

verslag van een serie van drie inleidingen, gehouden door
ir. L.A.J. Pronk van Hoogeveen op 4, 13 en 27 september 1968.

WAT IS EEN ERTS

"Een erts is een mineraalaggregaat, waaruit bij de huidige stand der techniek met winst metaal gewonnen kan worden."

Niet ieder gesteente dat metaal bevat is daarom een erts. De kwalifikatie "Erts" geldt overigens bij de diverse metalen bij sterk verschillende percentages nuttige inhoud.

Zo is het winnen van ijzer pas economisch als een gesteente 50% van dit metaal bevat. Dit percentage kan overigens tot 22 dalen, wanneer het ijzer aan carbonaat is gebonden (sideriet - FeCO_3). Aluminiumhoudend gesteente is pas erts als het 52% Al_2O_3 rijk is; tin is rendabel bij 1%, op Nieuw-Guinea wordt als laagst winbaar gehalte 0,6% aangehouden. Nikkel in sulfidevorm is bij 1% wel, in silikaatvorm bij 1,4% nog niet rendabel. Het kopergehalte moet 1% zijn (in Amerika 0,7%), het lood- en zinkpercentage moet 3% bedragen. Goud kan bij 0,00012% (1,2 gram per ton!) nog economisch zijn.

Vaak maken kleine gehalten aan edele metalen de exploitatie van een goedkoper metaal rendabel: bij lood komen vaak zilver en goud voor; in Canada (Sudbury) worden lage opbrengsten uit koper-nikkelertsen door het voorkomen van platina goedge maakt.

Van pyriet, dat voor 46% uit ijzer en 54% uit zwavel bestaat, is de ijzerproduktie niet lonend (zwavelhoudend erts is trouwens voor hoogovens ongeschikt). Dit mineraal wordt wel gebruikt voor de bereiding van zwavelzuur - en is volgens de definitie geen erts.

VOORKOMEN

Aluminium maakt in de aardkorst 8% van het totaal uit. In erts moet het gehalte 32% zijn, ofwel 4 x verrijkt t.o.v. het aardkorstgemiddelde.

Voor ijzer gelden 5% en 50% als gehalten in aardkorst en erts, een verrijking van 10 x. Koper (aardkorst 0,01%, erts 1%) is 100x en zilver zelfs 1000x gekoncentreerd als het als erts gewonnen wordt.

De concentratie van bepaalde mineralen is plaatselijk dan ook zeer sterk. Ertsen kunnen voorkomen in zowel stollingsgesteenten als sedimenten of metamorfieten. Wel is er samenhang tussen bepaalde ertsen en bepaalde gesteenten. Diamant bijv. komt van oorsprong alleen in het zeer basische olivijnrijke kimberliet voor. Chromiet heeft peridotieten als moedergesteente, nikkel en platina: gabbro en noriet. Koperspikkelertsen zijn onafscheidelijk met kwartsmonzaniet, wolfram en vele zeldzame aarden zijn alleen in zeer zure gesteenten te vinden.

INDELING

Ertsen kunnen worden ingedeeld naar de wijze van hun ontstaan.

A. Magmatogene of primaire ertsafzettingen

- I. magmatisch ontstaan (bij temperaturen van 1000 tot 500°C),
- II. kontakt-metasomatisch gevormd (samenhangend met kontaktmetamorfose),
- III. hydrothermaal gevormd (niet uit een magma, maar uit een waterige restoplossing afgescheiden),
- IV. exhalatief gevormd (als gas uit gebieden met aktief vulkanisme).

B. Supergene of verweringsafzettingen

- I. eluxiaal en alluviaal gevormd,
- II. residuaair ontstaan (bijv. bauxiet),
- III. sedimentair afgezet (metalen kunnen oplossen en elders neerslaan),
- IV. door oxydatie en cementatie ontstaan (vooral koper).

C. Metamorfe afzettingen

Deze zijn zowel magmatogeen als supergeen van oorsprong en worden bij A. en B. behandeld.

A. Magmatogene afzettingen

I. Magmatisch ontstane ertsafzettingen

a. Zonder concentratie. De gezochte stof heeft zich niet op de bodem verzameld, maar komt zonder bepaalde verdichting in het omringende gesteente voor. Op deze wijze wordt diamant in kimberliet aangetroffen. (Verweerde kimberliet heet yellow-ground, gedeeltelijk verweerd heet dit gesteente blue-ground). Overigens wordt 95% van de diamanten in alluviale afzettingen gevonden (Brazilië, India, Kongo).

