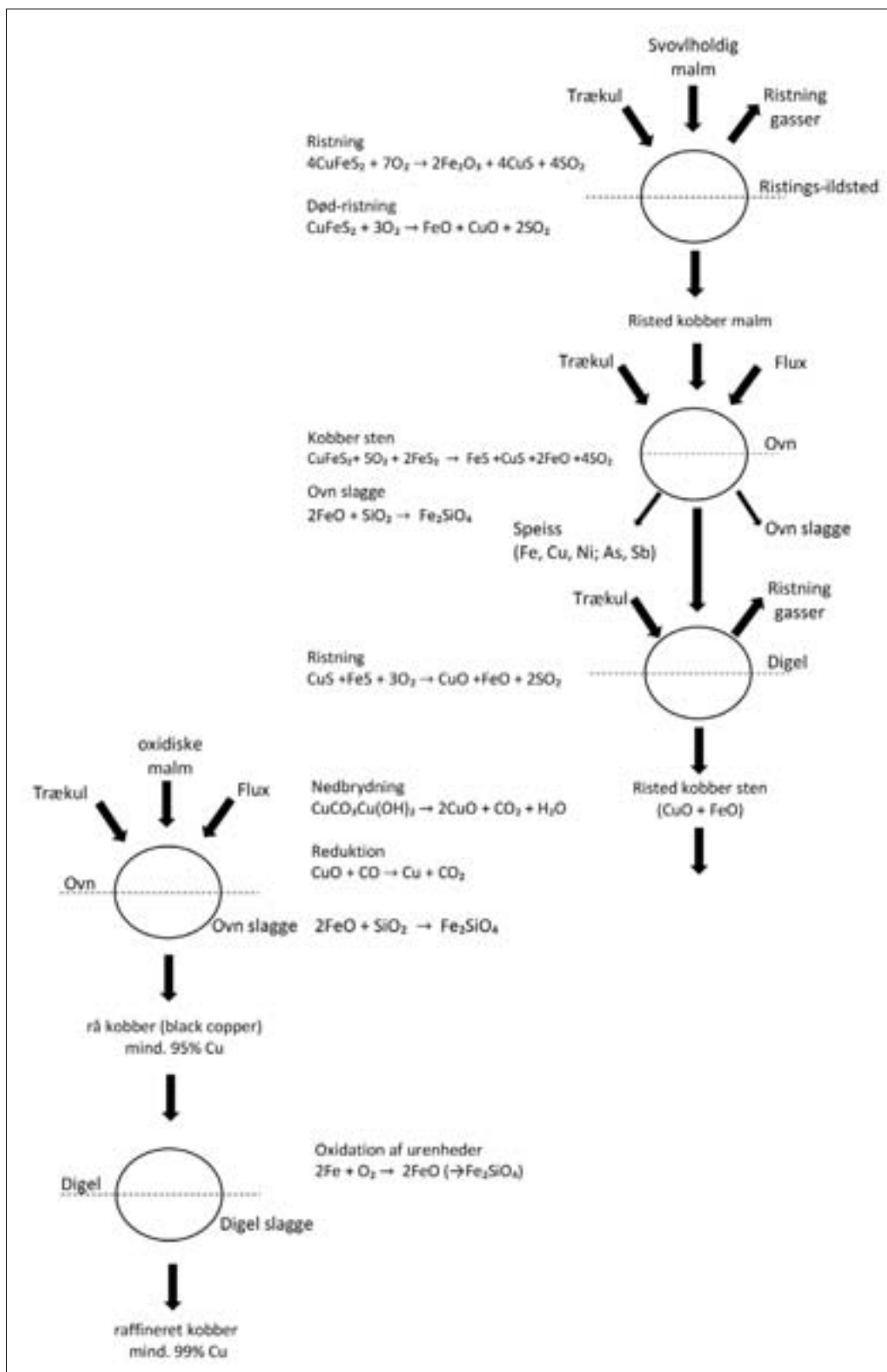
Din installatør har adgang til Danmarks bedste dimensioneringsprogrammer, så han kan give dig den bedste løsning til netop dit hus

Varmepumpeordningen har sekretariat ved Teknologisk Institut og uddanner danske installatører af varmepumper, så du som husejer kan føle dig tryk og sikker i dit valg.

