

# *Les primeres produccions de ferro a l'Europa Central i Oriental*

*Radomir Pleiner*

## *El primer ferro*

Les àrees central i oriental d'Europa tan sols tenien coneixement esporàdic del ferro quan l'Àsia sudoccidental veia ja els inicis de la fabricació sistemàtica del ferro, encara que a petita escala; és probable, però, que transmetés part dels seus coneixements a finals del segon mil·lenni aC. A l'Europa central, l'objecte de ferro més antic que es coneix, totalment aïllat tant en l'espai com en el temps, prové de Gánovce, al nord d'Eslovàquia; es tracta d'una empunyadura de punyal corroïda però sense níquel provinent d'un nivell estratigràfic del segle XV aC. A orient hi ha dos objectes de ferro datats del segle XVIII aC que provenen de tombes del nord del Caucas; totes dues són excepcions rares. Un és una fulla petita, que sembla feta amb ferro meteòric, trobada a Bichkin Buluk (per sobre 3 % Ni i una mica de Co); i l'altre és un curiós ganivet o punyal bimetàl·lic provinent de Gerasimovka, en el qual s'aprecia una punta de bronze i una fulla de ferro corroïda sense níquel. Els orígens d'aquests artefactes rares són desconeguts, com també ho és la ruta per la qual pogueren ser portats i dipositats als llocs on foren descoberts. En l'empunyadura de Gánovce s'observen alguns elements micènics, com per exemple els rebllons de bronze plaquejats còncics. Els objectes relacionats amb Rússia presenten problemes més difícils. Als segles següents hi hagueren dues direccions per les quals els objectes de ferro —o el coneixement de com manufacturar-los— es propagaren cap el nord d'Àsia sudoccidental. Una ruta s'extengué cap a Xipre i Grècia i cap a l'est dels Balcans, cap al nord fins Escandinàvia i, via la

costa del mar Negre, fins a Rússia. Pel que fa a aquesta regió oriental, hi ha el problema de si la comunicació amb l'Anatòlia de l'est fou a través del Caucas —una barrera que bloquejà el trànsit cap el nord durant un llarg període de temps— o al llarg de l'espaldada costa oriental. Tant Ciscaucàsia com el territori de la cultura de Koban adoptaren el ferro d'una manera significativa molt més tard, a finals de l'edat de bronze (segle VII aC). D'altra banda, a l'antiga Kolchis (moderna Geòrgia occidental) es descobriren diversos grups de forges equipades amb forns de cubeta revestides de pedra: Choga, Nagomari, Charnali, Mziani i d'altres (figura 1). Desgraciadament, la seva cronologia és massa àmplia; mentre que l'evidència arqueològica, sobretot la ceràmica, apunta cap als segles després del 1000 aC, algunes datacions per radiocarboni fan pensar en datacions molt més antigues, del segon mil·lenni aC. Caldria afegir que un forn (o una fusió) proporcionà dues datacions diferents, amb un marge d'uns 800 anys. Kolchis, la regió on es trobaren aquestes ferreries, devia haver estat en relació bàsicament amb els territoris d'Anatòlia oriental i la costa Pontic, la terra dels llegendaris Chalybes.

L'evidència de la producció de ferro dolç a l'Europa central data de finals de l'edat del bronze, que seria més o menys el segle VIII aC. Hi ha troballes estratificades de lingots de ferro que pesen uns 2,5 kg als Balcans i al nord dels Càrpats, mentre que els primers objectes de ferro trobats en excavacions daten des del segle VI fins al V aC. El seu nombre, però, no excedeix de quatre o cinc.

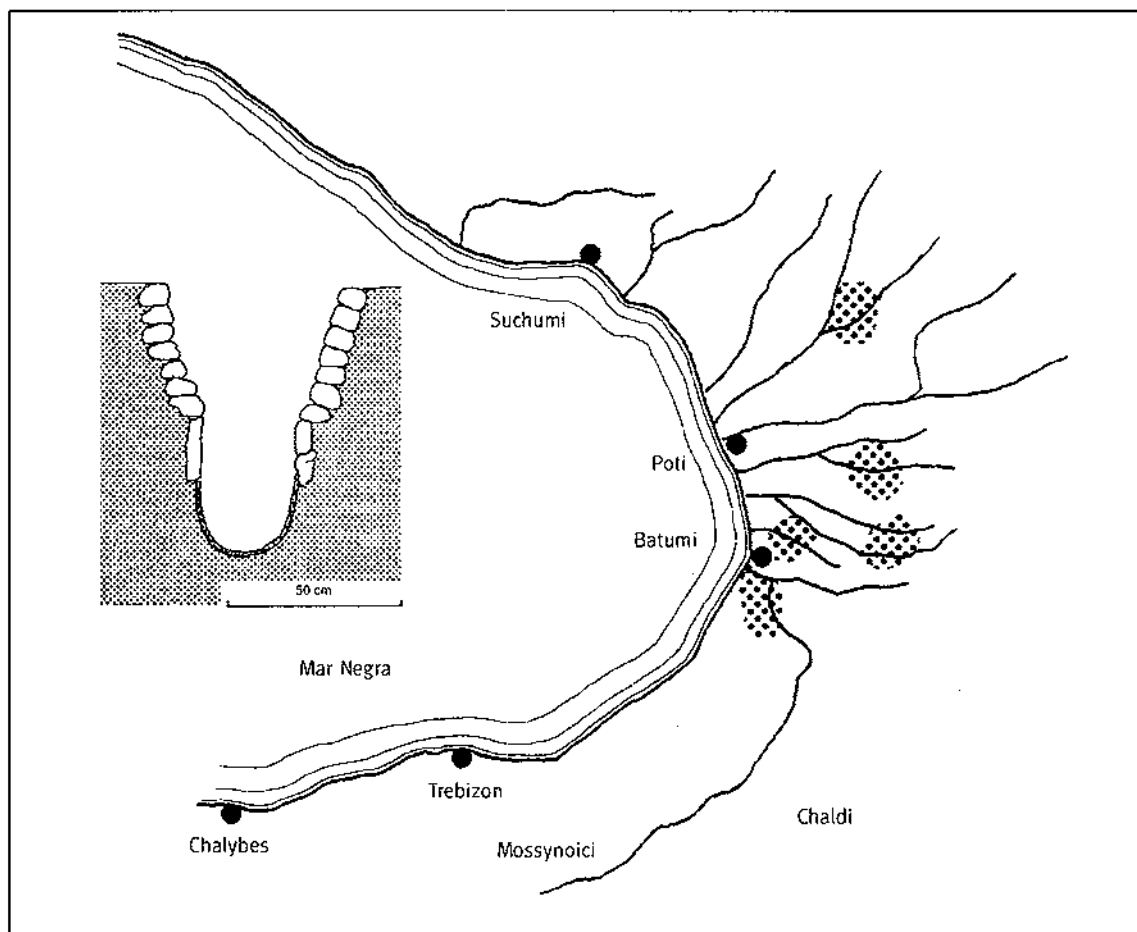


Figura 1. Kolchis. Les més antigues regions productores de ferro investigades al mar Negra (ca segles XXII i VIII aC). A l'interior, secció d'un forn en cubeta de Zhikandjuri (segons Khakhutaishvili).

La informació més valuosa prové de Waschenberg, a Àustria, on es descobriren diversos centres de llars, carboneres i forges; i del jaciment de Smolnice-Molpír, a l'est d'Eslovàquia, on es descobrí, en un complex de producció, una llar i diversos lingots treballats.

Es pot acceptar que l'aparició esporàdica d'objectes de ferro europeus a la part final de la primera meitat del segon mil·lenni aC fou succeïda per un nombre lleugerament superior d'artefactes durant el període de Hallstat i el període inicial de La Tène. El ferro continuà, d'una banda, essent un metall de prestigi per als líders de les societats però per altra banda potser també va ser elaborat deliberadament per pocs ferrers en quantitats que es poden anomenar «*minae*» (equivalents a 0,50 kg en l'antic sistema de mesures oriental). Quilos de metall útil eren convertits, no únicament en llances i (mes rarament) en espases, sinó també en diferents

tipus d'eines bàsiques: ganivets, destrals, cisells i falçs. Els primers complements del ferrer apareixen entre les troballes arqueològiques de meitats del primer mil·lenni aC en les regions que tractem. Els Iliris i els primers Celtes foren responsables de l'ascensió de la metal·lúrgia del ferro europea; els darrers havien desenvolupat diferents models de producció, tant a l'occident com a l'orient dels seus dominis. A finals del període de La Tène entraren plenament en la civilització del ferro. A l'est, el paper de promotors de la producció de ferro correspongué als Cimeris i posteriorment als Scitians, entre els quals hàbils ferrers produïren una extensa varietat d'armes, eines i també armadures.

