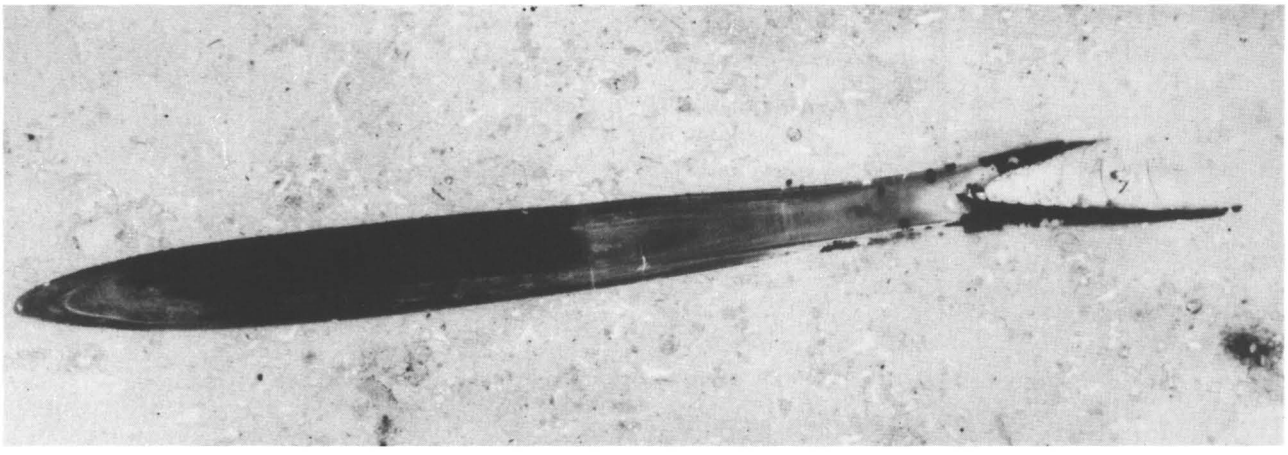


Belemnites hastatus,
belemniet uit Langenaltheim, 16,5 cm lang. In de alveole is nog flauw het gekamerde fragmocoon te zien. Jura (Malm zeta).

het meest een serie bij elkaar passende platen met daarop de doodsstrijd ven een *Mesolimulus*, de degenkrab: een kruipspoor van enkele meters met aan het eind de degenkrab zelf. In het dorp Solnhofen berust de collectie Müller in één der zalen van het raadhuis vlak bij het station. Een libelle met kleine calcietkristallen waar het oog heeft gezeten behoort daar tot de schoonheden.
Vergeet u niet in een groeve te gaan en een praatje te maken met de kompels. Velen hebben met z'n drieën een stukje van de groeve van het mijnbedrijf gepacht en verzetten hier hun zware werk. Aan hen kunt u vragen of zij nog iets moois hebben gevonden wat zij dan meestal graag laten zien. Meestal kunt u ook wel iets kopen maar voor aparte fossielen vragen ze veel.
Vergeet u niet de fabrieken in te gaan om het zagen en polijsten van de platen te bezichtigen. Met een vriendelijk woord en een sigaar lukt het wel om er een kijkje te nemen.

Ook zijn er te Langenaltheim op gezette tijden rondleidingen.
Natuurlijk gaat u ook op de afvalhopen zoeken naar fossielen, maar vergeet niet, dat alle platen door de handen der arbeiders zijn gegaan. Zij hebben er al goed op gelet of er zich ook fossielen op bevinden.

Tenslotte nog enkele publikaties die mij geholpen hebben bij het schrijven over Solnhofen:

Die Tierwelt des Solnhofener Schiefers door Prof. Dr. Oskar Kuhn, uitgegeven bij Die Neue Brehm Bücherei. Dit boekje vol plaatwerk is o.a. verkrijgbaar in het museum Müller te Solnhofen.
Recurrent red tides, a possible origin of the Solnhofen limestone I en II door P.H. de Buisonjé. Uitgegeven door de Koninkl. Ned. Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, Proceedings Series B 75 nr 2, 1972.

Noot redaktie: Na opmaak van dit artikel bereikte ons een mededeling over het nieuwe Jura-Museum in Eichstätt. Zie hiervoor elders in dit nummer.