Læs alle fem gode grunde på www.vpo5.dk



VARMEPUMPEORDNINGEN - VPO
KVALITETSSIKRINGSORDNINGEN FOR VARMEPUMPEINSTALLATØRER



Figur 2. Kobberudvindingsproces: Forskel mellem 2-trins-udvinding af oxidiske malme (tv.) i forhold til 5-trins-udvinding af svovlholdige malme (th.).

et politisk økonomisk system baseret på langdistancehandel. En forklaring kunne ligge i metalhandlen, som førte til nye handelsruter og dermed udveksling af idéer, teknikker og ritualer.

Kobber og tin i bronzealderen

Kobberrige mineraler som f.eks. malakit, et grønt kobbercarbonat, har været brugt i årtusinder (tilbage til 11.000 f.Kr.) til perler og pigment.

Den ældste bearbejdede kobbergenstand, vi kender til, er over 10.000 år gammel og stammer fra en neolitisk boplads i Østtyrket, Cayönü Tepesi.

De tidligste spor af

metaludvinding fra malmforekomster stammer fra en boplads i Belovode, Serbien, og ses i form af små stykker slagge [3]. Slagge er en af de sikre indikatorer, der kan dokumentere udvindingen af kobbermineral til kobbermetal. Slaggen kan dateres til det 5. årtusind før vores tidsregning og svarer til de tidligste mineaktiviteter i Sydøsteuropa. En af dem er Rudna Glava-minen i Østserbien. Her kan der gennem udgravninger af minegange påvises minedrift omtrent samtidig som bopladsen i Belovode var i brug, dvs. mellem 5400-4900 f.Kr. Dermed er minen blandt de ældste kobberminer i verden.

Det første kobber, som blev udnyttet, var "naturligt" eller "gedigent" kobber, som var omkring 99% rent (kobber forekommer også som rent metal i naturen). I de tidlige dage af kobbermetallurgien udvandt man det rene kobbermetal fra den oxidiske kobbermalm (kuprit Cu_2O , tenorit CuO og malakit CuCO_3). Det skyldes, at det er enklere at udvinde end de mere svovlholdige malme, figur 2.

I den tidlige bronzealder (2000 år f.Kr.) øgedes efterspørgslen på kobber og flere steder brydes og udvindes der nu malm. Muligvis på grund af den stigende efterspørgsel blev det mere svovlholdige kobbermalm nu udvundet. En af de største leverandører af kobber til Skandinavien var Alperne, hvor der er fundet flere arkæologiske beviser for minedrift (fra 1600 f.Kr.) såsom ildsteder og ovne, oftest som tvillingeovne ved siden af hinanden. De arkæologiske fund af lerområder omgivet af sten og med rødfarvet brændt undergrund (ristningsildsted "Röstbetten") viser, at oxidiske såvel som svovlholdige kobbermineraler blev forarbejdet til kobbermetal. Det er nemlig kun svovlholdig kobbermalm, der skal ristes.



Figur 3. Nebra-fundet (Mittelberg, Sachsen-Anhalt, Tyskland) med stjerneske, økser, mejsel og spiralarmsring. Sandsynligvis blev kobberet til skiven hentet fra den østlige del af Alperne, mens tinnets sandsynligvis blev hentet fra Cornwalls tinnårer [4]. Copyright: Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Juraj Lipták.

De første legeringer

De første legeringer blev brugt til metalvåben, f.eks. dolke. De bestod f.eks. af kobber og arsenik, og de blev udbredte, fordi legeringen gav metallet styrke. En meget vigtigere legering i danske metalgenstande er dog kobber og tin. I Europa blev denne legering indført omkring det 3. årtusinde [4]. Kobber og tin findes yderst sjældent som malm i samme områder. Derfor blev indsatsen for at fremskaffe disse metaller øget. Flere nyere forskningsresultater tyder på, at kobber og tin blev handlet fra forskellige områder. For eksempel består den berømte Himmelske fra Nebra, Tyskland fremstillet af kobber udvundet i den østlige del af Alperne, mens tinnets sandsynligvis blev hentet fra Cornwalls tinnårer, figur 3 [5].