Les seves tècniques de fabricació eren força sofisticades, tal i com ho indiquen les anàlisis metal·logràfiques, però les evidències del treball de forja són escasses, a part de les troballes d'escòries en algunes fortificacions Scites.

## El paper dels forns amb dipòsit d'escòria

Les primeres llars de fosa obertes, que estaven equipades amb una superestructura d'argila i que eren de baixa capacitat, van ser transformats en forns de xemeneia amb totes les conseqüències metal·lúrgiques (transport de mineral/combustible que s'aboca sobre el cilindre, ús potencial de minerals de poca qualitat, separació de tota l'escòria del metall esponjós, augment del rendiment). El cor de la llar perdé tota funció en el procés metal·lúrgic i esdevingué únicament el recipient de separació d'escòries. Aquest és el principi dels anomenats forns amb dipòsit d'escòria, un aparell que fou dominant a la metal·lúrgia no romana, durant mig mil·lenni o fins i tot més. El seu origen continua essent obscur. Hi ha diverses troballes que s'assemblen al tipus que data de l'última meitat del primer mil·lenni aC però estan escampades per una àrea geogràfica molt gran. A Populònia, Tuscany, un forn, les datacions per radiocarboni del qual indiquen que és del  $170 \pm 70$  aC, fou construït dins d'una gran escombrera d'escòria amb uns primers nivells de depositació que comencen al segle V aC. Un altre cas és l'aparició del dipòsit d'escòria a Taruga, Nigèria, que data dels segles IV-III (possible resultat del tràfic transsaharià des del sector

cartaginès?). És difícil establir relacions entre aquests casos tant distants. Tornem però a l'Europa central. A Weppersdorf, a la zona del Burgenland austríac, forns amb dipòsits d'escòria amb blocs d'escòria clàssics van ser descoberts en un substrat estratigràfic cobert per restes d'un gran forn amb volta celta com els que apareixen en molts jaciments del període final de La Tène. Com que aquests tipus de forns els trobem més al nord en territoris no afectats per la influència de tribus celtes, la idea que se'n desprèn primerament és que l'origen de la varietat centreeuropea és precelta. A l'àrea geogràfica rellevant, les arrels potser es troben en les cultures i els medis tècnics dels ferrers iliris o veneçians, dels quals en fou adoptat aquest particular mecanisme pels metal·lúrgics celtes orientals (amb troballes ben datades a Bohèmia i al sud de Polònia, de finals de La Tène) i també per tribus germàniques del nord d'aquesta àrea.

Sigui quin sigui el mecanisme real d'aquestes influències, el fet és que els forns amb dipòsits d'escòria predominaren durant els sis segles següents fora dels límits del món romà, en les zones d'influència bàrbara, i va abastar grans regions de Bohèmia, Moràvia, Polònia, Germània, Escandinàvia, els Cárpat i Ucraïna.

El forn amb dipòsit d'escòria fou un dispositiu remarkable. Podien ésser excavats a les parets de

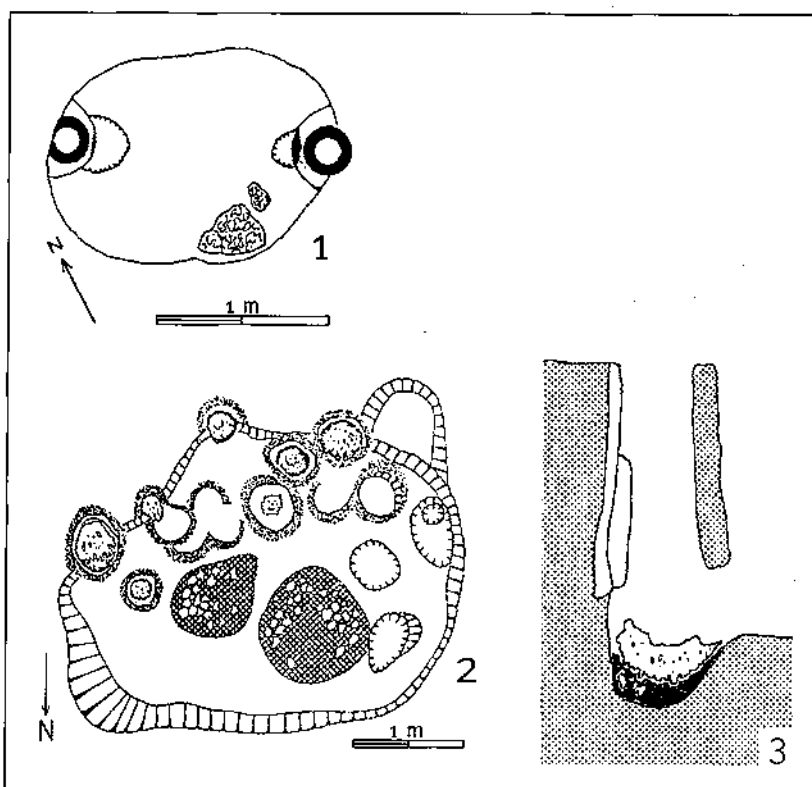


Figura 2. Forns amb dipòsit d'escòria i ferreries ensotades del període de La Tène i Romano-Bàrbar (exemples de Bohèmia). 1. Chýně I (La Tène); 2. Ořeč prop de Praga; 3. ferreria no. 14 d'Ořeč, amb un forn excavat amb dipòsit d'escòria que conserva la paret frontal i un bloc d'escòria. La mateixa datació.

fosses o cabanes soterrades (tal es veu en una família específica de treballs de ferro de Bohèmia i Germània; figura 2) o podien ser independents i amb cilindres d'argila (com la majoria dels que s'han trobat). En certs casos apareixen també en el registre uns tipus de cilindres transportables o mòbils que se situaven al damunt de cubetes de fundició preparades. Aquest tipus de forn devien ser petits i deurien produir uns 20-25 kg d'escòria i 2-3 kg de ferro verge. El diàmetre de la cubeta de fundició podia tenir entre 35 i 40 cm i una fondària d'uns 40 cm, mentre que el cilindre en devia tenir uns 60 (vegeu l'exemple de Podborany, a Bohèmia, molt ben conservat). De totes maneres, durant el període romanobàrbar, les dimensions de les cubetes augmentaren fins a uns 80 cm de diàmetre i uns 90 cm de fondària; els blocs d'escòria arribaven, en aquests casos, als 350 kg de pes. La mitjana de pes dels blocs d'escòria a Polònia central era de 100 kg, la qual cosa significa que es consumien uns 200 kg de mineral i el mateix pes de carbó, com a mínim, per obtenir un rendiment de 18 a 30 kg de ferro verge, depenent de la qualitat del mineral i de l'habilitat del fonedor. El forn amb dipòsit d'escòria potser funcionava amb aire propulsat, per medi de bufadors (especialment en els models petits): unes toveres característiques solen acompanyar aquestes estructures. Els tipus més grans potser eren tan alts que el necessari efecte de xemeneia devia permetre als productors de treballar amb aire natural, una possibilitat que es devia produir principalment a Polònia i a les regions nord-orientals d'Alemanya però que no s'ha pogut comprovar mai que fos certa, malgrat haver efectuat diversos experiments de fundició amb èxit.

Els forns amb dipòsit d'escòria, tant els petits com els grans, eren capaços de consumir diferents tipus de mineral de ferro, com les roques minerals de Bohèmia i Polònia, mentre que els minerals de ferro dolç eren, naturalment, la principal primera matèria a les terres baixes de la zona nord de l'Europa central i oriental. A través de nombrosos experiments pràctics de fundició i gràcies també a un gran nombre d'anàlisis metal·logràfiques d'objectes de ferro procedents de zones on operaven aquests dispositius, sabem que els forns amb dipòsits d'escòria produïen ferro/acer carbonitzat heterogèniament, fet que significa que el fonedor controlava limitadament tot el procés.