Met hamer en boor het veld in ....

door E.G. van Diggelen*)

De lezer zal ongetwijfeld wel eens een geologische kaart gezien of geraadpleegd hebben. Wil men immers fossielen of mooie gesteenten zoeken, dan blijkt zo'n kaart vaak onmisbaar te zijn. Een bezoek aan een op een geologische kaart vermelde fossielvindplaats loont dikwijls de moeite. Ook de storthopen van oude mijnen bergen nog menig mooi mineraal. Het is daarom ook voor de amateurgeoloog van groot belang vertrouwd te raken met de geologische kaart. Deze is eigenlijk niets anders dan een topografische kaart, waarop gegevens over de aard en/of ouderdom van de verschillende gesteenten zijn aangebracht. Over de wijze waarop zo'n kaart wordt vervaardigd en de hulpmiddelen die daarbij nodig zijn, gaat dit artikel wat dieper in.

De hulpmiddelen

Een kaart maken zonder hulpmiddelen is niet mogelijk. Zoals een metselaar niet buiten een troffel kan, zo kan een geoloog in een bergachtig terrein niet zonder hamer. Welke uitrusting men nodig heeft is echter afhankelijk van het gebied waarvan men een kaart wil maken. Hierbij spelen drie, met elkaar verband houdende factoren een grote rol: de hoogteverschillen, de aard van het sedimentaire materiaal en de ligging van de lagen in de ruimte.
Waar de lagen ongeplooid zijn, de hoogteverschillen gering en het gesteente onverhard, zoals bijvoorbeeld in het westen van ons land, wordt de opeenvolging van de verschillende lagen met behulp van boringen onderzocht.

*) *student fysische geografie aan de V.U. te Amsterdam*

In een bergachtig terrein, waar het harde gesteente aan de dag treedt, zal een grondboor overbodig zijn, terwijl een geologisch kompas en een hamer onmisbaar blijken. Hoewel over de uitrusting reeds in het Gea-nummer van juni 1975 (vol. 8, nr. 2) het een en ander heeft gestaan, is het wellicht goed om toch nog een korte opsomming te geven. Naast de gebruikelijke uitrusting van een ieder die aan geologie doet, zoals regenkleding, goed schoeisel, een rugzak, een hamer, beitels, oude kranten of plastic zakjes en een goede topografische kaart, zal bij een geologische kartering in een bergachtig gebied een geologisch kompas onmisbaar zijn. Verder moet men beschikken over een flesje zoutzuur (10% HCl) een goede loep (liefst 10 x), kleurpotloden, schrijfgerei, een notitieboekje, een lineaal, een meetlint en een zakmes.

De topografische veldkaart

Voor het karteren van een gebied zal de schaal van de veldkaart, een werkkaart die voor de opname wordt gebruikt, steeds het twee- tot drievoudige van de schaal van de definitieve geologische kaart moeten zijn. Wil men dus van een gebied een definitieve geologische kaart op schaal 1:25.000 hebben, dan gebruikt de geoloog voor de opname een veldkaart 1:10.000. Moet de uiteindelijke geologische kaart 1:50.000 worden, dan is een veldkaart 1:25.000 vereist.
De opname van geologische veldkaarten van kleine gedeelten van het aardoppervlak vormt de basis voor het afleiden van de kleinschalige geologische kaart, die niets anders is dan een aantal vereenvoudigde grootschalige geologische kaarten.

Het geologisch kompas

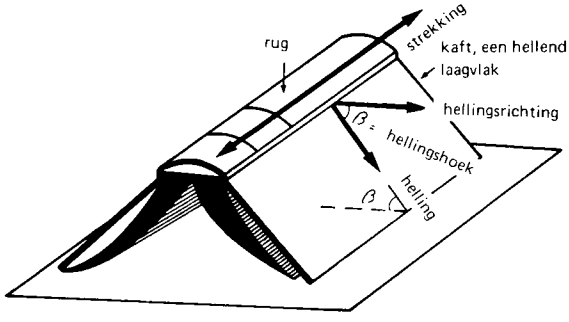
In elk bergachtig terrein zijn de lagen, die oorspronkelijk horizontaal werden afgezet, na de gebergtevorming intensief geplooid of onderhevig geweest aan breukvorming. Om nu de stand van die lagen in de ruimte ten opzichte van het kaartnoorden vast te leggen dient het geologisch kompas. Dit instrument bestaat uit twee onderdelen: een gedeelte om de helling en strekking van de lagen te meten en een ingebouwde helling- of klinometer. De werking van het instrument is in wezen niet moeilijk. De beheersing ervan is een kwestie van veel oefenen. Een bijzonder eenvoudig en handig model is het Zweedse type 15 T Silva ("The Ranger").
De stand van een laag of laagpakket in de ruimte wordt vastgelegd door twee variabelen:

