

groter dan het neerslagoverschot. Uitschieters worden gevonden aan de voet van de Utrechtse Heuvelrug, waar de combinatie van een sterke drukgradiënt en een dun Holoceen pakket de kwelstroming stimuleren. Zo vertonen de Béthunepolder en de Horstermeerpolder een kwel van meer dan 10 mm/dag. In de eerstgenoemde polder wordt dit water, dat omgerekend een hoeveelheid van 30 miljoen m³ per jaar vertegenwoordigt, gewonnen voor de drinkwatervoorziening van Amsterdam; de kwel in de Horstermeer is zout.

De totale hoeveelheid natriumchloride (keukenzout) die als gevolg van zoute kwel onze polders binnendringt en daarmee het polderwater belast, wordt geschat op 50 miljoen ton per jaar. Een deel van dit zout komt direct in de sloten, een ander deel verzilt de bodem. Het bodemzout wordt grotendeels uitgespoeld door het neerslagoverschot dat gedurende de winter in de grond dringt en vervolgens via het drainage-systeem weer wordt afgevoerd. De doorspoeling van de sloten en kanalen op hun beurt gebeurt met regenwater en ingelaten rivierwater.

Literatuur

Het boven gepresenteerde overzicht vormt een sterke schematisering van de werkelijke situatie, en een veralgemenisering van de processen die daartoe hebben geleid. Niet is ingegaan op details en op het hydraulisch en geochemisch onderzoek dat in

verschillende gebieden is verricht. Daarom wordt in de literatuurlijst, naast de hier aangehaalde publikaties, enige overzichtswerken en enkele meer op lokaal onderzoek gerichte artikelen gegeven.

- Beekman, H.E. (1991). Ion chromatography of fresh- and seawater intrusion. Dissertatie Vrije Universiteit, Amsterdam, 198 p.
 Commissie Hydrologisch Onderzoek TNO (1989). Water in the Netherlands. Den Haag, 96 p.
 Drabbe, J. en W. Badon Ghijben (1888/1889). Nota in verband met de voorgenomen putboring nabij Amsterdam. Tijdschrift Kon. Inst. v. Ingenieurs, Verh. 1888/1889, p. 8-22.
 Geirnaert, W. (1973). The hydrogeology and hydrochemistry of the Lower Rhine Fluvial Plain. Leidse Geolog. Med. 49, p. 59-84.
 Instituut voor Grondwater en Geo-Energie TNO. Grondwaterkaart van Nederland. Vele kaartbladen met toelichtingen. Linden, F. van der en C.A.J. Appelo (1988). Hydrochemie en herkomst van zout kwelwater in de Horstermeerpolder. H₂O 21, p. 671-675.
 Maas, C. (1989). Het voorkomen van zout grondwater in Nederland. H₂O 22, p. 214-219.
 Vries, J.J. de (1980). Inleiding tot de Hydrologie van Nederland. Rodopi, Amsterdam, 127 p.
 Vries, J.J. de (1981). Fresh and salt groundwater in the Dutch coastal area in relation to geomorphological evolution. Geologie en Mijnbouw 60, p. 363-368.
 Vries, J.J. de (1982). Anderhalve Eeuw Hydrologisch Onderzoek in Nederland (1830-1980). Rodopi, Amsterdam, 195 p.

Gesteentewandelingen in en om Hoorn

door Dr. Jan Verhofstad

In de 16e eeuw stak Hoorn, als rijke koopmansstad, Amsterdam naar de kroon. Amsterdam bleek ten slotte sterker: de handel had een veel groter achterland en er was meer kapitaal voorhanden. Toch kan de Westfries

van thans tevreden zijn met wat resteert uit de bloeiperiode. Een overzichtelijk stadsplan en veel goed geconserveerde gevels in oude stijl garanderen al een interessante historische excursie langs Rode Steen, Sint Jan's

Gasthuis en Oosterpoort. Voor de liefhebbers van gesteenten wordt dit aangevuld met een gevarieerd aanbod van natuursteen in monumenten en in de winkelstraten. Een leerzame petrologische wandeling kan gevolgd worden door een bezoek aan de grandioze "expositie" van noordelijke zwerfkeien in de vernieuwde dijkgloreringen bij Schellinkhout, op 5 km van Hoorn langs de IJsselmeerdijk, richting Enkhuizen. De binnenstad van Hoorn is betrekkelijk klein, waardoor de vele gesteenten op korte afstand met elkaar zijn te vergelijken. Ik aarzel dan ook niet u ietwat zigzaggend door de straten te leiden.



Afb. 1. "Kinderhoofdjes" van kwartsitische zandsteen in rijweg van Rode Steen te Hoorn. Middelste kassei vertoont kriskras-gelaagdheid.