En general aquests dispositius no eren apropiats per a una producció específica, intensiva i a gran escala. No obstant això, pràcticament en tots

els districtes productors de ferro de la zona Bàrbara es van fer intents destinats a augmentar la producció d'una manera extensiva introduint models més grans i, sobretot, incrementant el nombre de fonadors durant les estacions de treball. Entre els segles I i IV dC i, especialment durant els segles segon i tercer, aquesta activitat es converteix en un fenomen tecnicohistòric a grans àrees d'Europa, l'existència del qual encara avui en dia no ha estat considerat prou seriosament. Aquest panorama esdevé un centre d'atenció després de la publicació de resultats recents provinents de diferents països, sobretot de Polònia central, però també dels Càrpats i d'Ucraïna, Silèsia, Alemanya, Holanda, Jutlàndia i fins a mitja Noruega, per no esmentar els darrers grans esforços d'activitat fets a França i a Anglaterra.

Podem fer ara un petit repàs a les ferreries equipades amb aquests tipus d'instal·lacions. Abans però, és imprescindible veure el paper de la forja en els dos móns tan diferents de la civilització —el romà d'una banda i el bàrbar de l'altra—. Els romans traslladaren les seves indústries metal·lúrgiques a les seves noves províncies i hi operaren a gran escala. Regions productores de ferro com la Gàl·lia, el Nòric, Britània així com a Pannònia, Dalmàcia i Dàcia devien haver produït 150.000 tones de ferro verge o potser més; això és el que es pot deduir de les grans escombreres que devien contenir milions de tones, malgrat que no s'han conservat en gaire bon estat. Aquesta producció no fou emprada únicament pels militars sinó que va ajudar al desenvolupament de la civilització urbana a tot l'Imperi romà. Més d'un centenar de tipus d'artefactes —eines, estris domèstics i elements estructurals relacionats amb grans peces de centenars de quilos de pes (bigues de ferro pels banys, ancores i altres)— en són l'evidència.

Els romans es protegiren dels bàrbars amb sistemes fortificats al Danubi, al Rin i per totes les illes Britàniques. De fet, no s'observa cap transferència d'innovació en tota aquesta cortina de civilització, especialment pel que fa referència a la tecnologia de la fundició del ferro. Les tribus germàniques i les sarmàtiques treballaven amb una quantitat de ferro limitada, especialment a inicis del període romanobàrbar. Un passatge de Tàcit (*Germania*, 6) és força eloqüent: «*ne ferrum quidem superest sicut ex genere telorum colligitum*». L'única traça de descripció d'una ferreria a les fonts clàssiques esmenta un poble de parla cèltica, conegut com els Cotini, mencionat pel mateix autor (*Germania*, 43) als quals descriu de la manera següent

«*quo magis pudeat et ferrum effodiunt*». Tenint en compte els estudis recents, els Cotini podrien situar-se al nord d'Eslovàquia i és possible que utilitzessin, excepcionalment, grans forns xemeneia, de tipus semblants als occidentals, durant el primer segle dC.

En aquells temps la producció de ferro rural a petita escala dominava a la majoria de les regions de la *Germania Libera*.

A Bohèmia, Moràvia i Alemanya central i, per altra part, al llarg de tota la frontera militar, petits ferrers produïen ferro per a les necessitats bàsiques. Es coneixen dos tipus de foses d'aquestes àrees: un model específic és la ferreria amb terra enfonsat amb petits forns amb dipòsit d'escòria excavats a les parets de la fossa de treball o depressió, força semblants a les cases contemporànies de sòls soterrats (9-12 metres quadrats). Els forns estaven en mans d'un equip de ferrers especialistes que no eren més de 2 o 3, a més dels serveis auxiliars proporcionats per altres membres del clan o comunitat (la preparació del carbó, la recollida de mineral, etc.). Les excavacions arqueològiques han proporcionat evidències sobre els forns; quan aquests s'espallaven per l'ús, s'instal·laven altres unitats a les parets i, a vegades, en un nou marge, després d'allargar la depressió; els cors dels forns destruïts restaven a terra.

De ferreries d'aquests tipus, se'n troben especialment a la Bohèmia central i nord-occidental i daten tant del període final de La Tène com dels inicis del període romanobàrbar. L'un i l'altre mostren similituds sorprenents en la seva composició. També n'hi ha esporàdicament a Alemanya. Un cas lleugerament diferent, datat del segle III dC, és una casa amb «sis posts», de Křepice, a Moràvia del sud amb dos forns amb dipòsit d'escòria, situats, no a les parets, sinó aïllats al centre de la cabana, l'un davant de l'altre.

En alguns jaciments, les ferreries amb sòl enfonsat eren habituals però, tenint en compte el factor temps, en poblats que han estat excavats, com és el cas d'Orech i Pocernice, prop de Praga, o el de Kyjice al nord-oest de Bohèmia, menys de dues-centes fusions, portades a terme també en forns reparats, haurien produït cap a 3 tones de ferro verge durant diverses dècades (figura 2).

Simultàniament, va existir un altre estil de fosa del ferro amb forns amb dipòsit d'escòria a les mateixes regions que podrien anomenar-se fundicions «a cel obert», o sigui, amb forns situats fora les foses però —protegits o no— a l'aire lliure. Mostrarem dos exemples, un a Kadan-Jezetka, a la

Bohèmia nord-occidental i l'altre a Gera-Tinz, a l'Alemanya central. En ambdós jaciments fou descoberta una certa disposició dels forns i de les instal·lacions auxiliars però la producció no fou mai superior a la mitja escala.

No obstant, en algunes regions de la *Germania Libera* —a part de l'activitat portada a terme per la mencionada dels Cotini, que ja hem esmentat— la metal·lúrgia començà a portar-se a terme d'una manera més extensiva. A la zona dels Cárpat, a Masòvia, prop de Varsòvia, i a les Holy Cross Mountains, del centre de Polònia, els primers indicis ens la fan situar al període final de La Tène però, a excepció de l'última zona, aquesta datació tan antiga no s'ha provat prou bé. Aquests jaciments produïen molt de ferro durant el període romanobàrbar. Aquests forns amb dipòsit d'escòria s'instal·laven —o, més aviat, les restes d'aquests dipòsits— eren molt nombrosos i estaven concentrats en àrees de 20 a 50 metres quadrats, de forma tan densa que normalment s'anomenen «grups». Els forns individuals, que sembla que només eren utilitzats per una sola fusió, apareixen sovint superposats estratigràficament (amb els blocs d'escòria abandonats *in situ*), fet que significa que els ferrers insistien expressament en utilitzar els mateixos llocs seleccionats per a la seva activitat, probablement per raons de ritual. D'aquests grups de forns de foneria se'n troben d'escampats a grans regions de l'interior d'Alemanya. Els més meridionals són al nord de Moràvia i a l'est d'Eslovàquia, i la majoria d'ells es troben situats en una extensa àrea geogràfica que va des d'Ucraïna, Volhynia, Polònia central, Silèsia fins a l'Alemanya nord-occidental i Jutlàndia. Aquests grups de forns consisteixen en concentracions de fogars (40-100, i a vegades més) que de moment només han estat excavats en campanyes d'investigació isolades i excavacions d'urgència. En les regions sotmeses a excavacions sistemàtiques, el nombre de grups (probablement de ferreries estacionals) augmenta de 20 a 6000 (les Holy Cross Mountains en són el centre més gran). Hi ha dos tipus de grups, camps o com sigui que s'anomenin. El primer es diu «desorganitzat» o «no organitzat» i s'escampa per tots els territoris europeus no romans. El forn, o millor les fusions, segons les evidències deixades, eren llars ensorrades omplertes amb blocs d'escòria, fragmentària o totalment conservats, i situats sense ordre ni concert en un àrea d'uns 20 o 40 metres quadrats. Aquests grups són possiblement restes de ferreries (d'un a tres forns, més o menys) que van estar en actiu durant un cert temps, una