1. **De strekking**, dit is de richting of het verloop van een horizontale lijn in een hellend laagvlak. Deze lijn wordt verkregen door het hellend laagvlak te snijden met een horizontaal vlak. Een geologisch kompas is nu zo'n horizontaal te houden vlak. Hiervoor dient het ingebouwde waterpas.
2. **De helling**, deze wijst ons hoe een hellende laag in de diepte verloopt. Met het geologisch kompas legt men van een laaghelling zowel zijn richting als zijn hoek vast.
   De hellingsrichting staat altijd loodrecht op de strekking!

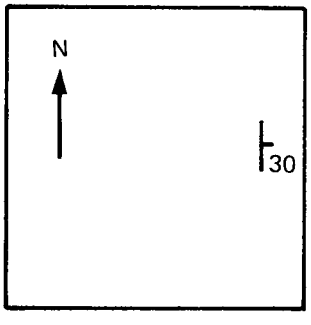
Figuur 1 geeft het een en ander nog eens eenvoudig weer. Plaats een opengeslagen boek met de rug naar het plafond op uw schrijftafel. Geologisch gezien zou dit opengeslagen boek een antiform zijn. De rug van het boek, die evenwijdig loopt met het horizontale tafelvlak, geeft de strekkingsrichting aan. De helling van het boek wordt aangegeven door de schuine stand van de kaft. De hellingsrichting staat loodrecht op de strekking en is parallel aan het tafelvlak, terwijl de hellingshoek de hoek is die de kaft met het tafelvlak maakt.

Foto 1
Met het geologisch kompas meet de geoloog de hellingshoek van een hellend laagpakket.

Figuur 1



Strekking, hellingsrichting en hellingshoek leggen het hellende laagvlak, de kaft, in de ruimte vast. De geoloog meet deze factoren en noteert de waarden in een notitieboekje. Daarnaast geeft hij ze met een bepaald teken op de veldkaart aan.
Stel dat hij voor de strekking van het boek een noord-zuid verloop vindt, dan is de hellingsrichting dus 90° naar het oosten.
De hellingshoek bedraagt 30°. Op de kaart wordt dit genoteerd als:

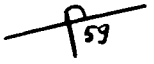


De geoloog gebruikt bepaalde tekens om de stand van horizontale, vertikale en overkipte lagen aan te geven.

Horizontale lagen:

Vertikale lagen:

Overkipte lagen, waarbij dus oudere lagen op jongere liggen:



Een flesje zoutzuur

Zoutzuur, met water verdund (10% HCl), moet in een goed afgesloten druppelfles worden meegenomen. Zoutzuur gebruikt de geoloog om carbonaatgesteenten te herkennen. Reeds een paar druppeltjes veroorzaakt bruising indien kalk aanwezig is. De hevigheid van de reactie geeft aanwijzing over het kalkgehalte.

Waar en hoe te beginnen?

Om een gebied in kaart te brengen zal een geoloog allereerst de omgeving eens nauwkeurig willen leren kennen. Hij wandelt zoveel mogelijk weggetjes en paadjes af, zwerft in bossen en over weilanden, waadt door beekjes en rivieren, op zoek naar ontsluitingen, d.w.z. plaatsen, waar het vaste gesteente aan de dag treedt en een bodem- of vegetatielaag nagenoeg ontbreekt. Op deze wijze probeert hij zich een eerste globale indruk van de geologie van het gebied te vormen.

Foto 2
Waar een woeste bergbeek stroomt, treft men meestal veel natuurlijke ontsluitingen aan.