Hoorn: de binnenstad

Haalt u eerst een plattegrond van de stad bij de VVV (op zondag gesloten), gevestigd in de Statenvoort, tot 1977 het stadhuis van Hoorn. Onze tocht door Hoorn begint op het voormalige marktplein, de Rode Steen. De imposante gevels van Waag en Westfries Museum kijken neer op het standbeeld van Jan Pieterszoon Coen, een Hoornse telg met een thans omstreden carrière. Naast het standbeeld staat u op een ronde, rode zandsteen: dit was de plaats waar in de 14e eeuw recht werd gesproken en lijfstraffen werden uitgevoerd, zelfs onthoofdingen. De bloedkleur van de steen dateert echter uit de Triasperiode, want hoogstwaarschijnlijk is het een uit Duitsland afkomstige Bontzandsteen.

Het ruime rijgedeelte van het plein is nog geheel bestraat met gladde kinderhoofdjes. U kunt het beste zelf op zoek gaan naar zandsteen- en kalksteenkeutjes, waartussen een paar grijze en rode porfieren. Tussen Museum en J.P. Coen vooral veel **kwartsitische zandsteen**, een stevig, niet erg poreus gesteente met fijne laminatie (mini-laagjes), soms met kriskrasgelaagdheid: in één kassei treft u dan verschillende laagrichtingen aan die elkaar onder een kleine hoek afsnijden (afb. 1). Een kleine, geologische puzzel voor u om ter plaatse op te lossen: *welke kant van de kriskrasgelaagde zandsteen heeft in de natuur boven gelegen?* Antwoord zie *).

De porfieren liggen erg verspreid, zij tonen een spikkeling van witte of zachtroze veldspaatkristalletjes van vaak hoekige gedaante (idiomorf).

Lichtgrijze **hardsteen**, "petit granit", ofwel voor ons de Kolenkalk uit het Carboon, is net als in vele andere Nederlandse en Belgische steden rijkelijk aanwezig als grote stoepstenen of -tegels, in plinten (onderste deel van een gevel) of kozijnen. Ook als hele gevels zoals van Waag en Museum. Ze toont u een wellicht bekend assortiment aan fossielen uit het rijke Ondercarbonische mariene leven: koralen in kolonies, solitaire koralen, brachiopoden, kalkalgen, een paar slakkehuisjes en veel, heel veel stengelfragmenten van zeelelies of crinoïden. Vooral bij regenweer (neem anders water en spons mee) zijn er in Grote Oost, het Ramen en andere zijstraten genoeg zelf te vinden, een enkele zal ik u aanwijzen. Kijk bijvoorbeeld eens naar de ongeveer middelste grote tegel tussen ingang Museum en het fraaie smeedijzeren hek (dat pas om 11.00

uur opengaat, weekend om 14.00 uur!); hierin veel schalen van brachiopoden of "armpotigen", ongewervelde dieren die meestal met een steeltje aan zeebodem of rots vastzaten. Ze behoren tot een geheel ander Phylum dan onze strandschelpen (Bivalvia) en waren vooral in het Paleozoïcum heel talrijk. Bekijk ook de voor-gevel van het Museum en de stoep van nr. 15, waar behalve een enkel slakkehuis (Gastropoda) veel koraaldoorsneden zijn te bewonderen. Het zal u opvallen dat al deze schalen of skeletresten vrij ordeloos door elkaar liggen; zij bevinden zich niet in groeipositie, maar zijn na afsterven van het dier of van de kolonie verplaatst, daarbij vaak stukgeraakt, gebroken en door lichte stromingen hier en daar weer samengespoeld. Vandaar die lokale concentraties van fossielen.

Van oorsprong waren de zeeleliestengels wel een halve meter lang, nu blijken ze geheel uiteengevallen in losse "knoopjes", kleine ronde schijfjes met maar één gaatje. Soms zijn ze nog in een korte stapeling bewaard gebleven, waarin de gaatjes aaneensluiten tot een centraal kanaal. De zeelelies zijn familie van zee-eegels en zeesterren, ook zij waren in het Paleozoïcum een belangrijke diergroep; thans komen er nog enkele in de diepzee voor. Wanneer andere fossielgroepen niet zo op de voorgrond treden, spreekt men wel van crinoïden- of trochietenkalk.

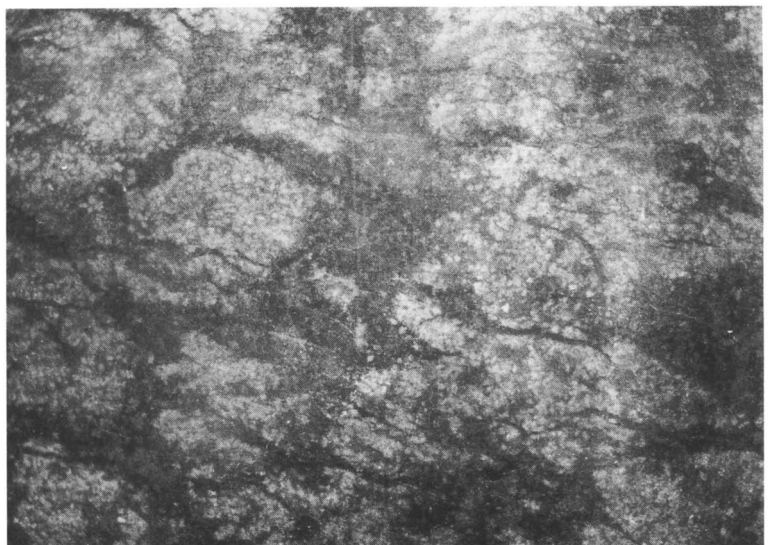
Op het Grote Oost zit een mooie koraalkolonie in de treden van het Foreestenhuis, nr. 43, en dan bent u vanaf de Rode Steen al talloze brachiopoden en ander kleingrut in plinten en stoepen gepasseerd. Op het Achterom (achter het Museum) liggen, precies tussen de nummers 3 en 5, enkele tegels met stromatoporen, kalkige knollen van 10 à 20 cm doorsnede met een zeer fijne laminatie (alleen in natte toestand zichtbaar), waarvan men het dier niet kent. Waarschijnlijk waren het kolonievormende diertjes uit een ondiep marien milieu; in het Paleozoïcum van de Eifel zijn ze erg talrijk, maar thans uitgestorven.