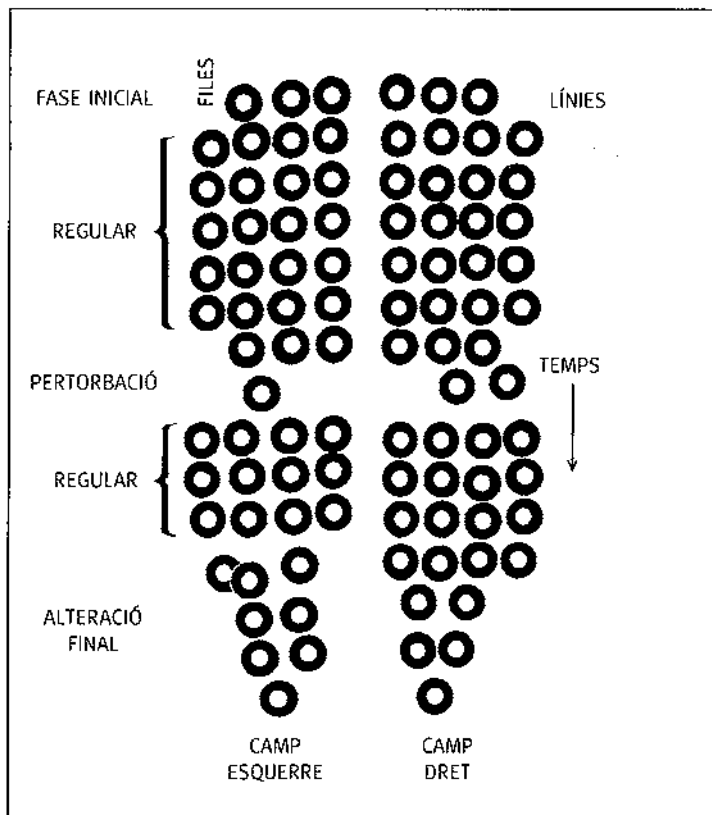


Figura 3. Holy Cross Mountains, a Polònia. Disposició general d'un grup «organitzat» de forns amb dipòsit d'escòria a l'aire lliure. Representa dues bateries avançant en una direcció determinada al llarg del temps (campanyes, estacions, etc.) (segons BIELENIN).

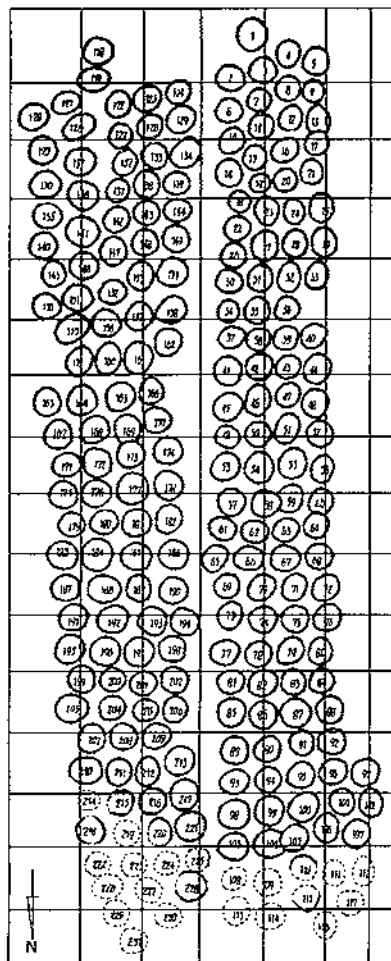


Figura 4. Holy Cross Mountains, a Polònia. Grup de forns amb dipòsit d'escòria excavat a Swietomarz (dues columnes amb quatre files cada una. Període Romano-Barbar mitjà), (segons BIELENIN).

estació, per exemple, o diverses estacions. El nombre total de fusions varia de 10 a 80.

L'altre tipus s'anomena «camp organitzat». Aquesta és una característica curiosa en l'arqueometal·lúrgia. Les restes dels forns no estan situades a l'atzar, sinó en línies i columnes regulars, en dos o tres filades de dos a quatre forns cadascuna. Això implica l'existència de grups organitzadors del treball, tant a nivell tecnològic com social, que canvien de lloc de treball en una determinada direcció durant un període de temps distint, però que sempre respectaven estrictament el lloc seleccionat (figures 3 i 4).

Aquest estil organitzat d'establir els forns fou descobert durant en reiterades excavacions a la regió productora de ferro de Holy Cross Mountains a la Polònia central; però, posteriorment, tipus similars foren descoberts a l'est (al fragment de Kihti, a Ucraïna, a Novoklinove als Cárpat i possiblement a Kysak, a l'Eslovàquia oriental i també a occident: a Merzdorf i Wolkenbeg a Lusàtia, Alemanya.

L'estil operatiu, representat per aquests «grups», cal considerar-lo «extensiu», cosa que significa que s'assegurava un cert increment de la producció per la simple multiplicació de fusions. Els forns no demanaven manteniment. La producció total podia ésser considerable. El pes dels blocs d'escòria és d'uns 100 kg, dels quals almenys uns 20 o 25 kg són de ferro verge. Un jaciment que tenia un grup d'unes 50 unitats produïa, després d'algunes setmanes de treball, més d'una tona de ferro esponjós. Sis mil ferreries han deixat traces de més de 400.000 fusions a la zona de Holy Cross Mountains, amb una producció aproximada de 8 a 10 tones de ferro durant 100-150 anys (els períodes romanobàrbar B i C, que inclouen el gruix més important d'activitats).

És interessant destacar que l'arqueologia centreeuropea no té cap resposta clara sobre qui eren els consumidors d'aquest ferro. Els difícils temps de les guerres dels Marcomannians i els Samaritans fan pensar en un subministrament general d'equipament militar per als grups Germànics però, en contrast amb els primers anys d'aquest període romanobàrbar, els enterraments no contenen gaire ferro, possiblement a causa dels canvis en l'esfera de l'ideologia sobre ritus funeraris. Pel que fa a les Holy Cross Mountains, l'estil de producció organitzat (que inclou el treball d'una mina de ferro excepcional a Rudki) i la presència d'algunes troballes romanes (monedes) i mercade-

ries d'influència tecnològica romana (ceràmica gris) a la regió, ens porta a la idea que una part del ferro produït devia exportar-se al sud i devia enriquir el mercat en els territoris del Danubi mitjà. Això és possible, tot i que no es disposa de cap evidència directa que ho confirmi.

## *Inicis de l'edat mitjana: impactes tecnològics orientals*

Amb la davallada de l'Imperi romà, la producció de ferro va baixar a molts centres i, després de la caiguda del gran poder romà, molts d'aquests centres varen desaparèixer. Les poblacions canviaren de lloc i la societat retornà temporalment a una vida amb uns patrons de civilització molt més modestos. En les antigues províncies romanes, la producció era portada a terme per ferreries menors. Algunes s'han investigat a Suïssa, França i Bèlgica. La situació als territoris bàrbaros és molt menys clara, especialment a les regions europees centrals i orientals. Les seves grans ferreries extensives, que deixaren els característics «clusters» (grups), també desapareixeren. Alguns jaciments aportaren dades curioses respecte de la producció de ferro local i rural. Un exemple: a Březno, al nord-oest de Bohèmia, dins d'una àrea completament excavada de 7 hectàrees, aparegué un poblat del període de les migracions (segle VI dC). Al seu centre es portà a terme una sola fusió en un forn amb dipòsit d'escòria clàssic; probablement eren restes d'una operació feta per un ferrer itinerant o invitat el qual entregà alguns quilos de ferro a la comunitat.

Durant els segles VII i IX, la indústria del ferro es recuperà a gran part de l'Europa occidental i es transformà d'acord amb els nous patrons de relació política, social i econòmica. El focus de progrés era al nord i a l'oest d'Europa i, durant els segles XIII i XIV, els reialmes europeus adoptaren també, d'alguna manera o altra, aquests models. Europa veié canvis considerables a mesura que emergien noves poblacions, com els colonitzadors eslaus, al segle VI, i els invasors nòmades (Avars, Magiars i d'altres tribus de l'estepa els quals s'anaren establint gradualment), que tingueren també una influència important en la vida del centre del continent. Tots ells treballaren amb les pròpies tecnologies del ferro i s'introduïren nous tipus de forns de foneria en molts països com Àustria, Bohèmia, Moràvia, Hongria i Polònia.

