

I	J
K	L
M	N
P	O

Beschrijving van de afgebeelde Lavrion-mineralen, II

I. Sphaerocobaltiet; CoCO_3 ; kobaltcarbonaat; rhythmisch vergroeid met smithsoniet; roodachtig. Beeldbreedte 5,5 mm, van Kamariza.

J. Azuriet; $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$, blauwe, vlakkenrijke kristallen, maar ook overkorstingen, enz., vaak door malachiet vervangen; zie ook de voorplaat; en **oliveniet**, $\text{Cu}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})$; prismatische, transparante, groen tot olijfgroene kristallen; geïsoleerd, in bosjes of als radiaalstralige aggregaten. Beeldbreedte 2 mm; van Kamariza.

K en L. Adamiet; $\text{Zn}_3(\text{AsO}_4)(\text{OH})$; kleurloos, maar door bijmenging gekleurd; bijv. door kobalt: roodachtig, door koper: groen. Kleine, prismatische kristallen, verspreid, maar meestal in bosjes of in kogelvormige, radiaalstralige aggregaten; sterke glasglans; vaak op limoniet, met oliveniet, konichalciet. De licht- tot heldergroene cuproadamiet is een typisch Lavrion-mineraal, zie kleurenfoto N.

Afb. K: blauwe Al-adamiet in radiaalstralige aggregaten op witte zink-aluminiet. Beeldbreedte 8 mm. Aluminium-adamiet is pas sinds kort van Lavrion bekend.

Afb. L: gele, zonaire, zeer kort-prismatische adamiet, koperarm, mogelijk iets ijzerhoudend; beeldbreedte 3 mm; van Apo Sounion.

M. Scorodiet; $\text{Fe}^{3+}\text{AsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; kleine, geelbruin/groene, spitse piramiden tot 1 mm op ijzerhoudende kwarts, solitair of in bolvormige, radiaalstralige aggregaten, ook korstvormig; vaak met oliveniet, adamiet, arseniosideriet. Afm. 4 mm.

N. Konichalciet; $\text{CaCuAsO}_4(\text{OH})$. Helder-(appel)groene tot smaragdgroene, fijnkristallijne, naaldvormige aggregaten, in radiaalstralige bolletjes en nier- of korstvormig. Vaak met cuproadamiet (ook op de foto te zien), of oliveniet, beudantiet. Beeldbreedte 3 mm; van Kamariza.

O. Annabergiet; $\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, op **smithsoniet;** ZnCO_3 . De monokliene annabergiet vormt fijne, groene plaatjes met kenmerkende scheve eindbegrenzing, vaak in stervormige groepen; de heldergroene kleur is van magnesium afkomstig; soms is er een geelgroene zweem. De smithsoniet is kleurloos, maar door verontreiniging blauw-, groen-, geel-, bruinachtig. Zeer variabel, o.a. nier- en trosvormig, bij Lavrion ook vaak afgeronde kristallen of kristalaggregaten, ook pseudomorf. Beeldbreedte ca. 10 mm; herkomst: "km 3".

P. Agardiet-La; $(\text{La,Ca})_2\text{Cu}_{12}(\text{AsO}_4)_6(\text{OH})_{12} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Agardiet vormt geelgroene tot grijsblauwgroene, vezelige, langgerekte kristallen; ook fijn naaldvormig; in bosjes, ook radiaalstralig. Het afgebeelde stukje agardiet-lanthaan meet 6 mm en komt uit de Serpieri-schacht. In plaats van lanthanum kunnen ook andere zeldzame aarden overheersen, zoals yttrium en cerium. Bevat het mineraal bismut i.p.v. een Z.A., dan wordt het mixiet genoemd. Ook dit mineraal komt bij Lavrion voor en wel als lichtgroene tot blauwgroene, vaak radiaalstralig geplaatste kristallen of niervormige overkorstingen.

Mineralen I, J, K, M, P uit de collectie-A.J.Schrander; O: collectie-H.Dillen; L en N: collectie-Stemvers. Foto's: P. Stemvers.

Mijnbouw in Frankrijk in de Romeinse tijd

door Lydie Touret ¹⁾ en Anton Wiechmann ²⁾

¹⁾ Ecole des Mines de Paris, 60 Boulevard St.- Michel, Parijs 75006

²⁾ Museum Boerhaave, Lange Sint-Agnietenstraat 10, 2312 WC Leiden

Inleiding

Vandaag de dag stelt de Franse mijnbouw weinig voor. Slechts enige uranium- en goudmijnen zijn nog in bedrijf, respectievelijk in de Limousin en bij Salsigne in de Pyreneeën. De ijzer- en steenkoolmijnen uit de dagen van de 19de-eeuwse Industriële Revolutie zijn verdwenen of staan op het punt voorgoed te worden gesloten. Tegenwoordig komen de minerale rijkdommen uit verre streken als Afrika, Australië, Brazilië of Canada. In een ver verleden was het wel anders. Beschavingen van Grieken en Romeinen konden zich ontwikkelen dank zij een overvloed aan mineralen die deze volkeren her en der aantroffen. Goud en zilver voor het handelsverkeer en de sieraden; lood voor leidingen en vaatwerk [!]; ijzer, koper, tin en zink tenslotte voor gereedschappen en wapens. In het symbolistisch wereldbeeld van de Romeinen hadden de metalen een astrologische betekenis. Deze waren gekoppeld aan de zeven 'planeten': goud aan de Zon, zilver aan de Maan, kwik aan Mercurius, koper aan Venus, ijzer aan Mars, tin aan Jupiter en lood aan Saturnus. De magische kracht van het cijfer '7' was in dit