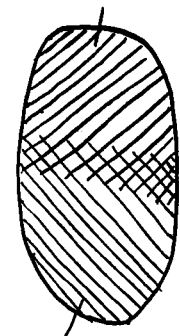
b. Vroeg-magmatisch ontstaan. De ertsen, die in een vroeg-magmatisch stadium gevormd werden, hebben zich wel door zinken gekoncentreerd. Dit soort ertsen komt voor in zeer basische gesteenten en deze zijn vrij zeldzaam: 95% van het magmatisch gesteente is granietisch! Chromiet, dat van deze categorie een voorbeeld is, komt voor in duniet en peridotiet als "luipaarderts" vanwege de gespikkelde habitus. De gele plekken tussen de donkere chromietbolletjes bestaan uit serpentijn, verweringsprodukt van peridotiet. Voorkomens: Klein-Azië, Rhodesië, Zuid-Afrika, Oeral.

c. Liquide ontmenging. In het overgebleven magma vindt liquide ontmenging plaats. Er treedt een differentiatie op van hoofdzakelijk sulfiden in het diepste gedeelte van de magmahaard en van voornamelijk silikaten in het bovenste deel. De begrenzing is overigens vaag. In de sulfidesmelt komen ijzer-, nikkel- en kopersulfiden als balletjes voor. Op deze wijze is te Sudbury, Canada, het nikkelerts gevormd. De afzettingen in dit complex verzorgen 80% van de wereldproductie van dit metaal. Het ijzersulfide is pyrrhotien, een zwavelijzervorm (Fe_7S_8) die bij hoge temperatuur en druk ontstaat. In het Sudbury-komplex, waar de magmahaard een lengte van 60 km heeft, komen naast nikkel en ijzer ook platina en arsenicum voor, evenals kobalt, dat soms het nikkel vervangt.

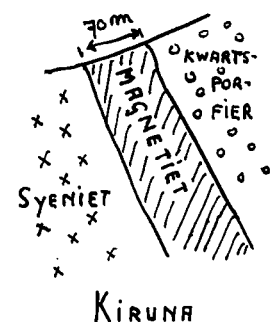
d. Residuaire vloeistof. In de residuaire vloeistof, die een temperatuur van $+700^{\circ}C$ heeft, bevinden zich o.a. magnetiet (Fe_3O_4), hematiet (Fe_2O_3), ilmeniet ($FeTiO_3$). Deze mineralen kunnen bezinken en dan uitkristalliseren, waardoor hun voorkomen massief is. Zij kunnen ook tussen de silikaatverbindingen van de vorige groep (c) zitten. Een derde mogelijkheid is, dat zij in aanwezige spleten van het nevengeesteente geperst worden. Dit is bijv. het geval in Kiruna (Zweden), waar een 70m brede gang met magnetiet tussen syeniet en kwartsporfier ingeklemd zit.

e. Pegmatieten. Het restmagma, dat veel kooldioxyde, zoutzuur en water, veelal als superkritische stoom, bevat, is bijzonder mobiel en wordt in gangen in het omringende gesteente geperst, waar het als pegmatiet uitkristalliseert. (In de toestand van superkritische stoom is water het "kritische punt" gepasseerd. Het kritische punt van een gas is de temperatuur, waarboven het gas niet meer vloeibaar gemaakt kan worden, hoe groot de druk ook is. Voor water is de kritische temperatuur $374^{\circ}C$, bij een minimale druk van 218 atmosfeer. Het is dan even dicht als in vloeibare toestand, maar mobiel als een gas

SILIKAATSMELT



SULFIDESMELT



KIRUNA

en geweldig agressief, vooral t.o.v. silikaten).

De enkelvoudige pegmatieten zijn vrij homogeen van orthoklaas en kwarts voorzien.

Samen uitgekristalliseerd vormen deze mineralen schriftgraniet. Glimmer komt soms in flinke pakken voor.

De complexe pegmatieten, die 1 à 2% van alle pegmatieten uitmaken, bevatten o.a. mineralen, die moeilijk verbindingen aangaan, zoals zirkoon, wolfram, molybdeen. Verder komen voor lithium, beryllium, niobium en tantalium.