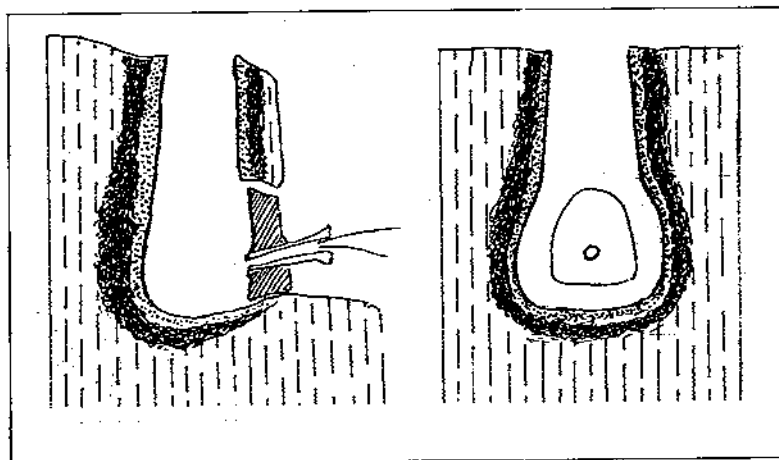


Figura 5. Somogyfajsz, a Hongria. Forn no 18 trobat dins d'un complex de ferreria (el panell amb la tovera és reconstruït a partir de molts fragments destruïts recuperats), del segle X dC (segons GÖMÖRI).

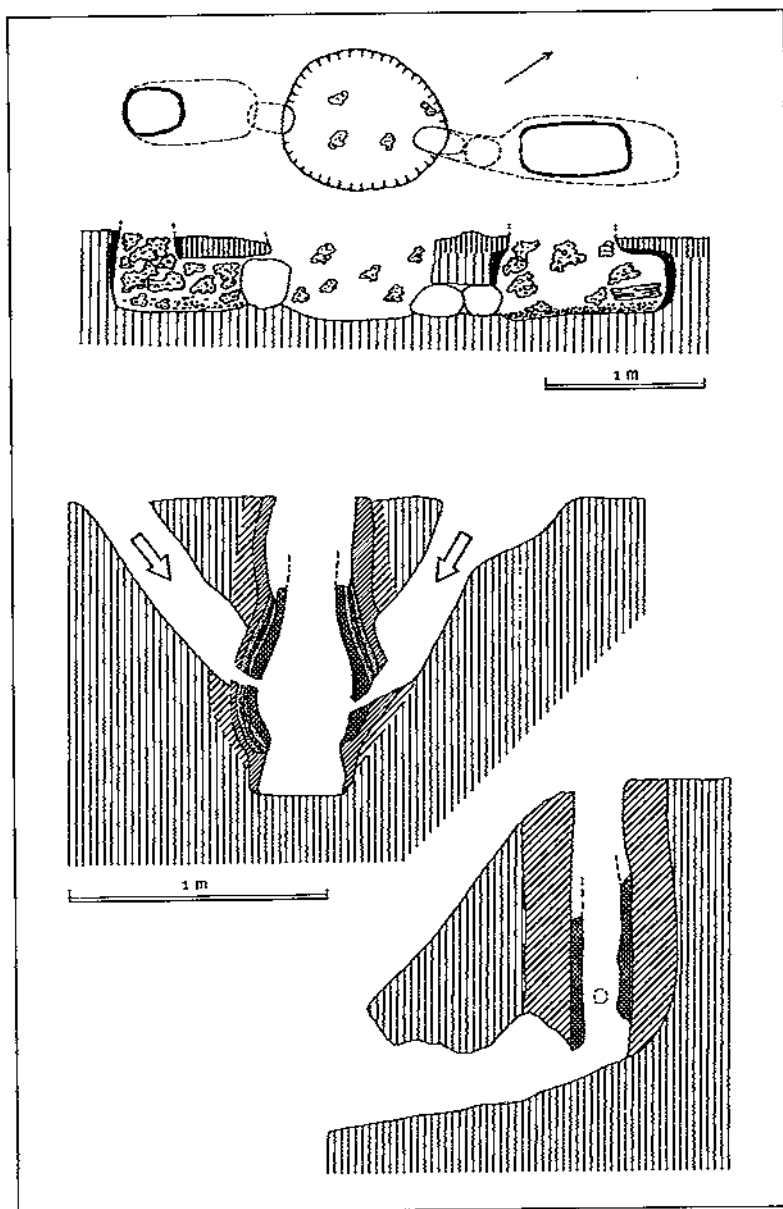


Figura 6. Forns de fosa soterrats d'origen oriental. A dalt, Kül-büstig a la regió de Minusinks, Sibèria; forns bessons amb arcades de blocs de pedra de la primera meitat del primer mil·lenni dC (segons SUNCHUGSHEV). A baix, Yutanovka, a la regió de Belgorod, Ucraïna; forn amb conductes de circulació d'aire inclinats del segle IX dC. (segons APANASYEV i NIKOLAYENKO).



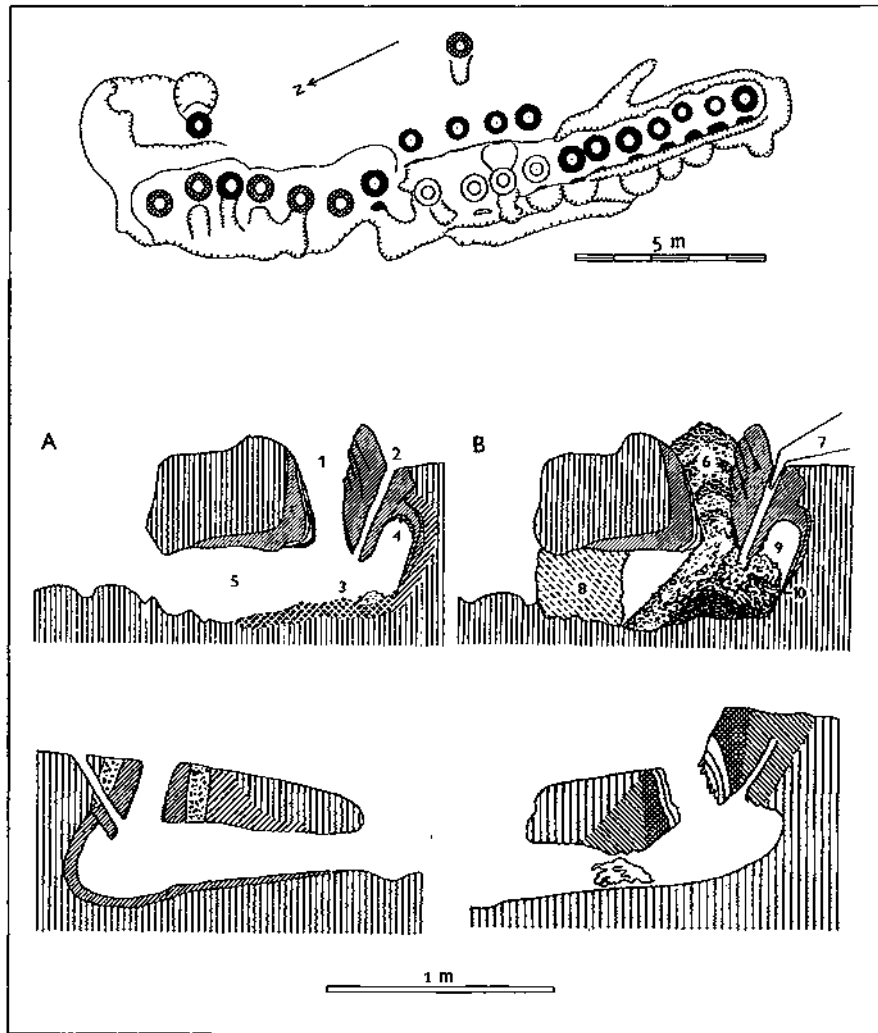


Figura 7. Forn soterrat del tipus de Želechovice, a Moràvia. A dalt, planta de la ferreria amb una bateria d'unitats de fosa del segle VIII dC (segons PLEINER). Al centre, secció del forn XXI a Želechovice - 1 cilindre, 2 conducte d'aire, 3 cor, 4 cambra posterior, 5 túnel frontal que actua com a conducció d'aire durant el preescalfament de l'estructura, 6 càrregues de mineral i combustible, 7 bufadors, 8 túnel bloquejat, 9 lingot a la cambra protegida i de reescalfament, 10 escòria. Segons un experiment de fosa (segons PLEINER). A baix, Olomučany, a Moràvia, forns del tipus Želechovice del segle VIII dC (segons SOUCHOPOVÁ).