Zandsteen zult u na de Rode Steen niet veel meer tegenkomen, alleen nog in enkele oude poortjes achter de Grote Kerk. We blijven echter nog even bij de sedimentgesteenten. De Bioscoop Winston op de hoek van Rode Steen en de winkelstraat het Grote Noord heeft een wand met **travertijnsteen**. In de poriën nestelt zich op den duur vuil en daarom wordt de steen wel met een voegmiddel of cement afgestreeken, zoals op Grote Noord nr. 55 (Dolcis) is te zien. Het ontstaan van deze kalk is ongeveer te vergelijken met die van druipsteen: grondwater, dat in een



Afb. 2. Serpentiniet, gepolijst, in winkelpui. Het gesteente is geheel opgebouwd uit zeer fijnvezelige serpentijnmineralen. Beeldbreedte 40 cm.

Afb. 3. Donker ultrabasisch gesteente uit de peridotiet-familie. Beeldbreedte ± 30 cm.



kalksteengebergte circuleert, raakt verzadigd met opgelost calciumcarbonaat (kalk); dit laatste slaat weer neer bij uittreden uit het gebergte, bijvoorbeeld aan een bron, waar het water aan de lucht verdampt. In grote halfronde poelen, terrasvormig langs de bergwand aangelegd, bezinkt de kalk in onregelmatig gelaagde structuren, bij welk proces ook algen een grote rol spelen.

Na de kalkstenen eerst een woord over **marmar**, dat u onder andere bij bioscoop Victoria (Grote Noord nr. 37) aantreft, en wel een grofkorrelige soort. Er bestaan vele soorten marmar, in allerlei kleuren en velerlei korrelgrootten, alle gevormd door metamorfose van diverse kalkstenen. Door warmte en hoge druk wordt een hele kalksteen omgevormd, gerekristalliseerd tot fijn- of grofkorrelige calciet en daarbij verdwijnen alle oorspronkelijke structuren. Fossielen en gelaagdheid zijn na metamorfose niet meer te herkennen, er blijven slechts vage strepen of "wolkige" structuren.

Een totaal ander metamorf gesteente is **serpentiniet**, dat aan diverse puien is te zien zodat u kunt vergelijken: Grote Noord nr. 40 (Meijer), nr. 35 (Nikka), nr. 39 (Zeeman, plint) en nr. 61 (Aben). Dit is een erg variabel gesteente, meestal groen en levendig van tekening. Het was oorspronkelijk een ultrabasisch (weinig kiezelzuur bevattend) stollingsgesteente, dat door wateropname bij lichte metamorfose geheel is omgezet in serpentijn: een groep van fijnvezelige of fijnbladerige mineralen. In onze gepolijste natuursteenpuien is de vezeligheid niet direct waarneembaar, maar misschien wel te vermoeden door een wisselende glans bij variabele lichtinval (afb. 2) of aan al die adertjes die het gesteente doorkruisen. De van oorsprong donkere, ultrabasische gesteenten bestonden uit verschillende verhoudingen van de mineralen olivijn en pyroxeen en zijn bekend onder namen als **peridotiet**, pikriet, duniet. Voorbeelden hiervan (afb. 3) vindt u op de nrs. 8 (Moeijes) en 112 (Superstar). Zulke dieptegesteenten zijn afkomstig uit de bovenste aardmantel; door tektonische processen zijn ze in brokken naar hoge delen van de korst getransporteerd. In samenhang met continentverschuivingen komen deze brokstukken in plooingsgebergten terecht en zo krijgt de geoloog op enkele plaatsen aan het oppervlak inzicht in de materialen die zich onder de aardkorst bevinden!