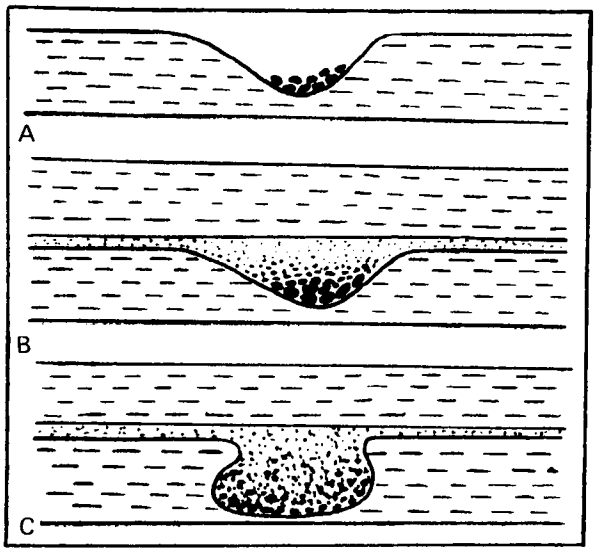
We maken bij ontsluitingen onderscheid tussen:
a. natuurlijke ontsluitingen, die men aantreft langs rivieren, kusten, steilwanden, e.d.
b. Kunstmatige ontsluitingen, door de mens bewust of onbewust gevormd, zoals een weginsnijding, een groeve, een kanaaldijk, enz.

Ontsluitingen zijn voor de geoloog onmisbaar. Daarnaast zijn ze bijzonder waardevol, omdat hun levensduur meestal kort is. Hoe snel wordt een oude groeve niet met vuilnis volgestort! De informatie die ze verschaffen is dan ook duurzaam en bijzonder waardevol voor de geologie. Een goede waarneming en nauwkeurige notatie van de gegevens zijn daarom noodzakelijk.

Nadat een geoloog zijn eerste indruk van het gebied heeft verkregen begint hij „een sectie te lopen", d.w.z. hij probeert een verticale opeenvolging van lagen en laagpakketten in het gebied te reconstrueren door een traject langs het aardoppervlak te volgen waar zoveel mogelijk opeenvolgende laagpakketten aan de dag treden die zo min mogelijk zijn vervormd door tectoniek. In dat geval kan hij namelijk het „principe van de superpositie" toepassen, wat populair gezegd betekent: „dat wat onder ligt is het oudst, en wat boven ligt het jongst". Dit geldt natuurlijk niet voor intrusieflichamen en bij overschuivingen of in overkipte flanken van plooien.

Om te kunnen zien of een gesteentepakket „goed ligt", maakt de geoloog gebruik van zogenaamde „top-and-bottom criteria", zoals sedimentaire structuren (stroomribbels, uitschuringsstructuren, geulopvullingen, load casts (dat zijn „instulpingsstructuren"), golfribbels, e.d.) en de groeipositie van organismen. Ter verduidelijking het volgende voorbeeld: een waterstroompje kan een voorheen afgezet horizontaal sedimentpakket aansnijden. In dat geval wordt een erosiegeultje uitgeschuurd. Na verloop van tijd zal dit geultje met nieuw sediment worden opgevuld. Vinden we deze structuur in een laagpakket terug, dan kunnen we hieruit onder- en bovenkant van het pakket vaststellen. Een geulopvulling wordt gekenmerkt door een naar boven toe afnemende korrelgrootte van het sediment. Dit als gevolg van de afnemende stroomsnelheid in de geul, waardoor eerst de grootste en zwaarste sedimentaire deeltjes en daarna de