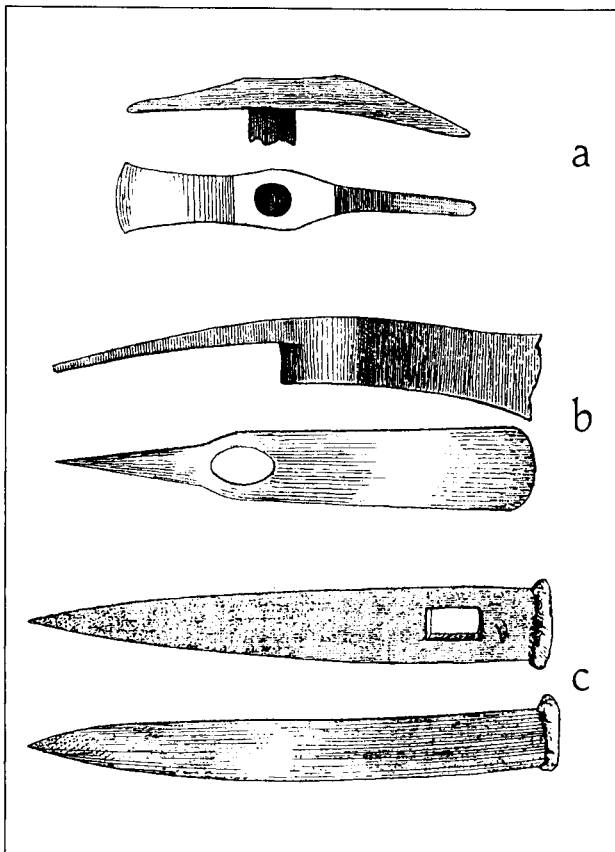
beeld terug te vinden (7 planeten, 7 dagen van de week, 7 wereldwonderen). De toenmalige symbolen van metalen en planeten worden trouwens nog steeds gebruikt. Omdat er volgens de Romeinen slechts zeven 'planeten' bestonden, waren daarmee ook alle metalen bekend. Hun geloof in die innige relatie tussen beide belemmerde zo het zoeken naar en herkennen van andere metalen. Pas in de 18de eeuw, toen het rationalisme van de Verlichting triomfeerde, vond dit wereldbeeld zijn graf. Althans bijna: rudimenten ervan bestaan nog steeds, getuige de populariteit van astrologische rubrieken.

De Romeinen mochten dan een betrekkelijk beperkte kennis van metalen hebben, toch waren zij onovertroffen meesters in de mijnbouw en vooral in het gebruik van (warm)waterbronnen. Metalen speelden een hoofdrol in de welvaart van het keizerrijk, al was het maar door de superioriteit der wapenen, die zowel de verovering van een enorm gebied als een op slavernij gebaseerde maatschappij mogelijk maakte. Ironisch genoeg zouden metalen ook aan de ondergang van dit rijk ten grondslag liggen. Volgens sommige historici kwam het zover door loodvergiftiging (saturnisme), veroorzaakt door het vaatwerk. De Grieken hadden de metalen waaraan behoefte was, als het ware voor het oprapen in de mijnen van Lavrion dicht bij Athene. De Romeinen moesten daarentegen ver van huis naar delfstoffen op zoek. Het was zeker geen toeval dat de grenzen van het rijk de ertsrijke gebieden afbakenden: Spanje, de Britse eilanden (vooral Cornwall), Centraal- en Oost-Europa. Binnen dit enorme gebied

Afb. 1. Ploeg van 8 metallarii, van gereedschap voorzien, met hun bewaker. De mijnwerkers dragen een geplooid hesje, een leren rok, een nauwe kuitbroek en ze hebben een soort bivakmuts op. Bas-reliëf in Linares, Spanje.



speelde Gallia Transalpina, het huidige Frankrijk, een hoofdrol. Vanaf prehistorische tijden werd er een aantal metalen gedolven, zoals tin bij Echassières (Massif Central) en ijzer in de buurt van de Rijn. En ... volgens mythische overlevering zou het land vol goud zitten. Klassieke schrijvers spraken daarom ook wel over 'Gallia aurifera'. De verovering was niet zonder slag of stoot verlopen, maar daarna konden de Galliërs het goed met de Romeinen vinden - nogal in tegenspraak met de beschreven avonturen van Asterix en Obelix. Als werkers vaardig en zeer gehoorzaam zijn de Galliërs de beste leerlingen van de Romeinen geweest [A. Léger, 1875].



Afb. 2. Mijnwerkersgereedschappen:
a: pikhouweel;
b: pikhouweel die beitel en hamer combineerde; afm. 30 cm.
c: pikhouweel die vooral als beitel functioneerde; afm. 33 cm.