Nog een paar laagmetamorf gesteenten: onder de grote etalage van nr. 84 (Van Wijk) zit zwarte **leiste**n. Dit is dezelfde als de bekende, goed in dunne plakken splijtende daklei, waaraan overigens weinig te zien is. Het is van oorsprong een zwarte kleisteen die door lichte metamorfose ietwat gebakken is en daardoor compacter en steviger geworden is; onveranderde kleisteen (schalie) zou aan de atmosfeer verweren en in stukjes uiteenvallen. Bij nog iets verder voortgeschreden metamorfose kan een "**nopjeslei**" gevormd worden. Deze ziet u op Grote Noord nrs. 22 en 24 (Jansen), ze bezit een sterke glans doordat bij metamorfose nieuwe glimmerblaadjes zijn gevormd. Onder hoge druk nemen deze

glimmertjes evenwijdige posities in, ze zijn echter te fijnkorrelig om afzonderlijke kristallen te tonen, laat staan ze te determineren. Maar zo zijn ze wel verantwoordelijk voor de uitstekende splijtbaarheid van het gesteente en voor de fraaie glans. Er is nog een ander, eveneens onbepaaldbaar mineraal, nieuw gevormd in kristallen die als kleine knobbelletjes, de "nopjes", verspreid liggen. In het verlengde van het Grote Noord ziet u in het portiek van Kleine Noord nr. 39 (Haring) ook een nopjeslei met lange amfiboolkristallen, soms in waaivormige bundels gerangschikt (afb. 4).

De afdeling metamorfe gesteenten sluiten we af met een bezoek aan Grote Noord nr. 26 (snackbar), waar glimmerschist de pui bekleedt. Dit heeft een flink hoge graad van metamorfose bereikt, hetgeen te zien is aan een grovere korrel dan bij de leien; de samenstellende mineralen (kwarts, veldspaat en glanzende mica) zijn met de loop herkenbaar. De splijtbaarheid, die we bij de meeste metamorfe gesteenten met schistositeit aanduiden, is niet meer vlak maar hobbelig. Ook dit gesteente is door metamorfose uit kleisteen (schalie) ontstaan.

Van de stollingsgesteenten, de derde hoofdafdeling binnen de aardse gesteenten, wijzen we slechts op Grote Noord nrs. 47 en 49 (Bruggemann en Intertoys), waar tegen elkaar zijn geplaatst een rode **graniet** en een zwarte **syeniet**. Bij deze grofkorrelige gesteentesoorten moet u vooral op het mineraal veldspaat letten, dat een dominerende plaats inneemt. In de graniet is de veldspaat roodbruin, in de syeniet wit tot blauwachtig met en sterke reflectie. In de laatste zijn ook de recht verlopende splijtrichtingen goed zichtbaar als evenwijdige, dunne lijntjes binnen de veldspaatkristallen. Beide gesteenten vertonen een "geordende chaos": de mineralen liggen zonder enige voorkeursoriëntatie, zonder uitschieters in formaat, uiterst gelijkmatig in hun mozaïek; dus rustig en langzaam in de diepte gekristalliseerd. Geen storende invloeden. De kristallen zaten hoogstens elkaar in de weg tijdens de groei, waardoor er géén de eigen kristalvorm (habitus) kon realiseren. In de graniet zit voorts veel kwarts en wat glimmer; de syeniet is vrij van kwarts en bevat wat donkere glimmer en ertskorreltjes.

Een lichtere graniet met 2 veldspaten, een witte en een roze, met donkere glimmer, is er nog op Grote Noord nr. 71 (DéliFrance). Een nog lichter blauw getinte variëteit van syeniet treft u op nr. 87 (Osinga), terwijl een bruine soort de plint vormt van Kleine Noord nr. 26 (Rabobank). Overigens worden deze syenieten in de handel wel aangeduid als "Labrador", hetgeen een in alle opzichten verkeerde benaming is. De meeste zijn afkomstig uit groeves in Zuid-Noorwegen.

Schellinkhout

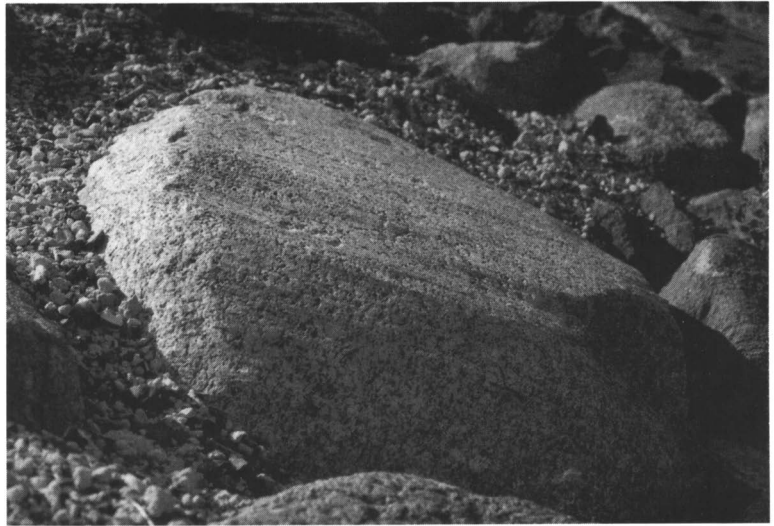
Stevige schoenen of gympen aanbevolen op de schuine dijkglolting en emmertje meenemen voor water: soms zijn stenen beter nat te bestuderen dan droog. De genummerde rode dijkpaaltjes om de 200 meter gebruik ik als volgt: dijkpaal 168 +40 betekent: 40 meter voorbij nr. 168, richting nr. 170; dijkpaal 168 -40: idem, richting nr. 166.