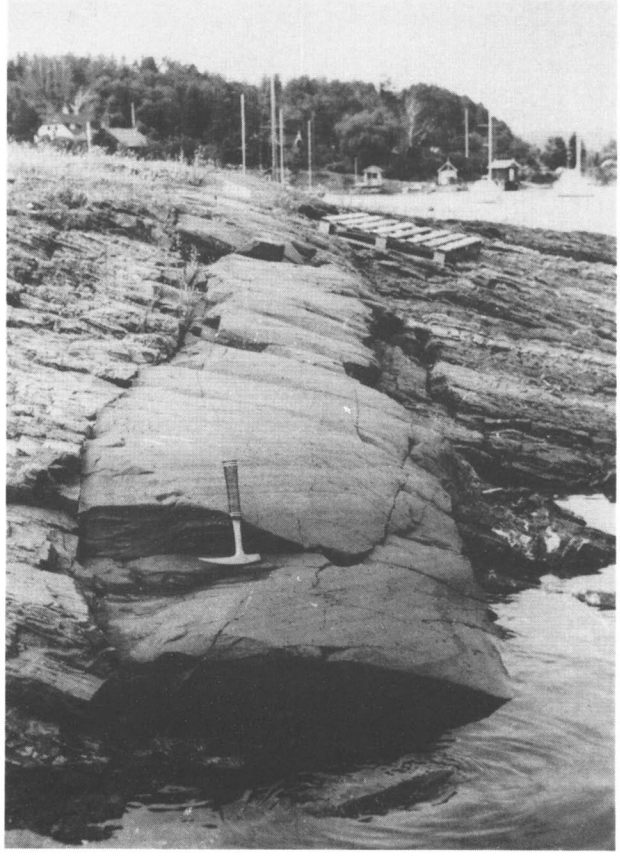
Foto 3
Een spoorlijn dwars door een heuvelrug vormt voor de geoloog een prachtige kunstmatige ontsluiting.



Figuur 2

A — In een kleilaag wordt een geultje uitgeschuurd. Onderin de erosiegeul blijven de zwaarste korrels liggen.
B — De geul wordt opgevuld en een nieuwe kleilaag erover afgezet.
C — Indien op de onderste kleilaag een te grote druk door het zandlichaam wordt uitgeoefend, treedt inzakking op. Er ontstaat een „load cast".

Foto 4
Waar het zeewater tegen het land klotst, vindt de geoloog veel natuurlijke ontsluitingen. De foto toont een dwars door de gelaagdheid van het nevengesteente heen brekend plaatvormig lichaam, een zgn. gang.



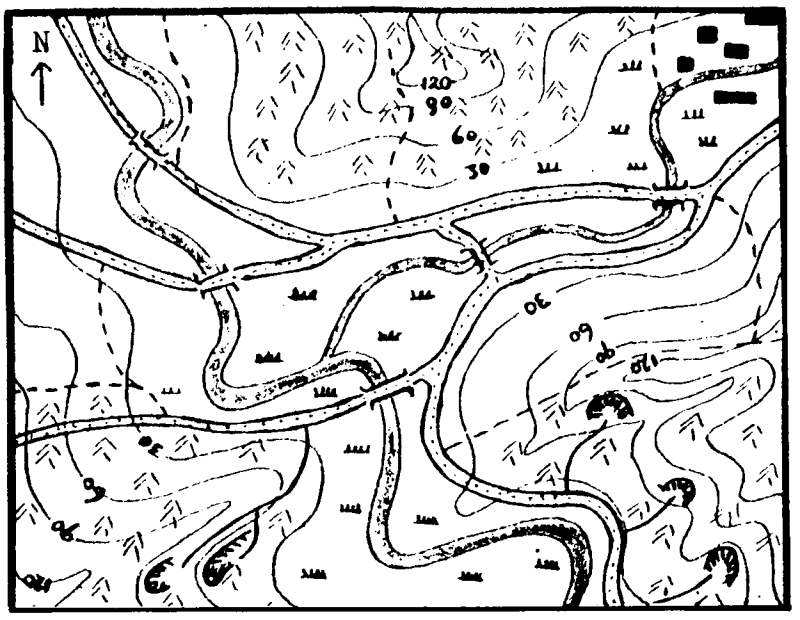
kleinere „korrels" bezinken. (fig. 2). Op deze wijze kan de geoloog dus zien wat de boven- en onderkant van een laag is. Indien de geul wordt opgevuld met veel grof zand en de eronder gelegen laag bestaat uit waterrijke klei, dan gebeurt het nogal eens dat de geulopvulling later gaat inzakken in de kleilaag en daarin een zakvormige instulping veroorzaakt. Deze in de breedte uitzakkende, met zand gevulde instulpingen worden „load casts" genoemd.

We zien dus dat het erg belangrijk is om goed waar te nemen. Een geoloog moet in het veld letten op de kleinste details. Door verstandelijk redeneren en combineren probeert hij de geologische situatie ter plaatse, zoals die zich tijdens en na de sedimentatie heeft afgespeeld, te reconstrueren.
De meeste informatie over de stratigrafische opeenvolging van de verschillende lagen in het te karteren (in kaart te brengen) gebied verkrijgt de geoloog door zoveel mogelijk dwars op de strekkingsrichting van de lagen te lopen.