En aquesta breu revisió s'han presentat només alguns exemples d'aparells de fusió d'origen oriental. Alguns eren tecnològicament molt sofisticats, si bé la seva construcció permetia un augment de la capacitat molt limitada.

Entre les troballes relativament rares de les estepes i els boscos d'Ucraïna i Volhynia hi ha alguns forns de xemeneia, o bé amb parets primes (com l'estructura reconstruïda de Vovchansk, que va pertànyer a les tribus nòmades de Saltovo-Alanian, dels segles VIII-X) o bé amb parets gruixudes, parcialment excavats en bacs de terra: Grigorivka a la regió de Podol al segle X, o el d'Asote a Lituània.

Però el model sorprenent, diferent dels altres forns exposats en aquest article, és el forn de foneria totalment excavat, la xemeneia del qual era col·locada plenament dins d'un marge, fet que li proporcionava unes bones condicions aïllants. El seu perfecte aïllament potser indica, entre altres

coses, que les condicions climàtiques eren dures. En realitat, en trobem alguns exemples relativament antics a Sibèria. A prop de Minusinsk, a l'alta vall del riu Yenisev, molts forns, catalogats en una cronologia àmplia —des del segle I aC fins al segle V dC— van ser excavats (figura 6,1). Qualsevol explicació metal·lúrgica detallada està envoltada de dificultats per qüestions relatives a l'ús pràctic, el proveïment, la ventilació i l'extracció de l'escòria i del lingot.

Alguns exemples semblen més aviat llars simulades, però el fet d'haver trobat revestiments vermellosos cremats i escòria de fosa ens mostra que havien funcionat. Altres unitats, no obstant, s'ajusten amb els dispositius excavats que es mostraran a continuació. Sigui com sigui, cal assumir que els rendiments eren limitats. Al buscar connexions genèriques amb altres troballes europees, s'observa un gran buit geogràfic —una àrea d'almenys 4000 km<sup>2</sup>— sense troballes anàlogues.

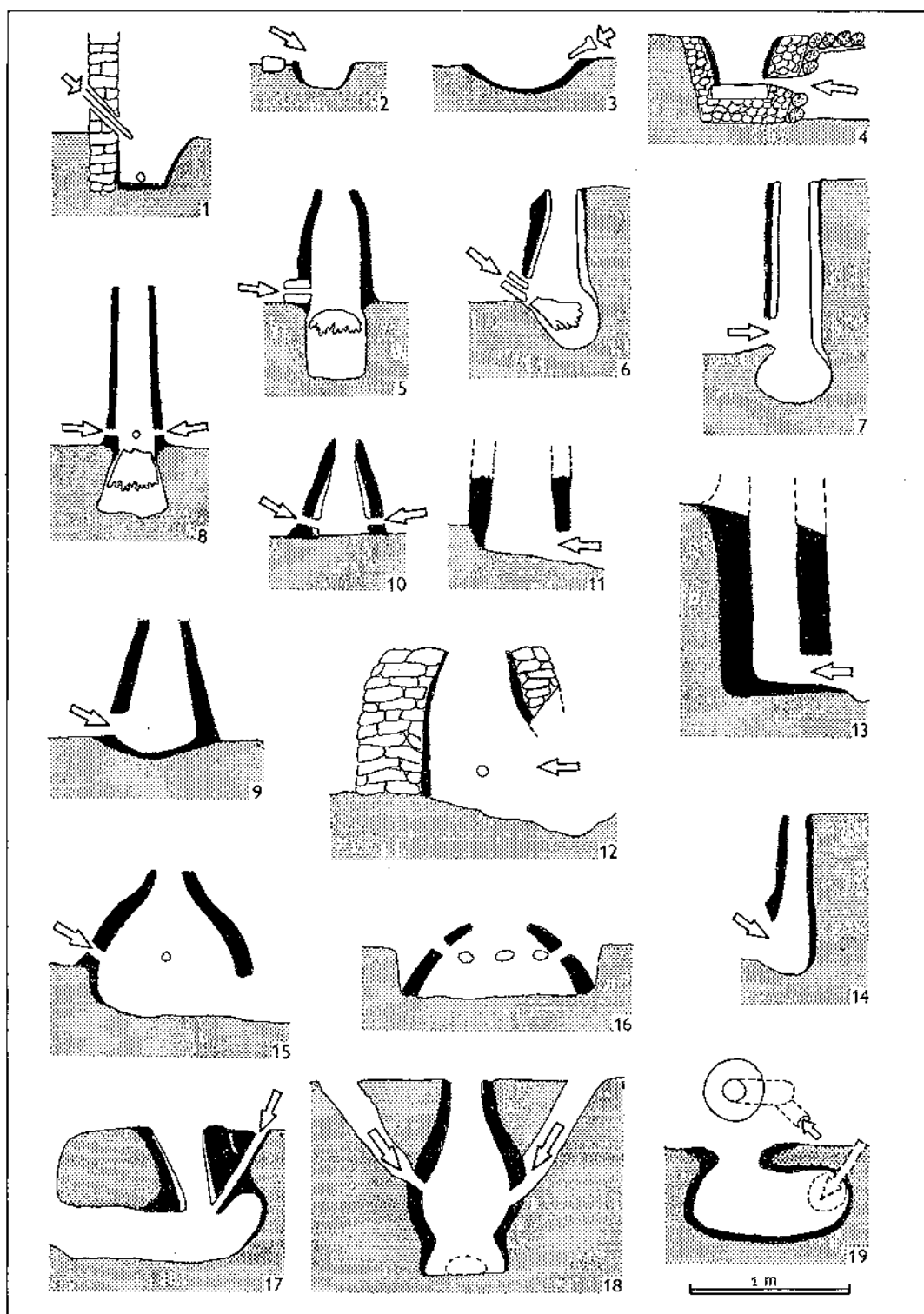


Figura 8. Diferents models de forns de fosa europeus. De l'1 al 4 forns en cubeta: 1 forja catalana postmedieval; 2 Kestor, Anglaterra, edat del ferro; 3 Žerotín, Moràvia, segle X dC; 4 Forn d'Evenstead, Escandinàvia, postmedieval. Del 5 al 8, forns amb dipòsit d'escòria: 5 Podbořany, Bohèmia, període de La Tène, segle primer aC; 6 Lovosice, Bohèmia, període romanobàrbar del segle primer dC; 7 Igolomia, a Roland del període romanobàrbar; 8 Scharmbeck, a Germània, del període romanobàrbar. Del 9 al 14 forns de xemeneia verticals: 9 Praga-Podbaba VII, del període romà-bàrbar; 10 Novaya Pokrovka, a Ucraïna, d'inicis del primer mil·lenni dC; 11 Salz gutter-Lobmachersen a Germània, del període romanobàrbar; 12 Bellaires a Suïssa del període romà final; 13 Ashwicken a Anglaterra del segle segon dC; 14 Imola a Hongria del període medieval, segles XI-XII dC; 15 Klostermaricnberg, a Burgenland, Àustria, del període de La Tène; 16 Mechlin, romanobàrbar. Del 17 al 19, forns soterrats: 17 Želechovice, a Moràvia, medieval antic del segle IX dC; 18 Yutanovka, a Ucraïna, del segle IX dC; 19 Polovinka, a la regió de Minusinsk, a Sibèria, d'inicis del primer mil·lenni dC.

M'agradaria presentar alguns models de Rússia, Moràvia i Hongria, datats, en general, entre els segles VIII i IX, però en el cas d'Hongria entre els segles XI i XII.

El primer és Yutanovka, prop de Belgorod, a Ucraïna, amb sistemes de ventilació bilaterals i dos conductes d'aire inclinats verticalment, dirigits cap avall, cap al cor del foc, que tenia un forma semblant a una caldera i estava connectat a l'altra fossa a través d'un arc. Recentment s'ha publicat sobre dos forns trobats a Roganino, a la regió de Kharkov, que sembla que tenien el mateix disseny. Aquestes troballes pertanyen a la cultura de Saltovo i es daten del segle IX (figura 6,2).