Exploratie en exploitatie van metalen door de Romeinen

De Romeinen, systematisch als zij waren, hebben ons talrijke geschriften nagelaten over de mijnbouw. Dit geldt zowel hun methode van werken als de ingewikkelde wetgeving. Cicero, Strabo, Plinius de Oudere en Plutarchus zijn misschien de bekendste, maar niet de enige schrijvers. De bezetting van Gallië begon rond 58 v.C. met de expedities van Julius Caesar en zou enige eeuwen duren. De meest produktieve periode was de eerste eeuw n.C. onder keizers als Augustus, Nero en Traianus. De Romeinen maakten graag gebruik van orakelen, voorspellingen en andere wonderlijke zaken. Een zuiver wetenschappelijke methode ontbrak hun. Zij kwamen niet verder dan het herkennen van metallische mineralen aan het aardoppervlak (pyriet, loodglans, ertsen van zuivere metalen) die zij vervolgens in dagbouw of met ondiepe gangen dolven. Hun belangstelling bleef ook tot deze oppervlakkige lagen beperkt en zij waren er niet op uit de aders geheel en al uit te putten. Daar staat tegenover dat zij buitengewoon handig waren ook de kleinste aanwezige spoortjes mineraal te ontdekken. In het steenafval van de oude mijnen is vrijwel niets meer terug te vinden. Was een ader ontdekt, dan werd deze uitgegraven of er werd een gang gebouwd. Een grondverschuiving die de ader afbrak en verplaatst had, betekende meestal het eind van de onderneming. Gewoonlijk was het onmogelijk de ader terug te vinden. In bepaalde streken hadden de mijnwerkers een instinct voor de geologische omstandigheden ontwikkeld. In Lavrion bij Athene wisten ze bijvoorbeeld dat de mineralen vaak te vinden waren in de nabijheid van granitische intrusies. Zij sloegen putten om die te bereiken. Deze kennis werd echter niet overgebracht naar andere vergelijkbare vindplaatsen.

Mijnwerkers en slaven

Bij de mijnexploitatie werd intensief gebruik gemaakt van slaven en dwangarbeiders. Bovendien was er een strikte taakverdeling. Het lot van de onderaardse werkers (metallarii), veroordeelde misdadigers of krijgsgevangenen, was wel het minst benijdenswaardig. Onder toezicht van bewakers of soldaten werkten zij in kleine ploegen van vijf tot acht man (afb. 1). Dikwijls waren ze geboeid en kwamen ze nooit boven de grond. Bij de Rio Tinto in Spanje zijn skeletten gevonden waar de ketenen nog aanzaten. Het sterftecijfer was zeer hoog. Gewoonlijk gingen de mijnwerkers al voor hun dertigste jaar dood: door uitputting, door een ongeluk of wegens vergiftiging. In Pimolisa (Griekenland) waren de giftige dampen niet onder controle te krijgen, wat het inzetten van goedkope (!) slaven noodzakelijk maakte [Strabo, geciteerd in Davies, 1935]. Het gedolven erts werd door een andere categorie werkers naar het aardoppervlak gebracht. Het ging hier vaak om kinderen. Verdere bewerkingen vonden altijd ter plekke plaats, want mogelijkheden tot transport ontbraken. De dagwerkers (metallici) die daarmee belast waren genoten van allen het hoogste aanzien. Deze bewerkers waren lang niet altijd slaven en zij kregen over het algemeen een redelijke behandeling. In Lavrion zijn de resten van hun behuizing teruggevonden en bij Aljustel in Spanje zelfs warmwaterbaden die hun ter beschikking stonden. In de regel bewaakten soldaten de mijnen die soms, zoals in het geval van de cinnabermijnen van Almaden, zelfs van versterkingen voorzien waren.

Exploitatietechnieken

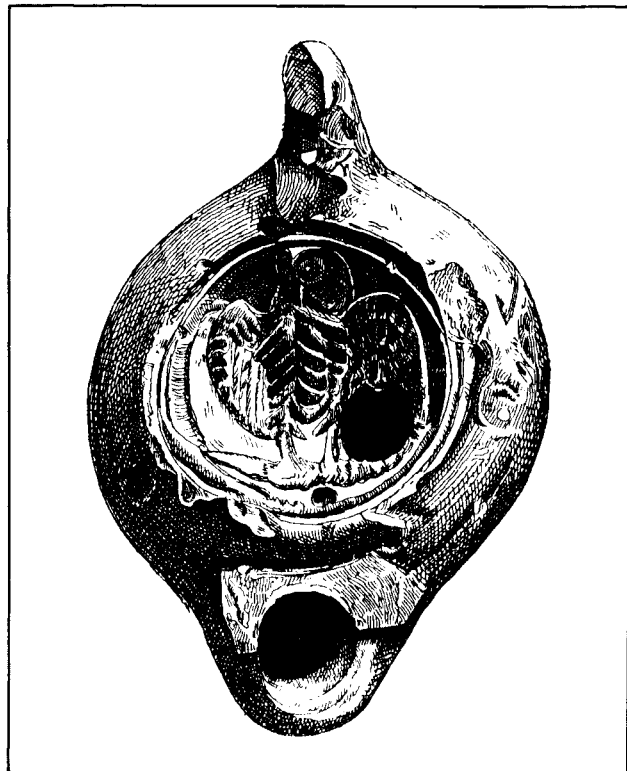
Voor de zuivering van het sediment, goudhoudend zand bijvoorbeeld, gebruikten de Romeinen de wastechiek, waarvoor ze putten sloegen. Was dit onmogelijk dan leidden zij rivieren om of legden ze aquaducten aan. De waterstroom moest zowel krachtig zijn als van een voldoende grote hoogte komen. Immers, het zand was in grote reservoirs opgeslagen, waarin het goud -- met het hoogste soortelijk gewicht -- werd neergeslagen. Opmerkelijk genoeg zouden de laat-middeleeuwse mijnwerkers precies andersom te werk gaan: zij brachten het goudzand naar de rivier en dus niet de rivier naar het goud.

Hard gesteente maakte het allemaal veel moeilijker. Grote holten zijn zeldzaam. Op verschillende diepten werden gangen geboord die met elkaar en met de buitenlucht in verbinding stonden. Een algemeen plan lijkt niet bestaan te hebben. Soms wordt een zeer regelmatig gangenstelsel aangetroffen, soms een complete wirwar. De kunstmatige schoring was onbekend; die zou pas in de late middeleeuwen door Saksische mijnwerkers gebruikt worden. Om instortingen te voorkomen liet men natuurlijke steunpilaren staan. Op het laatst werden ook die vaak ontgonnen. Het weer opvullen van de uitgegraven ruimte bleef eveneens achterwege. Zo verwijderde men ten slotte het maximum aantal natuurlijke steunpilaren waarna het geheel instortte.