Bij het maken van een geologische veldkaart onderscheiden we drie duidelijk verschillende activiteiten:
1. Het nauwkeurig beschrijven van de ontsluitingen,
2. het begrenzen van de verschillende gesteentepakketten in het veld; dit kan of direct in het veld gebeuren of aan de hand van informatie uit het terrein, gecombineerd met veldkenmerken (topografie, begroeiing, bodemgebruik, e.d.),
3. het verwerken van de veldgegevens.

Wat schrijf je op?

Alles wat later bij het maken van de geologische kaart van pas kan komen wordt opgeschreven. Men begint met het ontsluitingsnummer op de veldkaart en in het notitieboekje, door de geologen het veldboek genoemd, te vermelden. Dan verdient het aanbeveling een korte situatieschets van de ontsluiting te geven, in de trant van: een kleine groeve rechts van het bospaadje dat ca. 300 m verder uitkomt bij de spoorbrug onder Beddingham. Op deze wijze vindt men een ontsluiting snel terug. Vervolgens worden lithologische kenmerken onderzocht, zoals de samenstelling van het gesteente, de korrelgrootte, de sortering, de kleur, de hardheid, sedimentaire structuren en de globale fossielinhoud.
De samenstelling of aard van het gesteente onderzoekt de geoloog met hamer, zakmes, zoutzuur en loep. Indien het gesteente na toevoeging van enkele druppeltjes zoutzuur hevig begint te bruisen (hoorbaar schuimen), dan is het een carbonaatgesteente. Stel dat we te maken hebben met een kalk, dan wordt meestal nog een verder onderscheid gemaakt in: gelaagde kalken, gebankte kalken en massieve kalken. Deze indeling berust op een steeds dikker wordend laagpakket. Massieve kalken bezitten geen gelaagdheid meer en doen zich voor als een zeer onregelmatig geheel.
Een zakmes dient om de hardheid van het gesteente te bepalen. Zandsteen krast staal; kalken en kleigesteenten niet.
Met de loep wordt de korrelgrootte en de mate van sortering geschat. Ook de korrelvorm van de sedimentpartikels wordt bepaald (voor zover dit mogelijk is). Hiervoor wordt steeds een onverweerd stuk gesteente afgeslagen.
Nadat kleur en dikte van het laagpakket zijn bepaald en het gesteente is onderzocht op sedimentaire structuren en fossielinhoud, worden de helling en strekking van de lagen opgemeten. De uitkomst wordt zowel in het veldboek als op de veldkaart aangegeven, zodat de geoloog in het veld al een indruk krijgt hoe het kaartbeeld er globaal komt uit te zien.

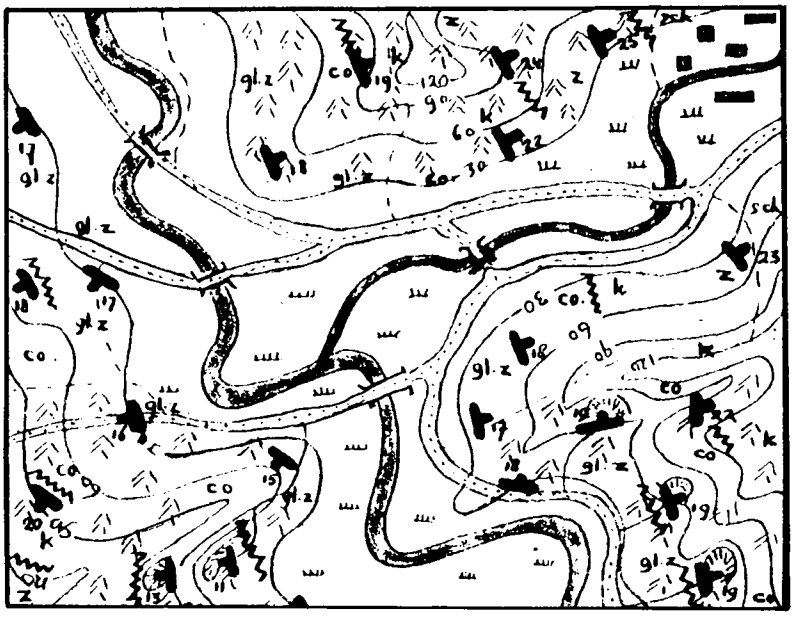


Figuur 3a
Topografische kaart

0 250 500m

Legenda:

huis
weg
paadje
rivier
brug
groeve
bos
weiland
hoogtelijn



Figuur 3b
De op de topografische kaart genoteerde veldgegevens.

co : conglomeraat
gl z : glimmerhoudende zandsteen
k : kalksteen
sch : schalie
z : zandsteen

lithologische grens

teken voor de helling en strekking (met het bedrag van de hellingshoek)

Figuur 3c
De geologische kaart, na het trekken van de grenzen.