Bij het verlaten van Hoorn kunt u of de dijk vanaf de Oosterpoort of de provinciale weg richting Enkhuizen volgen om in Schellinkhout te komen. In het laatste geval kronkelt u het dorp binnen over een kreekkrug, een van de vele die in dit deel van West-Friesland de afwatering verzorgden toen dit nog een waddengebied was. Over meer dan 5 km is deze noord-zuid verlopende kreek in het landschap herkenbaar.

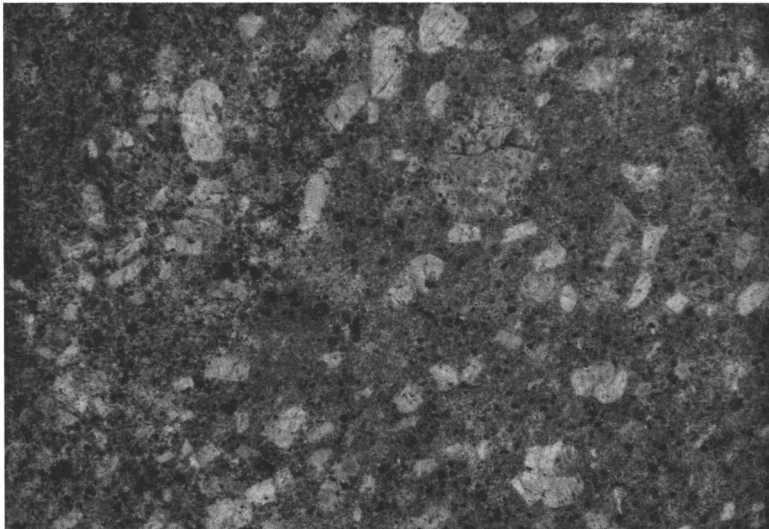
Afb. 4. De kleine knobbelletjes uit deze "nopjeslei" zijn van een niet herkend, metamorf mineraal. Lange amfiboolkristallen in bundeltjes. Ook de sterke glans is een metamorf effect: de uiterst fijne glimmerblaadjes zijn gelijkgericht. Beeldbreedte ± 26 cm.



Parkeren achter de bushalte, 50 meter voorbij de zijstraat naar kerk en IJsselmeerdijk, waar tevens op de hoek het voormalige raadhuis van Schellinkhout een beetje "in de weg" staat. Te voet nemen we de dijk (zuidwaarts, d.i. richting Enkhuizen) tot waar het buitendijkse grasland ophoudt en de met grote keien belegde dijkvlooiing begint. Emmertje gevuld houden, water hebt u nu steeds bij de hand. De dijk is hier enkele jaren geleden over een afstand van bijna een kilometer opnieuw belegd met enorme keien, afkomstig uit Polen. Daar vormden deze zwerfstenen hinderlijke obstakels bij een bruinkoolafgraving. Met een grote scheepslading zijn ze door het Hoogheemraadschap "Noordhollands Noorderkwartier" in Alkmaar aangekocht. In tegenstelling tot oudere dijkbekledingen zijn de keien nu nog schoon en onbegroeid en als we dit een tijd zo houden dan ligt hier een zwerfsteen-museum zonder weerga, waar alleen de naamkaartjes en de wetenschappelijke ordening ontbreken. Want deze keien zijn soortgelijk aan de zwerfstenen die we in Nederland aantreffen en zijn dus zonder twijfel uit Scandinavië afkomstig. Ook Polen heeft immers onder de invloed van hetzelfde landijs gelegen (en was ten dele ook tijdens de laatste ijstijd door ijs bedekt). Veel keien vertonen keurige glaciale facetten (geslepen kanten); met enig zoeken vindt u ook fraaie gletsjerkrassen (afb. 5). De dijkbouwers van het



Afb. 5. Door een schuivende gletsjer met ingevroren stenen is een stuk van deze kei afgeschuurd (glaciaal facet); de laatste stenen lieten evenwijdige groeven achter (gletsjerkrassen). Doorsnee van de steen ± 65 cm.



Afb. 6. Granietporfier met megakristen van idiomorfe veldspaat en kleine, donkere kwarskristallen; fijnkorrelige matrix van dezelfde mineralen. Het grootste veldspaatkristal meet 4 cm. Dijkpaal 170 -65.