Deze pegmatieten worden onderverdeeld in:

1. lithiumpegmatiet, waarin kunnen voorkomen: spodumeen ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$), lepidoliet, met 4% lithiumoxyde, en tantaliet $((\text{Fe},\text{Mn})(\text{Nb},\text{Ta})_2\text{O}_6)$. Het laatste erts brengt bij een concentratie van 60% 4000 dollar per ton op.

2. tin pegmatiet. Dit bevat kassiteriet (SnO_2), dat geen splijting heeft. Kongo en Rhodesië leveren dit erts. Overigens wordt 70% van de wereldproductie van tin uit alluviale afzettingen gewonnen.

3. wolframpegmatiet met wolframiet $((\text{Fe},\text{Mn})\text{WO}_4)$. Dit mineraal heeft juist een zeer goede splijting. In de Tweede Wereldoorlog bleek, dat het staal van de Duitse tanks sterker was dan dat van de Geallieerden. Een toevoeging van wolfram bleek daar de oorzaak van. Nadat ook de Geallieerde tanks van dergelijk staal werden gemaakt, was de gevechtsterkte even groot.

4. molybdeenpegmatiet. Deze bevat molybdeniet (MoS_2).

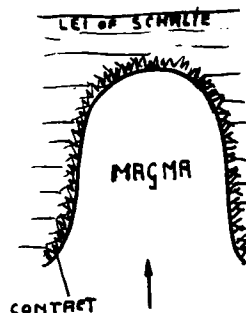
5. uraanpegmatiet.

6. fosforpegmatiet.

II. Kontaktmetasomatische ertsafzettingen.

In de contactzone van de magmahaard met het omringende gesteente zijn, door de gewijzigde temperatuur en druk, sommige mineralen van het nevingesteente niet meer stabiel. Door de aanwezigheid van het magma is er aan- en afvoer van stoffen, waardoor de chemische samenstelling verandert en de vorming van nieuwe mineralen mogelijk is. Dit verschijnsel noemt men metasomatose. Verandering van een gesteente t.g.v. druk en temperatuur, zonder dat de chemische samenstelling wijzigt, is metamorfose, bijv. kalken, die in marmar overgaan. Wanneer substanties uit het magma toegevoerd worden kunnen ijzeroxyden, silikaten en sulfiden ontstaan, waarbij het vluchtige kooldioxide ontwijkt. In de contactzone met kalksteen als nevingesteente komt dan een gesteente voor met veel granaten en sulfiden (chalkopyriet, galeniet, sfaleriet) en ook magnetiet. Dit gesteente wordt in Zweden met de verzamelnaam 'skarn' aangeduid.

Andere mineralen die kontakt-metasomatisch gevormd worden zijn: grossulaar, diopsied, hedenbergiet, aktinoliet, epidoot, vesuviaan, scheeliet (CaWO_4).



III. Hydrothermale ertsafzettingen.

Deze worden in vier groepen onderscheiden:

	temp. °C	druk kg/cm ²	diepte
a. hypothermale afzettingen	500 - 300	2500 - 1000	10 - 4 km
b. mesothermale afzettingen	300 - 200	1000 - 150	4 - 1 km
c. epithermale afzettingen	200 - 50	150	1,3 - 0,3 km
d. telethermale afzettingen	90	70	300 m

Na de magmatische differentiatie blijven er warme, waterige oplossingen over, die hypo-gene oplossingen genoemd worden. Aanvankelijk zijn zij door de aanwezigheid van zoutzuur, zwavelwaterstof, fluorwaterstof en kooldioxide aan de zure kant. Geleidelijk worden ze alkalischer, de concentratie van metalen neemt toe, de temperatuur neemt af, wat uiteindelijk leidt tot de afzetting van hydrothermale ertsen. Tijdens de weg naar boven worden twee soorten ertsafzettingen gevormd. Ten eerste die op grote diepte ont-

staan door oplossen en precipitatie (neerslaan): replacement, metasomatose.

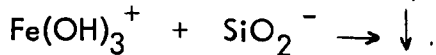
Ten tweede worden meer aan de oppervlakte, waar de druk gering is, reeds bestaande holten opgevuld (cavity filling). Tussen beide ketagorieën bestaan overgangen en combinaties.

Oorzaken van afzetting.