I næste artikel, der bliver bragt i næste udgave af Dansk Kemi, kan du læse, hvordan kobber og tin på hver deres måde er velegnede til at undersøge bronzegenstandes oprindelse. Især kobber-sportstofanalyser er blevet brugt med succes.

E-mail:

Heide Wrobel Nørgaard: farkhw@cas.au.dk

Referencer

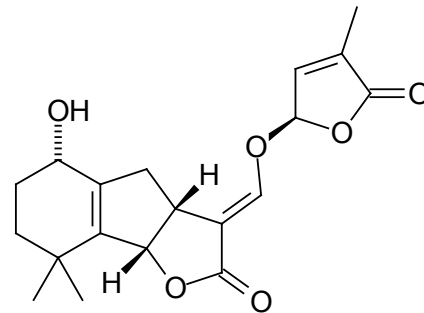
1. Vandkilde, H. 1996. From Stone to Bronze. The Metalwork of the late Neolithic and earliest Bronze Age in Denmark, Aarhus, Jutland Archaeological Society.
2. Junghans, S., Sangmeister, E. & Schröder, M. 1974. Kupfer und Bronze in der frühen Metallzeit Europas, Berlin, Mann.
3. Radivojević, M., Rehren, T., Pernicka, E., Šljivar, D., Brauns, M. & Borić, D. 2010. On the origins of extractive metallurgy: new evidence from Europe. *Journal of Archaeological Science*, 37, 2775-2787.
4. Nørgaard, H. W. 2015. Genau hingesehen - Metallhandwerk in Mecklenburg zwischen 1550-1100 BC. Herstellungsspuren und Metallkompositionen als Indikator für Metallwerkstätten in Mecklenburg. *Bodendenkmalpflege in Mecklenburg-Vorpommern, Jahrbuch 61*, 2013. Schwerin: Abteilung Landesarchäologie im Landesamt für Kultur und Denkmalpflege Mecklenburg-Vorpommern.
5. Hausteil, M., Gillis, C. & Pernicka, E. 2010. Tin Isotopy - A new Method for Solving old Questions. *Archaeometry*, 52, 816-832.

Tak til mine kollegaer Helle Vandkilde og Ernst Pernicka, samt til Gry Barfod og Ingrid Søgaard for deres hjælp med sproglig redigering.

**Dette er første artikel i en serie på to.
Næste artikel kommer i Dansk Kemi nr. 5.**

Nyt om ...

... Striga, en snusende snylteplante



STRIGOL

Purple witchweed, *Striga hermontica*, er en snylteplante, der i varme egne ødelægger for milliarder af dollars af sukkerrør, ris, hirse og andre kornafgrøder. Mange planter udskiller nogle stoffer, som det viste strigol, der

generelt kaldes strigolactoner. De spredes i jorden for at tiltrække symbiotiske svampe. Disse stoffer fremmer imidlertid spiringen af witchweedsens frø (en enkelt plante kan producere 500.000 frø). Afgrøderne må så konkurrere med de mange witchweedplanter om vand og næring. Når frøet er spiret, kan det "snuse" sig frem til afgrødernes rødder og bore sine rødder ind i dem og på den måde suge næring fra dem. Forskellige planter udsender forskellige strigolactoner, man har derfor ikke kunnet forstå, hvordan den enkelte art af *Striga* kunne snuse sig frem til de mange forskellige strigolactoner. Det er nu vist, at dette skyldes, at strigolactonreceptoren hos *Striga* har en meget stor lomme, hvori mange forskellige strigolactoner kan passe.

Carl Th.



Structure-function analysis identifies highly sensitive strigolactone receptors in *Striga*, *Science*, Vol. 350 no. 6257, side 203.