Het voornaamste werktuig van de mijnwerker was de houweel met een licht gebogen kling, iets groter dan de huidige geologen-hamer. In zacht gesteente voldeed dit werktuig zonder meer, in hard gesteente kwam er een hamer aan te pas. Iedere werker beschikte over een grote hoeveelheid gereedschap, dat bovengronds door een smid geslepen werd (afb. 2). Om zeer hard gesteente te verbrossen werd het met een houtvuur verhit en vervolgens snel afgekoeld. Goten of aarden kruiken zorgden voor de aanvoer van het benodigde water. Maar vaak koelde men ook af met azijn, waarvan men dacht dat het beter werkte. De hogere kosten wogen daar tegenop.

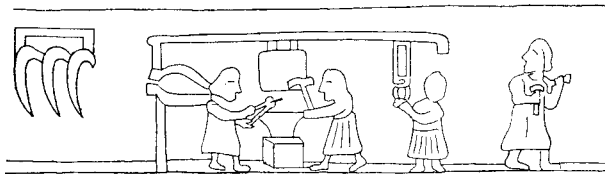
Met de hand werd het erts in mandjes verzameld. Voor de schaarse verlichting zorgden olielampjes, harstoortsen in de wand of met vet doordrenkte dierehuiden (afb. 3). De mijngangen waren gering van afmeting: minder dan 1 m hoog en ongeveer 50 cm breed. De arbeiders moesten altijd in een gekromde houding werken, wat het transporteren niet eenvoudiger maakte. Dag en nacht werden de blokken erts met een gewicht van ongeveer 50 kg van schouder naar schouder doorgegeven. Soms werd dit onmenselijke werk enigszins vergemakkelijkt door de zware blokken over aarden banen te duwen.

De benauwde afmetingen van de gangen, het voortdurende gebruik van vuur en het grote aantal personen ondergronds gaven enorme ventilatieproblemen. Waar mogelijk waren de gangen verbonden om luchtstromingen mogelijk te maken. Echter, de Romeinen beheersten de techniek van de geforceerde luchtcirculatie waarschijnlijk niet. Wel waren ze zeer goed in staat de water-



Afb. 3. Romeinse olielamp uit de mijn van Fraysse bij Alban in de Tarn.

Afb. 4. Gallo-Romeinse smederij, afgebeeld op een sarcofaag in St.-Aignan in de Aveyron.



afvoer te regelen. Door de gebrekkige pompen was alle arbeid onder de watervoerende laag moeilijk. Als de topografie het toestond, zoals bij mijnen op berghellingen, regelden goten die in het dal uitkwamen de waterafvoer. Meer dan 1 km lang en dwars door de rots liep een afvoerstelsel dat bij Centanillo (Spanje) is aangetroffen. Een ander, incompleet, systeem had daar, wanneer het voltooid zou zijn geweest, een lengte van meer dan 1,5 km. Soms maakten ze ook gebruik van machines die door mens of dier aangedreven werden. Zo kenden zij het water-opvoerend rad en de schroef van Archimedes.

Bovengrondse werkzaamheden

Bovengronds was alles erop gericht de metalen uit de erts te winnen en deze te zuiveren. Het erts werd gewassen, geselecteerd en soms tussen molenstenen verpulverd. De delen met een hoge dichtheid, zoals loodglans en goud, waren te concentreren door eenvoudige scheidingsmethoden die op deze fysische eigenschap beruisten. De werklieden waren in verschillende groepen verdeeld. De 'scaurarii' hadden de zorg voor de verschillende ovens waarin de metalen door verhitting en versmelting geconcentreerd werden. Deze producten waren over het algemeen niet erg zuiver, zodat nog één of meer omsmeltingen noodzakelijk waren. Uiteindelijk werd het metaal in een smederij verwerkt (afb. 4). De 'testarii' hielden zich vooral met edelmetalen bezig. Die verkregen zij door cupelleren, een oeroude, al door de joodse profeten beschreven techniek.

Ertswinning in Gallië ten tijde van de Romeinen

In het bezette Gallië behoorden alle mijnen aan de staat, evenals trouwens de grond, de 'ager publicus'. Dit gold overigens niet voor het gehele rijk. Ten tijde van de Romeinse republiek was de mijnbouw zelfs volledig vrij geweest. Onder de keizers was de wetgeving tamelijk ingewikkeld: naast staatsmijnen bestonden er ook particuliere. Gedurende vier eeuwen hebben de Romeinen Gallië bezet: tot aan de Rijn. Voor die tijd was dit een van de weinige landen rond de Middellandse Zee waar goud gedolven werd en dat in staat was eigen munten te slaan. De Galliërs wisten ook koper, lood en tin te bewerken, het laatste voor vertinning en oplegwerk van de gebruiksvoorwerpen. Met de 'Romeinse orde' en de onderwerping van de autochtone bevolking kwam de mijnbouw echter in een stroomversnelling. Op meer dan 150 plaatsen zijn sporen ervan teruggevonden. Deze zijn grofweg te herleiden tot zes gebieden. Van noord naar zuid (zie afb. 5):