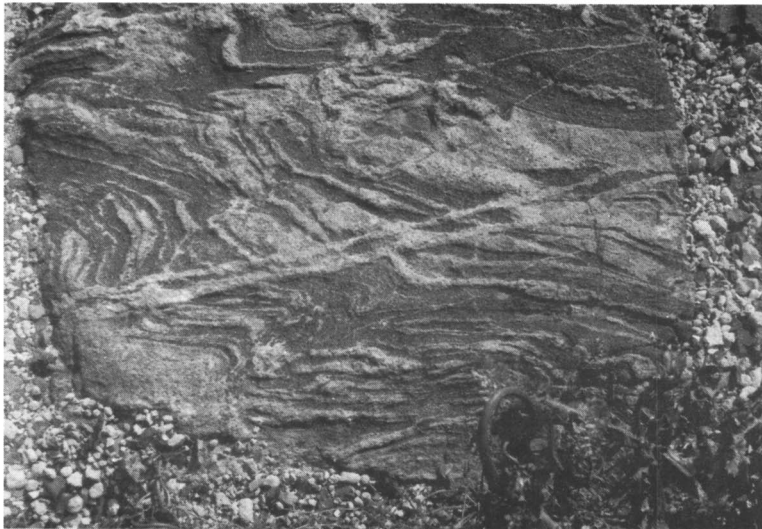
Afb. 7. Regelmatig gebande gneis, midden- tot fijnkorrelig. Beeldbreedte 25 cm. Dijkpaal 170 +40.

Hoogheemraadschap waren zo vriendelijk om steeds het glaciale facet boven te leggen, zodat voor de amateurgeoloog werkelijk geen moeite gespaard is! De leerrijkste gesteentetuin van Nederland, met monsters van elk minstens een halve meter doorsnede! Tussen de keien is als opvulling **vuursteengruis** gestort.

De "onwetenschappelijke wanorde" maakt het mij echter moeilijk om exemplaren aan te wijzen; ik zal de meest algemeen voorkomende gesteentetypen noemen en wat goed herkenbaar is kort beschrijven. Een enkele maal zal het nodig zijn ons op de rode dijkpaaltjes te oriënteren. De beschrijving van de stenen geef ik naar samenstelling en structuur, niet naar herkomstgebied. Zonder een gedetailleerde geologische kaart van Zweden of Finland lijkt het mij voor de geïnteresseerde bezoeker van groter belang over de petrologie te vernemen, dan te weten op welke lokatie in Skandinavië de steen eigenlijk thuishoort.

Graniet en gneis vormen, zoals te verwachten, de meest voorkomende typen. Behalve veel gelijkkorrelige **granieten**, zoals de eerder in Hoorn genoemde soorten, liggen hier ook veel porfirische granieten, dus met grote veldspaten. In het algemeen is veldspaat het best herkenbare mineraal langs de dijk, soms is deze idiomorf (eigen kristalmodel vertonend), meestal





Afb. 8. Migmatiet temidden van gebroken vuursteen. Beeldbreedte 55 cm. Dijkpaal 172 -40.

rechthoekig (zie o.a. de bijzondere veldspaat-kwarts-porfier, afb 6). In een bepaalde Finse graniet zijn ze rond met een wit randje. De kleur is rose tot bruinrood, wit of grijs. Ook kwarts laat zich gemakkelijk herkennen als grijze tot zwarte, glasachtig-doorzichtige korrels. Wie deze beide mineralen niet kent zoekt eerst een pegmatiet op, bijvoorbeeld bij dijkpaal 164 +30; dit is het meest grofkorrelige granitische gesteente, met goed-splijtende veldspaat van decimeters grootte. Let weer op dat een graniet gewoonlijk "ongericht" is, een mozaiek van kwarts- en veldspaatkristallen, met een beetje glimmer. Er heerst geen voorkeursoriëntatie, geen onderling evenwijdige ligging van welke mineraalgroep ook.

Dit in tegenstelling tot een **gneis**, waarin, bij een ongeveer zelfde mineraalbestand als graniet, een duidelijke gerichtheid karakteristiek is (afb. 7). Lichte mineralen (kwarts en veldspaat) in slierten en banden contrasteren met strepen van donkere mineralen (glimmers, amfibool, granaat). De strepen en banden kunnen heel fijn of dun wezen, ze hoeven maar een millimeter dik te zijn om het gesteente een opvallende "schistositeit" (of "foliatie") te bezorgen. Deze schistositeit kan zelf ook weer golven of geplooid zijn, wat een aanwijzing is voor sterke interne deformatie (zie bijvoorbeeld afb. C-3 en C-4, pag. 18 van Gea, maart 1991). Overtuig u ervan dat elke streep of band zelden continu is naar weerszijden, het zijn geen laagjes als in een sedimentgesteente. Discontinuïteit is troef.

Erg mooi zijn ook de **ogengneisen**, met hun grote veldspaat'ogen'. Deze veldspaten zijn echter nooit idiomorf zoals de megakristen (grote kristallen) in sommige dieptegesteenten. Kijkt u nauwkeurig hoe glimmerrijke sliertjes om deze veldspaten heenbuigen. Goede voorbeelden treft u aan bij dijkpaal 172 -8: megakristengraniet en bij 172 -20: ogengneis (met twee kruisende aders).