Després hi ha la bateria de Želechovice. Els seus forns soterrats, amb diferents capes de revestiment intern refractari, estan equipats amb conductes d'aire inclinats verticalment i amb una cavitat posterior molt peculiar; en aquesta cavitat s'emmagatzemaven, fins i tot durant la fosa, els lingots calents, es recalentaven i es protegien contra la descarbunització. En aquests tipus de forns, que es troben en diversos jaciments a Moràvia i daten del 800 dC, s'hi fabricava acer pur (figura 7).

Moràvia proporcionà ferreries ben datades a partir del segle IX, amb forns de terraplè de diferents tipus, que es caracteritzen per parets fines frontals d'argila. Aquest disseny es troba amb variants molt iguals cap al sud-est, al límit de les terres baixes d'Hongria, a les serres de la muntanya Bükk, tant en la vessant hongaresa com en l'eslovaca. Aquestes variants són més tardanes i daten dels segles XI i XII. Aquí presento els forns d'Olomučany, a Hongria, del segle IX, i els de Gemerský Sad, al sud d'Eslovàquia, que pertanyen al grup hongarès d'Imola, dels segles XI i XII.

Finalment, s'han descobert un nombre considerable de forns de foneria de terraplè a la part més occidental d'Hongria amb paral·lels a la zona propera de Burgenland, a Àustria. Bàsicament, els seus dissenys recorden les característiques que hem esmentat abans però les seves parets frontals no són modelades amb argila, són treballades directament en el subsòl, igual que tot el cilindre. Les troballes de Somogyfajsz, al sud del llac Balaton, revelen que hi havia llocs de treball submergits amb petits forns excavats; són més de vint i estan dotats d'aire que no és proporcionat per conductes posteriors inclinats sinó per toveres d'argila tubulars insertades en panells d'argila que tanquen els arcs frontals. Se'n van trobar centenars d'a-

quests tipus en l'àrea d'excavació (figura 5). Entre les deixalles es descobriren lingots de ferro (de 2,5 a 3 kg de pes aproximadament). Un altre jaciment és Szákony, a prop de Sopron, on vint-i-dos forns soterrats foren localitzats en diversos complexos industrials, la majoria dels quals eren fosses de treball submergides.

Un altre tipus de ferreria és representat pel jaciment de Köszegfálva, també a la regió de Sopron, amb un forn doble amb una escombrera d'escòria en forma de ventall situada just al davant de les unitats de fusió. Aquest forn data dels segles X a IX dC. Com ja he dit, a excepció de Yutanovka i Želechovice, tot els jaciments han proporcionat toveres d'argila en forma d'embut com a boques protectores de les manxes que s'utilitzaven.

Mentre que les ferreries de Želechovice (800 dC) incloïen originalment 19 forns en una sistema de bateria planificat, els altres jaciments tenien ferreries més petites equipades originalment amb una o amb un parell d'unitats de fosa. Això, sense cap dubte, reflecteix una certa organització dels ferrers: un grup de ferrers més especialitzats en el primer cas i petits equips domèstics en el segon.

Cap dels tipus de forns en terraplè, soterranis o excavats, no eren els adequats per a una indústria a gran escala, encara que poguessin elaborar un ferro o acer excel·lent. Les seves dimensions no podien ser augmentades més enllà de certs límits.

Per exemple, al segle XIII a Bohèmia, els clàssics forns de xemeneia verticals de parets gruixudes van substituir tots els altres tipus, tal i com va passar a d'altres regions europees. D'altra banda, els forns soterrats i de terraplè asseguraven prou l'abastament de ferro per a l'extens mercat del segle XIX, com per exemple, a Moràvia, com ho demostren les acumulacions de monedes sense encunyar, també anomenades «barres de ferro en forma de destrat». Aquestes monedes foren trobades a Moràvia, a Eslovàquia i al sud de Polònia en grans quantitats.

Sóc conscient que, a l'hora de discutir alguns aspectes històrics, tecnològics i econòmics, la meua informació és força incompleta, però crec que he intentat oferir un esbós de les característiques principals de la fundició a aquestes regions.

En general, cal tenir present que, al marge de realitzacions interessants, el focus de desenvolupament més dinàmic era a fora de les àrees tractades. Les valls del Rin, el nord d'Itàlia, Bèlgica, Suècia i posteriorment Anglaterra foren les zones on el procés indirecte començà molt aviat i anà substi-

tuït la tecnologia antiga cada vegada més. Pel que fa a la ferreria, i durant el segle XIII, els forns de dissenys anteriorment descrits foren substituïts: per exemple, a Bohèmia, s'implantaren els forns de xemeneia verticals de parets gruixudes, els pre-

decessors d'època medieval tardana dels «Stuckofen». De totes maneres, el procés indirecte fou introduït des de fora: el primer forn amb aire inyectat valò començà a treballar ben bé a finals del segle XVI.

## Abstract

### *Early bloomery production in central and eastern Europe*

The central and eastern parts of Europe played an interesting role in the history of ancient and early ironmaking. There was a very early spread of very rare iron objects during the Bronze Age, apparently under heavy influence of the Near East and eastern Mediterranean; but these regions adopted iron as a widely used technical metal relatively late, during the period of the La Tène culture (which absorbed much of technological knowledge from the Etrusco-Roman milieu in the south; this is, after all, the case of the western part of the Continent as well). The expansion of the Roman Empire up to the Danube and Rhine rivers brought the splitting of the entire civilization level. This involved the iron production, indeed. The Theutonic or Germanic tribes north of the Danube practiced small-scale industry which, locally and temporarily, increased to a relatively extensive production as numerous «clusters» or agglomerations of furnace residues clearly attest. This came definitely to end after the fall of the Roman Empire. The process of stabilization was, in the heart of Europe, as well as in the East, interrupted by massive population changes (the colonization of Slavs, the raids of Avars, the impact and settlement of Magyars). The newcomers brought apparently different smelting furnace models, e.g. the underground bloomery furnaces, dug in the soil banks. Some of them were extremely sophisticated, suitable for direct hard steel-making. Unfortunately, there was not possible to raise their production capacity. Therefore, they were in due time, culminating in the 13th century, replaced by classical thick-walled shaft types according the previous provincial Roman examples. However, the scene of the further de-

## Resumen

### *Producción de hierro primitiva en Europa central y oriental*

Las zonas central y oriental de Europa jugaron un interesante papel en la historia de la metalurgia del hierro antiguo y inicial. Durante la Edad del Bronce, aparentemente bajo fuertes influencias del Próximo Oriente y del Mediterráneo oriental, hubo una expansión muy temprana de objetos de hierro muy especiales, pero esas regiones adoptaron el hierro como técnica del metal usada ampliamente relativamente tarde, durante el periodo de la cultura de La Tène (que absorbió mucha parte del conocimiento tecnológico de los etrusco-romanos del sur; éste es, después de todo, el caso también de la parte occidental del continente). La expansión del Imperio Romano hasta los ríos Danubio i Rin llevó el insostenible nivel de completa civilización. Esto comportó, también, la producción de hierro. Las tribus Teutónicas o Germánicas del norte del Danubio practicaban una industria a pequeña escala que, localmente y temporalmente, incrementaba hacia una producción relativamente extensiva, como lo atestiguan numerosos «grupos» o aglomeraciones de residuos de hornos. Esto se vino definitivamente abajo después de la caída del Imperio Romano. El proceso de estabilización fue, en el corazón de Europa y también en el este, interrumpido a causa de cambios de población masivos (la colonización de los Eslavos, las incursiones de los Avars, el impacto i asentamientos de los Magiares). Los recién llegados parece que llevaban diferentes modelos de hornos de fundición, como por ejemplo los hornos subterráneos, excavados en bancos de tierra. Algunos de ellos eran extremadamente sofisticados, aptos para la fabricación directa de acero duro. Desgraciadamente, no fue posible aumentar su capacidad de pro-

velopment of these installation to water-driven early «Flossöfen» or blast furnaces took place outside the regions in question, in the broad geographical tract reaching from Rhineland up to Scandinavia. The introduction of the blast furnace indirect process saw Bohemia, for example, until around dC 1600 (mostly after the Valoon technology and under assistance of Valoon experts). On the other hand, the eastern parts of early Russia (e.g. Bolgary) were touched by metallurgical influences originating in the Far East (cast iron kettles and wheel naves) as early as during the 1st - 14th centuries.

ducción. Sin embargo, estos hornos acabaron siendo reemplazados en el siglo XIII por tipos de cilindros de paredes gruesas clásicos, de acuerdo con los previos ejemplos romanos provinciales. No obstante, el escenario del desarrollo posterior de estas instalaciones a los primeros hornos con conducción de agua, los «Flossöfen», o de aire, tuvieron lugar fuera de las regiones en cuestión, en la gran área geográfica que alcanza desde las tierras del Rin hasta Escandinavia. El proceso de introducción de los hornos de aire indirecto no llegó a Bohemia, por ejemplo, hasta alrededor del 1600 dC (principalmente gracias a la tecnología valona y bajo la asistencia de sus expertos). Por otro lado, las zonas orientales de Rusia (por ejemplo Bulgaria) fueron alcanzadas por las influencias metalúrgicas originadas en el lejano Oriente (ollas de hierro fundido y vueltas de naves) tanto tempranamente como durante los siglos I-XIV.