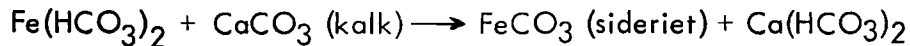
In de fluide fase komen zowel ionenoplossingen als kolloidale oplossingen voor. De oplossingen van ionen, positief of negatief geladen deeltjes van zeer kleine afmetingen (1 Å of 0,0000001 mm), komen in veel geringer concentraties voor dan die van de kolloïden. Dit zijn in een oplosmiddel aanwezige molekuulgroepen van grotere afmetingen: 10 - 2000 Å, die positief geladen zijn. Voorbeelden zijn zinksulfide, arsenicum- en zwavelmolekulen (As₂ en S₃) en ijzerhydroxyde (Fe(OH)₃).

Komt een kolloïde, bijv. barium (Ba²⁺), in contact met bijv. een negatieve sulfaatgroep (SO₄⁻), dan slaat het neer en bariet wordt gevormd. Dit kan o.a. op het kruispunt van gangen het geval zijn. Kolloïdale oplossingen kunnen een gel vormen, die in kristallijne vorm kan overgaan. De kristalvorm is dan vaak vezelig en radiaalstralig. Het oppervlak is een schaalvormige overkorsing ("druive-tros"), zoals bij mangaanoxyden en andere mineralen, w.o. chalcedoon, mogelijk is.

Sommige kolloïdale oplossingen, bijv. het zeer algemene ijzerhydroxyde, vlokken uit wanneer zij in aanraking komen met elektrolyten:



Als het omringende gesteente niet met de kolloïdale oplossing in evenwicht kan bestaan, lost het op en slaat neer in een andere vorm:



Ook wanneer het milieu van een oplossing van zuur overgaat naar meer alkalisch, heeft dit vaak precipitatie tot gevolg. Maar de belangrijkste oorzaak van het neerslaan van ertsen is wel de temperatuurverlaging.

Wijzen van circulatie.

De hydrothermale oplossingen komen, door de fysische en morfologische verschillen van het nevestigesteente, op diverse wijzen tot afzetting. Ten eerste is de porositeit van het gesteente van belang. Deze is voor klei 30%, voor zandsteen 15%, voor graniet 1/3%.

Ook spelen de mate van doordringbaarheid en de aanwezigheid van laagvlakken een rol. De aanwezigheid van holten en blazen in lavastromen maakt, dat in de koppen van lava's erts kan voorkomen: koper in Michigan, goud in Canada.

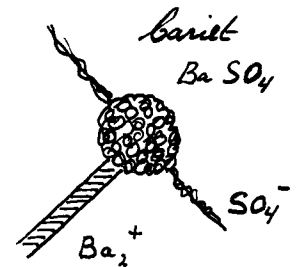
Bij het afkoelen van vooral zure gesteenten treedt krimp op, die zelfs 10% bedragen kan. Hierdoor ontstaan spleten, scheuren en gangen.

Bij plooien kunnen rekspleten optreden, waarin zgn. zadelertsen gevormd kunnen worden. Ook bij verschuivingen kan door rek ruimte ontstaan, waarin erts tot afzetting kan komen.

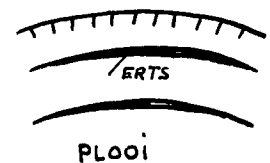
Als het gesteente onder hoge druk staat en er geen grote breuken maar vele kleine scheurtjes ontstaan, kunnen deze laatste door erts worden opgevuld. Deze ertsvoorkomens noemt men shear-zones.

Ook breksies kunnen t.g.v. verschuiving ontstaan. Om de gesteentefragmenten zet zich schaalvormig bijv. galeniet of sfaleriet af: ringel- of kokardenerts, dat veel in de Harz wordt gevonden.

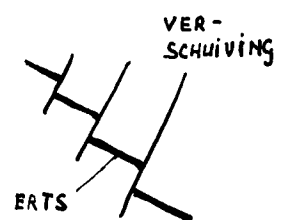
Door het oppervlaktewater wordt kalksteen gemakkelijk opgelost. De gevormde holten kunnen verertsen, zoals bijv. het geval was bij de siderietvoorkomens bij Santander, Spanje. Van de breksieertsen is metasomatoseerts moeilijk te onderscheiden. Maar bij de