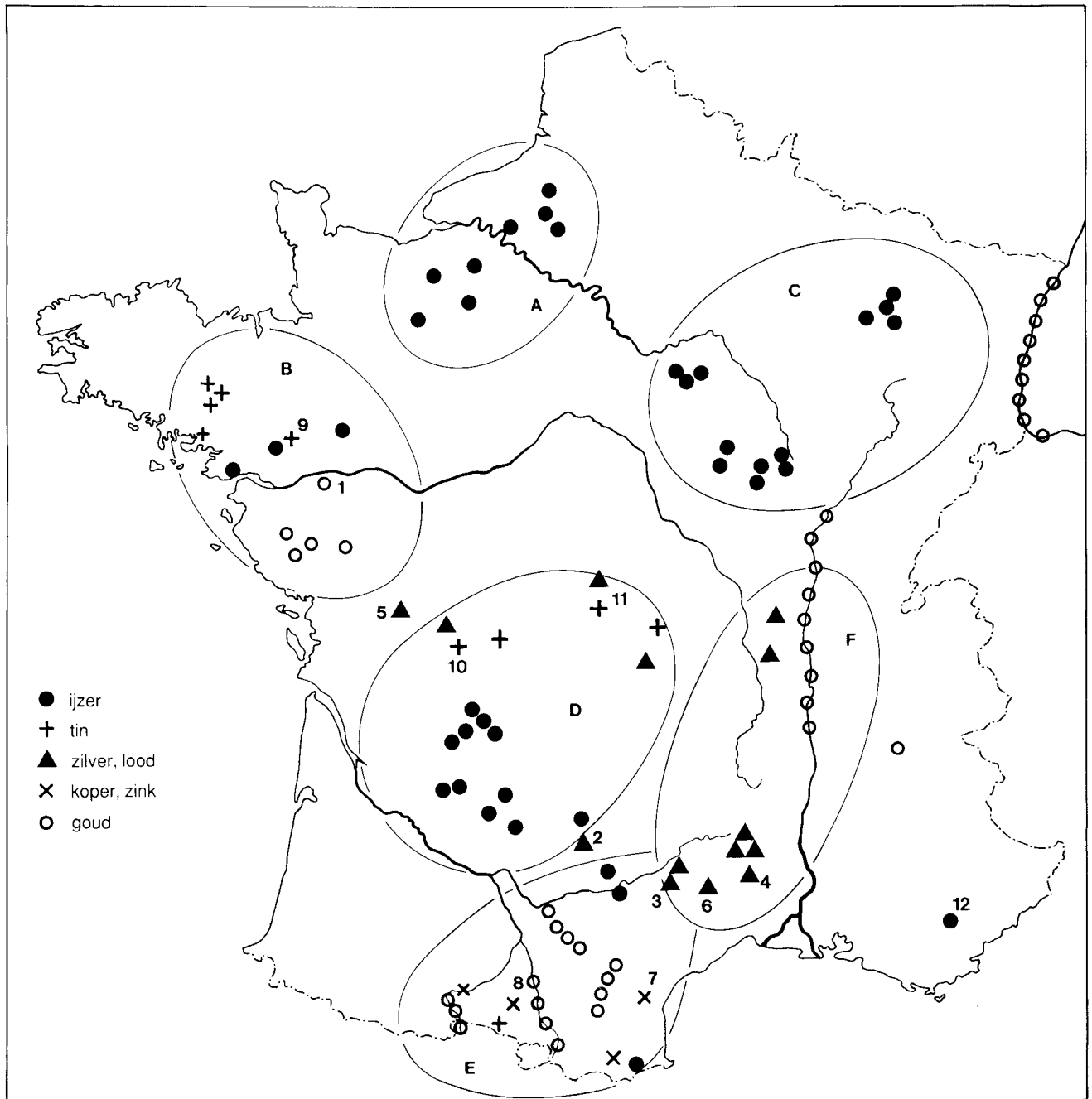
- A: Normandië: voornamelijk ijzer;
- B: het zuiden van Bretagne: tin en zilver;
- C: de Vogezen en de Morvan: zilver, lood en ijzer;
- D: het zuiden van het Massif Central: zilver;
- E: de Pyreneeën: koper en goud;
- F: het zuiden van het Rhônedal: zilver en goud.

De mijnen bevonden zich in alluviale dan wel Hercynische (Bovencarbonische) streken. Aangezien er geen duidelijke overeenkomst bestaat tussen een bepaald gebied en de gedolven stoffen, vindt de systematische behandeling plaats volgens het soort metaal.

Goud

Als enige van alle metalen is goud vrijwel altijd in zuivere toestand te vinden. Opsporing van dit edelmetaal en verwerking zijn eenvoudig en van alle tijden. Gretig heeft de mensheid altijd goud gezocht. In Gallië was het te vinden in het (kiezel)zand van de

Afb. 5. Kaart met de belangrijkste mijngebieden in Romeins Gallië.



rivieren Rhône, Rijn (nog steeds, tot vreugde van sommige liefhebbers) en vooral van de Ariège, waarvan de naam waarschijnlijk van 'aurum' is afgeleid. Veel meer rivieren, vooral in Zuid-Frankrijk, zijn toentertijd geëxploiteerd, zoals de Gard, de Cèze en de Gardon. De rivieren rond het Massif Central dankten het goud aan verwerking van conglomeraten uit het Carboon. Kwartsaders leverden daarentegen dit edele metaal in de Pyreneeën. Professionele goudzoekers zijn daar nog steeds aan het werk. In de Morbihan (Bretagne) en in het gebied van de benedenloop van de Loire kwam goud vooral in de zandgronden aan de kust voor, vaak samen met tin in de vorm van cassiteriet. Sporadisch hebben de Romeinen goud gewonnen door de cupelleertechniek toe te passen: in ieder geval zeker uit arseenkies, gedolven in Saint-Pierre-Montelimart in de Creuse (1, afb. 5). Zeldzaam efficiënt hebben de Romeinen het goud weten te vinden. Gallië beschouwden ze dan ook als een zeer rijk land. Strabo vermeldde dat vóór de verovering het goud al helemaal voor het oprapen had gelegen. Twee stammen, de Tarbellen en de Tectosagen, beheerden toen de beste mijnen. Recent bodemonderzoek maakt dui-

delijk dat in alle streken waar de Romeinen actief zijn geweest het goud verdwenen is. Tot het laatste korreltje!