## Referències bibliogràfiques

- AFANASYEV, G. E.; NICOLAYENKO, A. G. (1982) «O saltovskom tipe syrodutnogo gorna» [Zum Rennofen des Saltovo-Kultur Typus]. *Sovetskaja archeologija* 1982/3, p. 168-185.
- BIELENIN, K. (1995) «Starozytne górnictwo i hutnictwo zelaza w Górach Swietokrzyskich». *Kielce*, 1992.
- GÖMÖRI, J. (1991) «The Szakony Bloomery Workshop», dins *The First Iron in the Mediterranean*. Pàct 21, 1988 (1991), p. 97-103.
- GÖMÖRI, J. (1989) «The Hungarian Bloomeries», *Archaeometallurgy of Iron*. (Praga) 1967-1987, p. 125-138.
- GÖMÖRI, J. «10. századi vasolvasztó műhely Somogyfajszon [A 10th century iron smelting workshop in Somogyfajsz]. *Kohászati és kohászati lapok* 129, 1996, p. 270-279.
- KOLODA, V. V. (1996) «Doslidzeniya pam'iatki chornojyi metallurhiyi Saltivskoy kul'tury [The study of the ferrous metallurgy in the Salotovo culture]». *Archeolohiya [Kiyiv]* 1/1996, p. 78-84.
- KOŘAN, J. (1946) *Svaré české železářství [Altböhmisches Eisenhüttenwesen]*. Praga.
- KRAJČI, R.; MATOUŠEK, V. (1985) «Výzkum středověkých železářských pecí v Chýnici, okr. Praha-západ - Excavations of medieval iron smelting furnaces at Chynice». *Archeol. rozhledy* (Praga) 37, p. 170-180.
- KUNA, M.; ZAVŘEL, J. (1989) «Die Eisenverhüttungsanlagen der älteren römischen Kaiserzeit in Říčany». Bez. Prag-Ost, *Archaeometallurgy of Iron*. (Praga) 1967-1987, p. 109-118.
- MOYKOVÁ, K.; PLEINER, R. (1987) «Die römischezeitliche Siedlung mit Eisenhütten in Orech bei Prag». *Památky archeol.* (Praga) 78, p. 371-448.
- NOVÁKI, G. (1966) «Überreste des Eisenhüttenwesens in Westungarn». *Wissenschaftl. Arbeiten aus dem Burgenland* 35 (Eisenstadt), p. 163-198.
- NOVÁKI, G. (1969) «Archäologische Denkmäler der Eisenverhüttung in Nordostungarn des X.-XIII. Jh». *Acta Archaeol Hung.* (Budapest) 21, p. 299-321.
- PERTLWIESER, M. (1970) «Die hallstattzeitliche Höhengiedlung auf dem Waschenberg bei Bad Wimsbach-Neydharting, politischer Bezirk Wals, Oberösterreich, II Teil: Die Objekte: Hütten, Werkstätte, Metallanalysen». *Jahrbuch des Oberösterreiches Muselaverines*, 115/1, p. 37-70.
- PLEINER, R. (1958) *Základy slovanského železářského hutnictví v českých zemích - Grundlagen der slawischen Eisenindustrie in den böhmischen Ländern*. Praga.
- PLEINER, R. (1961) «Slovanské sekerovité hřivny - Die slawischen Axtbarten». *Slovenská archeológia* 9, p. 404-450.
- PLEINER, R. (1965a) «Das Eisenhüttenwesen bei den Slawen im frühen Mittelalter», dins F. Festschrift Robert Durrer (eds.) *Vita pro Ferro*. Schaffhausen, p. 135-162.
- PLEINER, R. (1965b) «Die Eisenverhüttung in der Germania Magna zur römischen Kaiserzeit». 45. Bericht der Röm.-Germ. Kommission (Frankfurt/m), 1964 (1965), p. 11-86.
- PLEINER, R. (1981) «Die Wege des Eisens nach Europa», dins H. Haefner; R. Pleiner (eds.) *Frühes Eisen in Europa*. Festschrift Guyan, Schaffhausen, p. 115-128.

- PLEINER, R. (1983) «Neue Entdeckungen von römischerzeitlichen Eisenhütten in des böhmisch-mährischen Siedlungsräumen». *Offa* 40, p. 63-68.
- PLEINER, R. (1996a) «Das frühe Eisen: Von den Kleinwaagenmengen zu der ältesten Industrie», dins *Eisengewinnung und -verarbeitung in der östlichen Germania magna. Ethnolog.-Archäol. Z.* p. 283-291.
- PLEINER, R. (1996b) «Von Rennfeuer zum Hochofen. Die Entwicklung der Eisenverhüttung 9 - 14 Jahrhundert», *Europäische Technik im Mittelalter 800 - 1400*. Berlin, p. 249-256.
- PLEINER, R.; KOŘAN, J.; KUČERA, M.; VOZÁR, J. (1984) «Dejiny hutnictví železa v Československu 1» *Geschichte des Eisenhüttenwesens in der Tschechoslowakei* I. Praga.
- PLEINER, J.; PRINC, M. (1984) «Die latènezeitliche Eisenverhüttung und die Untersuchung einer Rennschmelze in Mšec, Böhmen». *Památky archeol.* (Praga), 75, p. 133-180.
- SOUCHOPOVÁ, V. (1986) «Hutnictví železa v 8.-11. staletí na západní Moravě - Die Eisenverhüttung des 8.-11 Jh.», dins *Studie Archeol. ústavu ČSAV v Brně XIII/1*. Westnähren. Praga.
- SOUCHOPOVÁ, V. (1995) «Počátky západoslovanského hutnictví železa ve světle pramenu z Moravy - The Beginning of the Metallurgy of Iron among Western Slavs in the light of Sources from Moravia». *Studie Archeol. ústavu AV ČR v Brně XVI/1*. Brno.
- TYLECOTE, R. F. (1987) *The early metallurgy in Europe*. Londres, Nova York.
- ZAJTA, E. (1988) «Frümittelalterliche axtförmige Eisenbarren aus Kleinpolen». *Slovenská archeológia*, 36/2, p. 261-276.

El professor doctor **Radomír Pleiner** va néixer a Praga l'any 1929. Després de graduar-se a la Universitat Charles va entrar a l'Institut d'Arqueologia de Praga (Acadèmia de la Ciència), on s'ocupà de l'exploració i l'excavació arqueometal·lúrgica de la forja del ferro antiga i medieval i d'altres monuments tecnològics, tant en el territori de l'antiga Txecoslovàquia com a l'estranger (Europa, Orient mitjà). Des de l'any 1960 treballa en la investigació metal·logràfica dels objectes arqueològics de ferro i en els experiments de fossa en diferents models de forja inicial. Actualment ensenya història de la tecnologia a la Universitat Charles de Praga (des del 1966, com a assistent, i des del 1992, com a professor). Des de l'any 1966 és secretari del Comitè per a la siderúrgia antiga a l'UISPP (UNESCO); és membre del Deutsches Archäologisches Institut (Berlin), de la Historical Metallurgy Society (Londres) i membre honorari de la Society of Antiquaries (Londres).

Títol original: *Early bloomery production in central and eastern Europe*.  
Traducció de Walter Cruells.