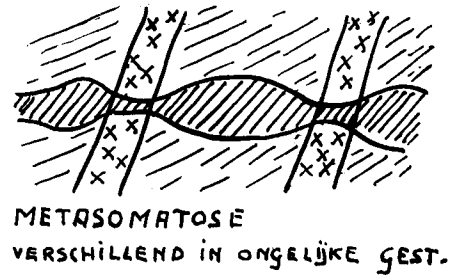
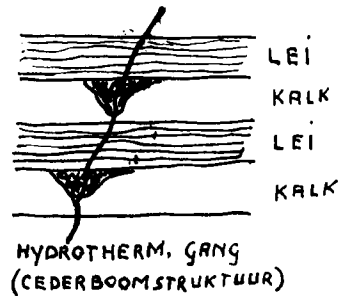
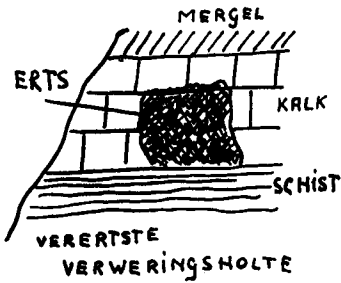
"druive-tros"



PLOOI



eersten is de gerichtheid van de gesteentefragmenten door de verschuiving verschillend. Bij de tweede groep hebben de fragmenten dezelfde richting van gelaagdheid als het omringende gesteente. Metasomatose komt voor in alle soorten gesteente; het gemakkelijkst komt het tot stand in kalken en dolomieten, goed in leien, maar lastig in zandsteen.



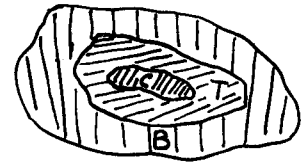
Door metasomatose worden soms gesteenten geheel aangetast en veranderd. Bepaalde gesteentesoorten kunnen de weg wijzen naar nieuwe erts vondsten. Zo kan een gesteente verkwartsen, d.w.z. de veldspaat gaat geheel over in kwarts: een greis is ontstaan. Greisenvorming wijst op hoge temperatuur en komt alleen in zeer zure granieten en pegmatieten voor. Toermalijn, lithiumglimmers en topaas begeleiden dit proces. Eveneens bij hoge temperatuur en druk komen topazering en toermalinisatie voor en wel in granieten, kwartsiet en leien - niet in kalken, want deze zijn arm aan aluminium, en dit element komt steeds in topaas en toermalijn voor. Biotitisatie vindt plaats bij hoge temperatuur. Zeer verbreid is silicifikatie: het gesteente verkiezelt in kwarts en chalcedoon. Naarmate de kwarts grover is, is het bij hogere temperatuur omgezet. Deze omzettingen zijn hypothermaal. Bij sericitisatie wordt orthoklaas omgezet in sericiet. Dit kan gesteenten over kilometers afstand veranderen (mesothermaal). Bij lage temperaturen kan er pyritisatie en chloritisatie zijn. Het laatste kan voorkomen in basische vulkanische gesteenten: andesieten, bazalten, enz. Serpentinisatie vindt plaats in basische, olivijnhoudende dus magnesiumrijke gesteenten. Kaolinisatie doet orthoklaas overgaan in kaolien.

Successie van afzetting.

Mineralen kristalliseren uit in een bepaalde opeenvolging. Silikaten hebben voorkeur voor hoge temperaturen, daarna komen oxyden, dan sulfiden, sulfaten en uiteindelijk antimon-, kwik- en andere verbindingen. Op deze algemene regel zijn vele afwijkingen. Het is eerder het samen optreden van bepaalde mineralen en natuurlijke mineraalcombinaties (paragenese). Ook temperatuur en druk, de samenstelling en concentratie van de oplossing spelen een rol.

hoge T	lage T				
pyriet		kwarts	fluoriet	carbonaat	- 120 m
arsenopyriet				antimoniet	tot 150°C
	chalkopyriet	toermalijn	wolf.	galeniet + zilver	- 180 m
sfaleriet				sfaleriet	- 720 m tot 400°C
(ijzerrijk, donker)	(honingkleurig)			chalkop. + sf.	
	galeniet			chalkop. + wol.	- 1500 m
kwarts				wolframiet	tot 500°C
(bij lage T meer chalcedoon)				kassiteriet	- 2850 m tot 550 à 575°C

De zonaire opeenvolging van ertsmineralen is mooi vertegenwoordigd in Cornwall, waarvan hiervoor een schematische weergave staat. Niet vertikaal maar horizontaal is de successie te vervolgen in Butte, Montana. In de centrale zone van dit ertsgebied komen mesothermaal ontstane koperverbindingen voor. Meer excentrisch liggen zones met bij steeds lagere temperatuur gevormde ertsen. Het meest naar buiten toe gelegen zijn sfaleriet, galeniet en rhodochrosiet.