Zilver en lood

Er bestonden geen zilverbijnen in Gallië. Dit metaal werd altijd gewonnen door zilverhoudende galeniet te cupellieren. Tacitus (55-120) beschreef de enorme opbrengsten van de mijnen in de Aveyron met Villefranche de Rouergue als centrum (2, afb. 5). Zilverklompen zijn er teruggevonden. Overblijfselen van mijnexploitatie zijn ook aangetroffen in de omgeving van Asprières, Bastide de l'Évêque en Roquefort-Cenones (3, afb. 5). Opgravingen ten zuiden van Villefranche leverden in 1858 een overvloed aan gebruikssporen: gereedschappen en aardewerken potten waarin de olie zat om de mijnen te verlichten. Deze streek was waarschijnlijk het centrum voor het munten van zilvergeld. Duizenden nog ongebruikte munten zijn gevonden in Goudens, bij Marcillac. Daarbij werden ook ruwe zilverklompen aangetroffen [Daubrée, 1881]. Ook andere streken produceerden zilverhoudende galeniet:

Peyre-Brune in de Tarn, de mijn van Pontgibaud in de Puy de Dôme, St.-Félix de Pallières in de Gard (4, afb. 5) en vooral de Ardèche bij het stadje Largentière dat zijn naam onmiskenbaar dankt aan het Latijnse 'argentum'. Ingemetseld in een huis is daar ook een bas-reliëf gevonden dat ooit de gevel van een gebouw van de Romeinse Munt sierde. We zien mannen die klompen zilver wegen en anderen die de brokken bewerken (afb. 6) Frankrijk telt nog talloze andere plaatsen die Argentière of Largentière heten, zoals in de Alpen bij Chamonix. Alle hebben hoe dan ook met oude zilvermijnen te maken, maar niet altijd met Romeinse. Rondom Sainte-Marie aux Mines in de Vogezen werden bijvoorbeeld de meeste zilveraders pas in de late middeleeuwen ontdekt en door Saksische mijnwerkers geëxploiteerd. Bij Melle in de Deux Sèvres (5, afb. 5) zijn de resten van achttien oude gangen teruggevonden. Sommige, vele honderden meters lang, waren in de vorige eeuw nog in gebruik. De ingangen waren zorgvuldig verborgen. Die bestonden uit smalle putten, alle ongeveer tien meter diep, waarover gewone huizen gebouwd waren. Het hele gangenstelsel had een oppervlak van anderhalve hectare. Dit geeft wel aan hoe belangrijk deze mijnen geweest moeten zijn.

Zink en koper

Gedegen zink was in de oudheid onbekend. Messing bestond wel. Ongetwijfeld werd het verkregen door zinksilikaat (kalamijn of galmei) te versmelten met kopererts of metallisch koper. Veel Romeinse munten bevatten zink waarvan het percentage tot 20% kon oplopen. De Romeinen hebben echter zeker niet systematisch naar zink gezocht. In talrijke gevallen hebben zij sfaleriet en silikaat ter plekke gelaten zoals in Saint-Félix de Pallières (4, afb. 5) en Saint-Laurent le Minier (6, afb. 5), waar hun belangstelling uitsluitend op lood- en kopererts gericht was. Intensief zijn ze daarentegen op zoek geweest naar koper, vooral in de Pyreneeën. Voorbeelden zijn het Massif van Corbières in de Aude, de mijnen van Couize of Peyre-Couverte en van Cascatel, bij Mouthoumet (8, afb. 5). Zij exploiteerden daar de zandsteenlagen uit het Permo-Trias, waarin de kopererts (vaalerts, malachiet en azuriet) door hun kleuren gemakkelijk te herkennen zijn. Naast de genoemde waren er ook kopermijnen in verschillende andere departementen, bijvoorbeeld: de Pyrenées-Orientales (koperhoudende pyriet bij La Preste), de Gard en de Aveyron (St.-Laurent le Minier en Bresson), de Savoie en Haute-Savoie (Val de Beaufort en Val Montjoie). In de 18de eeuw waren in de Isère de enorme gangenstelsels in de gemeente Garde bij Huez en de oude mijnen van Herpie en van het Lac Blanc volop in bedrijf [Legros, 1979]. Waarschijnlijk hadden ook deze een Romeinse oorsprong.

Tin

Als laatste Romeinse non-ferrometaal is tin te noemen, noodzakelijk voor de vervaardiging van brons. Plinius de Oudere had het over het 'witte lood'. De vindplaatsen waren betrekkelijk zeldzaam. Verreweg de belangrijkste in de hele oudheid was Cornwall in Engeland. In Gallië zijn sporen van tinexploitatie op diverse plaatsen teruggevonden: in het zuiden van Bretagne (het gebied van de benedenloop van de Loire: Nozay en Abbaretz, 9, afb. 5). Het ging voornamelijk om dagbouw van cassiteriëhoudend zand, ontstaan door verwerking van graniet. In alle gevallen waren de activiteiten betrekkelijk onbeduidend. Hoewel de geologische gesteldheid overeenkomsten vertoont met die in Cornwall, gold dat in ieder geval zeker niet de omvang van de exploitatie. Belangrijker waren de delvplaatsen in het Massif Central zoals Vaulry (10, afb. 5), Haute Vienne en Montbras in de Creuse (11, afb. 5). In Vaulry zijn dertig groeven ontdekt met een totale hoeveelheid steenafval van meer dan 400.000 m³ [Daubry, 1881]. Het tinerts kwam er voor in kwartsaders met een laagdikte van 3 tot 4 cm die door vergaande omzetting (greisen) van graniet ontstaan waren. Bij Montbras, op 100 km afstand van Vaulry, zijn de lagen vergelijkbaar maar de omzetting van het gesteente leidde er tot lagen van zo'n 30 tot 40 m breed en 8 tot 10 m dik. Met een onwaarschijnlijke efficiëntie vond de tinwinning plaats. Met de grootste moeite zijn tegenwoordig nog spoortjes cassiteriet in de enorme bergen afvalgesteente aan te tonen. Onder de genoemde omgezette lagen bevond zich tinhoudend graniet. Dit is in