Waar lichte banden in de gneis het karakter van granitische aders krijgen hebben we met een **migmatiet** te doen. Aders of lenzen verlopen evenwijdig met de schistositeit van de gneis of snijden daar dwars doorheen (afb. 8). Een menggesteente ("mi" van mix, met een verwijzing naar "magmatisch") waarin graniet en gneis wild dooréénworstelen. Zulk een gesteente duidt op hoogmetamorfe (om-)vormingscondities: onder de heersende hoge temperatuur en druk in de kern van een gebergte, gedraagt de gneis zich uitermate plastisch tegenover tektonische deformatie. Tegelijkertijd begint de combinatie kwarts + veldspaat te smelten en vormt parallelle banden van graniet-

samenstelling. Deze smelt gaat nu een eigen leven leiden en laat zich lokaal wegpersen, vormt intrusies van lichtgetinte, onregelmatige aders en lenzen in de donkerder gneis. Een intensieve verstrengeling van metamorf gesteente en opgesmolten graniet is het resultaat (afb. 9). Een prachtige rose migmatiet is tegenwoordig als bekleding van grote gebouwen in Amsterdam zeer in de mode.

Uit de groep van de basische stollingsgesteenten (minder kiezelzuur bevattend dan graniet) noemen we gabbro, diabaas en basalt. De langs veel Nederlandse dijken gebruikelijke basaltkeien van polygonale vorm komen hier nauwelijks voor. Wel ligt er veel grijze porfirische **basalt** in grote blokken van onregelmatige hoekige vorm. Zodra u beseft dat de glaciaal getransporteerde stenen aan hun rondheid te herkennen zijn, zal het evident zijn dat deze basaltblokken uit een

groeve zijn gehakt of gebroken. Het is een oude voorraad, die de dijkbouwers met de keien uit Polen (of liever: Scandinavië) gemengd hebben.

Fijnkorrelige gabbro is er wel, maar deze is schaars. Wel vallen een paar mooie voorbeelden van **diabaas** op (afb. 10 en 11), de laatste met een netwerk van smalle, witte veldspaatlatjes, ingebed in donkere pyroxen.

Het kan een poos duren voordat dit gehele, petrologisch uitermate interessante dijksegment geïnventariseerd is. Veel gesteenten zijn om verschillende redenen niet onmiddellijk herkenbaar. Nadere analyse vergt tijd en ik stel mij voor in de toekomst een lijst met namen en lokaties van de meer zeldzame gesteentetypen samen te stellen.

**) Tussen de afzetting van twee opvolgende laagpakketjes is een kort erosie-interval geweest. De door erosie afgesneden laag is steeds de oudere en ligt dus onder.*

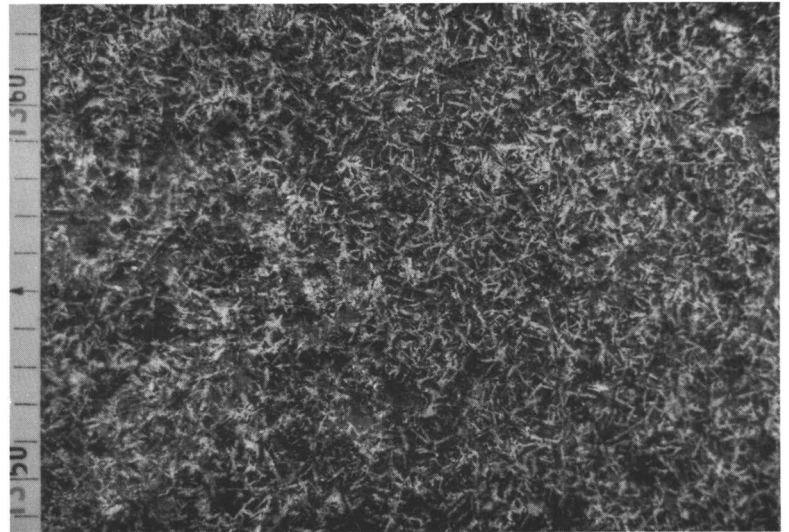
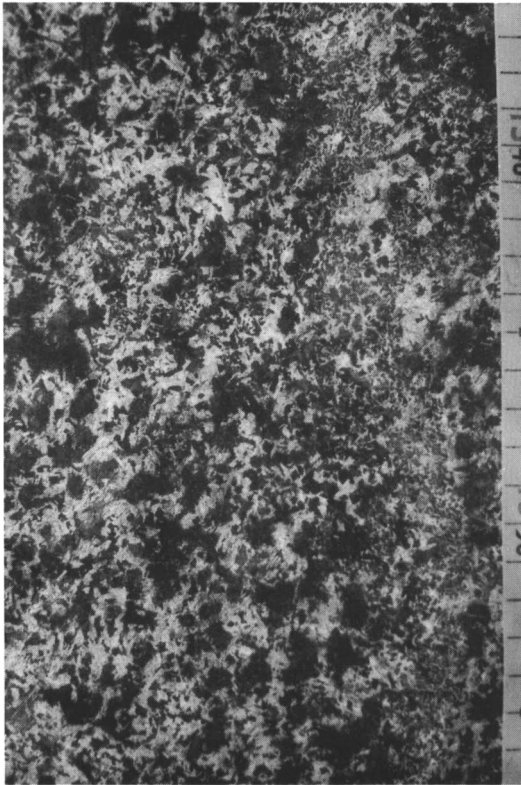
Literatuur

H.K.H. Holst, C. de Jong, J.H. Werner: Fossielen als hobby; uitg. Van Holkema en Warendorf, 128 p., 1987.