c=centrale zone
t=tussenzone
b=buitenste zone

Soorten van hydrothermale ertsafzettingen.

a. De eerste groep hydrothermale afzettingen is de hypothermale. Deze is bij hoge temperatuur (500-300°C) in de diepte (10-4km) gevormd en is geologisch oud, meestal Precambrijsch of Paleozoïsch. De erin voorkomende mineralen zijn:

1. silikaten: granaat, amfibool, pyroxeen, toermalijn, topaas, grove glimmer, alkaliveldspaat;
2. oxyden: kassiteriet (tinoxide, SnO_2), wolframiet ($(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$), scheeliet (CaWO_4), magnetiet (Fe_3O_4);
3. sulfiden: molybdeniet (MoS_2), arsenopyriet (FeAsS), pyrrhotien (hoge-temperatuur-pyriet, Fe_7S_8), chalkopyriet (CuFeS_2), ijzerhoudende sfaleriet (ZnS);
4. gedegen goud.

Verder zijn er zgn. doorlopers: kwarts (melkkwarts) en pyriet.

De paragenese lijkt veel op die van de pegmatieten en kontaktmetasomatische afzettingen. Ze bestaan uit onregelmatige bandstructuren, het centrale deel is vaak zuivere kwarts. Het nevangesteente wordt door toermalinisering, greisenvorming, topazering en biotitisatie omgezet.

De economisch belangrijkste afzettingen zijn:

1. de "oude" goudgangen (Precambrijsch en enkele Paleozoïsche - "jonge" goudgangen zijn epithermaal in vulkanieten gevormd en bevatten behalve goud ook zilver. Het gehalte in de "oude" is 6 - 15 g per ton, wat zelden met het blote oog te zien is. Voorkomens liggen in oude schilden: Porcupine (Ontario), Alaska, Siberië.
2. kassiteriet(tinoxide)-gangen, die meestal samengaan met greisenvorming (verkwartsing)
3. wolframietafzettingen, in kwartsrijk milieu. Scheeliet en kassiteriet zijn belangrijke begeleiders.
4. chalkopyriet-gangen. Soms bevatten deze goud en vormen dan overgangen naar de "oude" goudgangen.

b. Mesothermale afzettingen (gevormd bij 300-200°C), (4-1km diep), bij een druk van 1000 - 150 kg/cm²). Deze zijn ondieper ontstaan dan de hypothermale en hebben vaak verbindingen met de oppervlakte. Ze veroorzaken een zeer intensieve omzetting van het gesteente. Sericitisatie, silifikatie en chloritisatie gaan ermee gepaard.

De mineralen zijn:

1. silikaten: chloriet, sericiet.
2. sulfiden: pyriet, chalkopyriet, enargiet (Cu_3AsS_4), verder o.a. verscheidene kopersulfiden, sfaleriet, galeniet.
Gangmineralen zijn, behalve kwarts, vooral calcië en sideriet.

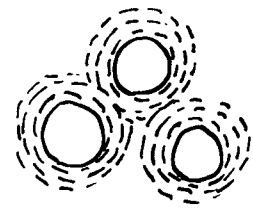
De mesothermale afzettingen komen voor in breuksystemen, shear zones, breksies en verbrijzelde zones. Ze manifesteren zich als onregelmatige of symmetrische bandstructuren langs wanden of breksiebrokken. De belangrijkste economische afzettingen zijn:

1. koperspikkelertsen (porphyry coppers) in N- en Z-Amerika, van Krijt- tot Eoceen-ouderdom. Ze komen voor in de verbrijzelingszones van zure gesteenten zoals monzonieten en granodiorieten en zetten het nevangesteente zeer intensief om. Het belangrijkste mineraal is chalkopyriet. Het kopergehalte van het gesteente is 1%;
2. kopergangen, bijv. Butte (Montana);
3. massieve pyriet-lichamen: Rio Tinto, Spanje. Het gesteente wordt gebruikt voor de bereiding van zwavelzuur.
4. gangen met sfaleriet, galeniet, chalkopyriet en pyriet. Tezamen met de galeniet komt ook zilver voor (Harz, Freiberg);