de 19de eeuw in exploitatie genomen, maar gebrek aan goede opbrengst maakte spoedig een einde aan deze onderneming. Met sonderingen tot 2000 m wordt momenteel weer tin gezocht in het kader van een omvangrijk wetenschappelijk programma, 'Géologie profonde de la France', de tegenhanger van het Duitse onderzoek 'KTB'.

IJzer

Anders dan de andere metalen komt ijzer in grote hoeveelheden voor en zijn de ertsen gemakkelijk te herkennen en te winnen: ijzerhoudende knollen in zand en kiezel, ijzercarbonaat (sideriet) in kalksteen en in sommige kwartsaders. Daar staat tegenover dat de metallurgische bewerking betrekkelijk moeilijk is. Grote hoeveelheden houtskool zijn ervoor vereist: de nabijheid van bossen. Meestal vestigden de mijnwerkers zich ver van de bewoonde wereld in eigen dorpen, tegenwoordig te herkennen door de enorme bergen slakken uit de vroegere ovens. Soms waren deze zelfs zo overvloedig aanwezig dat ze als bouw materiaal werden gebruikt, zoals in Chauveau in de Maine et Loire. Sporen van ijzerexploitatie zijn in heel Frankrijk terug te vinden: in de huidige departementen Côte d'Or, Cher, Indre, Aveyron, Var, Ardennes, Meurthe et Moselle, etc. Economisch gezien hadden deze activiteiten een niet te onderschatten belang. Zo vormden de noodzakelijke verkeerswegen en smederijen in de handelscentra de aanzet tot structurering van de maatschappij. Het ijzererts van Ampus (12, afb. 5) werd bijvoorbeeld getransporteerd over de Via Aurelia en de eindprodukten werden over grote afstanden vervoerd. Het enorme aantal hopen ijzerhoudende slakken wijst op nomaden-exploitatie. Wanneer de plaatselijke middelen waren uitgeput, dan bouwde men elders weer een nieuwe oven.

Conclusie

Tegen het einde van de Romeinse bezetting was Gallië een welvarend land. De mijnbouw had er zich ontwikkeld tot een hoog niveau. Gemeten naar hedendaagse normen waren de werkzaamheden onmenselijk wreed. Maar ... ongeveer de grootste fout die een geschiedschrijver kan maken is de eigen normen universeel geldig te verklaren. Gemeten naar toenmalige zeden waren de omstandigheden niet buitensporig, integendeel: de voorschriften waren nauwkeurig opgesteld. Hier heerste geen willekeur, maar recht. De mijnbouw stond ook aan de wieg van een technologische maatschappij die zich langzaam en voorzichtigh ontwikkelde.

Aan dit proces kwam een abrupt einde door de ondergang van het Romeinse Rijk en de invallen uit het oosten (Vandalen, Visigoten en, later, Hunnen). Gedurende meer dan duizend jaar, tot de 14de en 15de eeuw, ontbrak elke mijnbouwactiviteit. De herrijzenis vond pas plaats met de komst van de Saksische mijnwerkers, die hun kennis over heel Europa zouden verspreiden.

Vermeldenswaard in dit verband is het fameuze handboek uit 1556 van Agricola: De Re Metallica of Das Bergwerk. Die Saksers zouden sommige Romeinse mijnen herontdekken en ze zouden nieuwe vinden. Maar meer dan een stuvourtje leverde het Frankrijk niet op. De ontdekking van Amerika en de mythe van de



Afb. 6. Bas-reliëf, gevonden in een huis te Largentière, waarop de werkzaamheden in een munt te zien zijn.

Peruaanse schatten verlegde de mijnbouwkundige belangstelling naar verre streken. De mijnbouwkundige tradities en de 'mijnwerkerskunst' verdwenen ten tweeden male. De ijzer- en steenkoolmijnen vormden tot voor kort een uitzondering.

Nu pas komt het tot nieuw bodemonderzoek, en wel op zuiver wetenschappelijke basis. Een eerste ontdekking was al uranium. Na de Tweede Wereldoorlog bleek deze delfstof in grote hoeveelheden in Frankrijk voor te komen. Tot stomme verbazing van velen overigens, want vooral in verre streken joeg men op dit 'duivelse' materiaal. Met de modernste technieken (remote-sensing, cartografie met de computer, etc.) speurt men momenteel naar verschillende metalen, in het bijzonder goud. Uit geologisch oogpunt zijn de resultaten bemoedigend. Dit onderzoek heeft in ieder geval verschillende potentiële winplaatsen opge-

leverd. Over de exploitatie beslist echter niet de mineraloog, maar de econoom en de politicus.