W. Schumann: Stenen en Mineralen; uitg. Thieme, 382 p., 1987. (Ondanks een Nederlandse vertaling met veel fouten, zijn de illustraties hieruit zeer bruikbaar).



Afb. 9. Grote lens van granietpegmatiet (zeer grove korrel), in samenhang met granitische aders in donkere gneis. Beeldbreedte 55 cm. Dijkpaal 170 +30.



Afb. 10. Diabaas: hoekige, witte veldspaat, omsloten door groenzwarte pyroxeen ("ofitische textuur"). Beeldbreedte 20 cm. Dijkpaal 170 +100.

Afb. 11. Diabaas: overwegend donker gesteente met veldspaatlatjes in pyroxeen ("subofitische textuur"). Beeldbreedte 20 cm. Dijkpaal 170 -15.

De ertsvoorkomens van Spanje

door W.C.P. de Vries

Vanaf het eerste begin van menselijke mijnbouwactiviteiten stond het Iberisch Schiereiland in de belangstelling; waarschijnlijk waren reeds in het zesde millennium v.Chr. in Iberia ertsafzettingen bekend. Phoeniciërs, Grieken, Carthagers en Romeinen wonnen en bewerkten goud, zilver, koper, lood en kwik (Las Médulas, Tharsis, Cartagena, Almadén, enz.). Tinerts, van groot belang voor de fabricage van brons, werd in de latere eeuwen van de Bronstijd uit Bretagne, Cornwall en Galicië gehaald, de 'Cassiteriet-Eilanden buiten Europa', zoals deze gebieden werden genoemd door Herodotus. Na de val van het Romeinse Rijk stopten alle mijnbouwactiviteiten volledig, zij werden eerst weer door de Arabieren opgenomen. De mijnbouw kwam echter weer vrijwel volledig tot stilstand door de ontdekking van de mineralenrijkdommen van Amerika. Op enkele plaatsen werd de activiteit in de 18de eeuw weer opgenomen (Almadén en Río Tinto), maar het duurde tot het midden van de 19de eeuw voor er in Spanje weer sprake was van een begin van iets uitgebreidere mijnbouwactiviteiten. Deze werden echter voornamelijk door Fransen en Engelsen gefinancierd en geleid. Vrijwel de gehele productie aan metalen als koper en ijzer verdween dan ook naar de andere Europese landen, een situatie die tot vlak voor de Tweede Wereldoorlog heeft voortgeduurd. Daarna heeft de vraag van de zich snel ontwikkelende Spaanse industrie het aanbod van vele mineralen van eigen bodem snel overtroffen. De belangrijkste mijnbouwgebieden van Spanje zijn: Asturië met steenkool en fluoriet; Castilië, León en Palencia (steenkool); Salamanca voor uranium, tin en wolfram; Burgos voor glauberiet. Andalusië is vooral van belang door het voorkomen van de grote pyrietgordel van de provincie Huelva, waar een groot aantal sulfidische erten wordt gewonnen, o.a. koper, ijzer, lood en zink; in de provincie Granada komt ijzererts voor, Sevilla en Jaén leveren

sulfidische metaalerten en Córdoba steenkool. Afb. 1. Een aantal belangrijke voorkomens van een aantal erten en mineralen zullen we hier de revue laten passeren.

Koper

Het grootste deel van de kopervoorkomens die op het ogenblik in exploitatie zijn bevinden zich in gesteenten van het zogenoemde Hespérische Massief, het westelijke gedeelte van het Variscisch gebied van de Meseta van Spanje en Portugal.

- De belangrijkste producent in Spanje is het mijngebied van Río Tinto (provincie Huelva) met de mijnen Cerro Colorado, Cloritas de Alfredo, Masa San Antonio en Masa San Dionisio.
- Daarnaast is het gebied van Santiago de Compostela in het uiterste noordwesten van Spanje van belang; de mineralisaties komen voor tussen Santiago en het 20 km oostelijker gelegen Touro, met de mijnen Arinteiro, een open mijn met pyrrhotien en chalcopryiet; Fornás met aders die bestaan uit massieve pyrrhotien met chalcopryiet, de gangmineralen zijn stauroliet, gedriet, pargasiet, chloriet en kwarts; en Bama. De kopererten komen voor in basische gesteenten, zoals peridotieten, die sterk zijn gemetamorfiseerd tot granaat-amfibolieten.
- Verder zijn er, onder meer de voorkomens van Aznalcóllar (Sevilla).

Goud

Goud is een bijproduct van de kopermijn van Cerro Colorado (Río Tinto). Er zijn goudmijnen, onder meer van Rodalquilar (Almería), Calzadilla (Cáceres), Carballino (La Coruña); deze zijn geen van alle in bedrijf.