5. tin-zilverertsen van Bolivia. Cerro Rico de Potosi was in de Spaanse tijd de rijkste zilvermijn - nu bijna uitgeput;
6. siderietgangen, met overgangen naar sideriet-galeniet en sideriet-chalkopyrietgangen. Ze komen als onregelmatige massa's voor in kalken en dolomieten, bijv. Noord-Spanje (Bilbao), N-Afrika, Oostenrijk (Steirischer Erzberg). Al is het ijzergehalte van een ijzererts laag (30 - 38% Fe), toch kan er rendabel gewerkt worden t.g.v. de gemakkelijke verwerking van carbonaten in hoogovens.
7. mesothermale goudgangen. Deze missen de typische hogetemperatuur-mineralen van de "oude" gangen. Voorbeeld: de saddle-reefs van Bendigo, Australië, waar het waardevolle gesteente in zadels van plooiën zit.

c. Epithermale afzettingen. Deze ontstaan bij lage temperatuur en druk: 200 - 50°C, minder dan 150 kg/cm², op geringe diepte: 1300 - 300 m. Ze gaan vaak over in telethermale afzettingen, die nog meer aan de oppervlakte zijn gevormd. Vaak zijn ze verbonden met subvulkanische intrusieve gesteenten (porfieren, porfirieten, andesieten) en zijn geologisch jong: Tertiair. Zowel metasomatose als opvulling van holten komt voor. Kokarden-erts, ringelerts, ertsbreksies, zijn de vormen, waarin de mineralen neerslaan. Er zijn doorgaans geen kristallen of zeer kleine, meestal is een gel neergeslagen of zijn er schaalvormige kolloforme overkorstingen. Deze mineralen zijn:

1. silikaten: lagetemperatuur-vormen zoals sericiet, chloriet, adulaar en zeoliet;
2. sulfiden: fijnkorrelige pyriet, markasiet, chalkopyriet, sfaleriet, galeniet, gedegen koper, zilver- en loodsulfaten. Realgaar (AsS), antimonië (Sb₂S₃) en cinnaber (HgS) behoren tot de laatste mineralen die gevormd worden.



RINGELERTS

Gangmineralen zijn calcië, rhodochrosiet, fluoriet en bariet.

Ekonomisch belangrijke afzettingen zijn:

1. jonge goud- en zilvergangen in omgezette andesieten van jonge, vulkanische gebieden (Brits Columbia, Filippijnen, Malakka, enz.). Aangezien zilver in goud oplost, is het Ag-gehalte in de oude goudgangen laag. In de jonge gangen kan het zilverpercentage meer dan 25% bedragen: electrum; Zilver komt vooral voor in de vorm van argentiet (AgS). Kwarts, vaak als amethyst, is een belangrijke begeleider;
2. gedegen-koperafzettingen in zeolieten en adulaar (Lake Superior, USA);
3. telethermale lood- en zinkafzettingen met galeniet en sfaleriet. Deze zitten vaak metasomatisch in kalksteen, bijv. in de USA en ook in de dolomiet bij Santander. Honingblende (ijzervrije sfaleriet) is daar begeleider;
4. impregnaties van cinnaber (kwiksulfide) in verschillende gesteenten, bijv. bij Almaden in de provincie Sierra Morena (Spanje), waarin, in Silurische kwartsieten, soms meer dan 100m lange lenzen en gangen erts voorkomen met een zeer hoog gehalte;
5. antimonië-afzettingen, bijv. in China, Potosi (Mexico), Balkan;
6. fluoriet- en barietafzettingen.

IV. Exhalatieve afzettingen.

Uit vulkanen en in gebieden met actief vulkanisme ontwijken gassen uit de diepte. Deze gassen kunnen ook submariën zijn. Plaatselijk kunnen deze exhalaties economisch geëxploiteerd worden, bijv. zwavelafzettingen van deze aard in Chili, Japan, Indonesië.

In de "Valley of Ten Thousand Smokes" in Alaska ontstaan uit allerlei spleten grote hoeveelheden magnetiet en hematiet. Ook bijv. bij de Vesuvius worden ijzerverbindingen geëxhaleerd. Volgens Duitse geologen zouden de hematietvoorkomens in het Lahn- en Dillgebied het gevolg zijn geweest van submariene exhalaties tijdens vulkanisme in het Devoon. Amerikaanse geologen nemen voor Precambrische ijzerkwartsieten (hematiet en SiO₂) een soortgelijk ontstaan aan. Deze gelaagde ijzerkwartsieten komen in alle continentale schildgebieden voor (zie onder B III a. in het volgende nummer van "GEA").

J. Stemvers - van Bommel