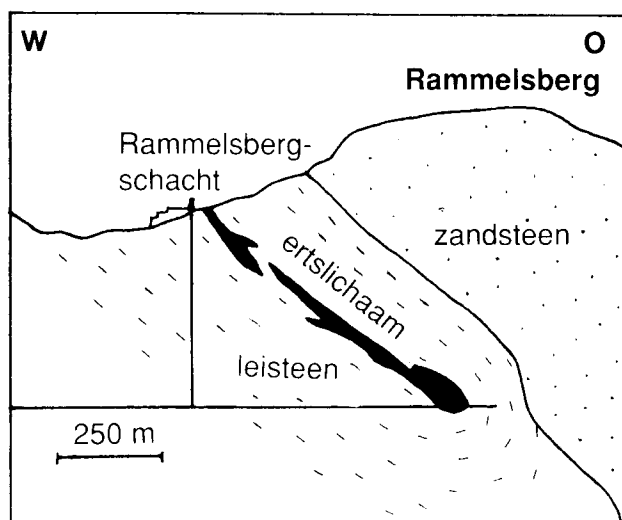
LITERATUUR

A. Daubrée, *Aperçu historique sur l'exploitation des mines métalliques dans la Gaule*, in: *Revue Archéologique*, 1881-1882; M. Daumas, *Les origines de la civilisation technique*. Paris, 1962; O. Davies, *Roman mines in Europe*. Oxford, 1935; A. Leger, *Les travaux publics, les mines et la métallurgie au temps des Romains. La tradition romaine jusqu'à nos jours*. Paris, 1875; A. Legros en M. Legros, *Histoire des anciennes mines et gîtes de l'Oisans*, 1979.

Hütten en Halden in de Harz: mijnbouw en metallurgie door de eeuwen heen

door Wim van den Berg en Cees van Loon

Recent archeologisch-mineralogisch onderzoek heeft aangetoond, dat er in de Harz al rond 300 na Chr. erts tot metalen werd verwerkt. Dit erts was afkomstig van een van de belangrijkste mijnen in het gebied, de Rammelsberg. Deze mijn, die zich nabij Goslar, aan de noordelijke Harzrand bevindt, is in 1988 gesloten: ertswinning was toen economisch niet langer verantwoord. Thans is in de Harz alleen in Bad Grund nog een mijn in bedrijf. In de Rammelsberg is dus gedurende ongeveer 1700 jaar, zij het met enkele korte onderbrekingen, erts gedolven. Het ging daarbij om zilver, lood, koper en zink. Uit oude kronieken is bekend, dat rond het jaar 970 zilver het belangrijkste mineraal was. Vanaf die tijd verschenen er in het Oostzeegebied grote aantallen zilveren munten. Aan de hand van de hoeveelheden goud en bismut, die als verontreiniging in deze munten voorkomen, heeft men kunnen vaststellen dat een deel van deze munten uit zilver van de Rammelsberg is geslagen.



Afb. 1. Vereenvoudigd geologisch profiel van de Rammelsberg.

Geologie van de ertslagen van de Rammelsberg

Tijdens het Devoon (meer dan 340 miljoen jaar geleden) was het huidige Harzgebied een zee. Plaatselijke daling deed een snel zinkend zeebekken ontstaan, de "Goslarse Trog", waarin 1000 m dik Middendevoonisch marien sediment werd afgezet. Tussen de trog en de bekkenranden ontstonden rekspleten. Hierdoor stegen vanuit een in de diepte liggende magmahaard restoplossingen omhoog, waaruit ertsen neersloegen. Deze ertsen werden samen met klei in de zee afgezet. Tijdens de Variscische gebergtevorming in het Carboon, ca. 240 miljoen jaar geleden, werden de afzettingen van het gebied onder grote druk en bij hoge temperatuur geplooid en gemetamorfiseerd tot leistein. Het fijnkristallijne erts werd geconcentreerd in een tweetal ertslichamen bij de huidige Rammelsberg.

Door de "syngenetische" vorming van deze ertsen -- dat wil zeggen dat zij tegelijk met het hen omringende gesteente zijn ontstaan, en wel uit hete, waterige oplossingen vanuit het magma -- worden de Rammelsberg-ertsen tot het syngenetisch-hydrothermale type gerekend.

Na de hoofdfase van de Variscische gebergtevorming drongen in de Harz (evenals in andere, verwante Europese middegebergten) geweldige granietmassieven omhoog. Waterige restoplossingen van het magma brachten vererping van gangen en spleten in het nevengeesteente teweeg. Deze epigenetische hydrothermale gangertsen -- waarbij het erts dus later aan het gesteente is toegevoegd -- hebben Clausthal en St. Andreasberg tot belangrijke mijnbouwplaatsen gemaakt. Deze gangertsvorkomens blijven in dit artikel buiten beschouwing.

Mijnbouw in de Rammelsberg

De twee ertslichamen aan de voet van de Rammelsberg worden "Altes Lager" en "Neues Lager" genoemd. Het "Alte Lager", dat door erosie aan de oppervlakte lag, werd uiteraard het eerst ontdekt, het "Neue Lager" pas in 1859. Het erts komt in lagen of banden voor en is zeer rijk: ongeveer de helft van het gesteente bestaat uit erts. De "high grade"- ("Reichertz"-)samenstelling is: 7 % lood, 18 % zink, 1 % koper, 12 % ijzer, 120 g/ton zilver, 0,6 g/ton goud, 20 % bariet.

Begonnen in dagbouw, heeft men vervolgens steeds dieper in de mijn moeten doordringen om de ertsaders te volgen. Daarbij stonden tot in de 17e eeuw alleen hamer en beitel ter beschikking. Met dit gereedschap kon een man in de 16e eeuw per jaar 15 - 20 meter gang hakken. (Ter vergelijking: in 1967 was de capaciteit