Legenda:

recente aanslibbing
schalie (grindhoudend)
zandsteen
kalksteen
conglomeraat
zandsteen (glimmerhoudend)
anticline - plooias

0 250 500 750 1000 1500m

Schaal 1 : 25.000 (10 cm op de kaart is 2,5 km in werkelijkheid)

FIGUUR 3 C: De geologische kaart, na het trekken van de grenzen.

De geologische kaart is „afgedekt", dit betekent dat zij het vaste gesteente aangeeft en niet de verweringslaag, de bodem, waarin zich de processen tussen lithosfeer, atmosfeer en biosfeer afspelen en die als een kleed over alles heenligt.
De allerjongste lagen langs de rivier duidt men aan als recente aanslibbing.

Van de allerbeste ontsluitingen, waar een scherpe grens tussen twee laagpakketten duidelijk aanwezig is, worden een nauwkeurige beschrijving en tekening van de stratigrafie gegeven. Hier moet de dikte van de lagen zo goed mogelijk worden opgemeten, omdat deze gegevens worden gebruikt voor het maken van een stratigrafische kolom van dit gebied. De meeste ontsluitingen zullen niet meer opleveren dan wat gegevens over de samenstelling van het gesteente, de kleur, de hardheid, e.d.
In figuur 3 A zien we een topografische veldkaart op schaal 1:25.000 (10 cm op de kaart is 2,5 km in werkelijkheid). Hierop wordt een gedetailleerd beeld van het landschap gegeven. Naast de terreinvormen, die men uit het hoogtelijnenverloop kan reconstrueren, vinden we er de wegen, waterlopen, begroeiing, bebouwing e.d. nauwkeurig op weergegeven. De geoloog gebruikt deze kaart dan ook voor plaatsbepaling. Met de veldkaart in de hand wandelt hij door het terrein, op zoek naar ontsluitingen. Elke waarneming wordt nauwkeurig op de kaart genoteerd. Zowel de samenstelling van het gesteente als de helling en strekking (voor zover deze te meten zijn) worden aangegeven. Op deze wijze ontstaat het in figuur 3 B aangegeven kaartpatroon.

Grenzen trekken

Nadat zoveel mogelijk informatie is verzameld, worden de verschillende gesteentepakketten in het gebied op de kaart begrensd. De grens tussen twee soorten gesteenten (lithologische grens) zoekt de geoloog op door dwars op de strekkingsrichting van de lagen te lopen. Soms vindt hij dan een scherpe overgang van het ene pakket in het andere. Maar vaak zal de grens niet te zien zijn. In dat geval moet hij door middel van stippellijntjes de loop ervan ergens tussen twee gesteentetypen aangeven. Het trekken van onder een vegetatiedek verborgen grenzen is dus een bijzonder subjectief werk. Zijn de gesteentepakketten omgrensd, dan wordt de kaart ingekleurd. Soms gebruikt men signaturen, zoals verschillende soorten arcering, puntjes, cirkeltjes, enz. (fig. 3 C).

Het kleuren van de kaart

Geologische veldkaarten op grote schaal geven in eerste instantie een indruk van de lithologie. Ieder gesteentepakket krijgt een kleur, welke niet aan internationale afspraken is verbonden. Het staat een ieder dus vrij om een kleur naar smaak te kiezen. In de practijk zal de geoloog echter zijn kleuren zo natuurlijk mogelijk kiezen. Schalies, die vaak donker van kleur zijn, krijgen dan ook een donkere kleur (meestal bruin), terwijl men voor de lichtere kalken gewoonlijk geel gebruikt. Zandstenen worden veelal rood gekleurd.
Kleuren op een geologische kaart geven echter niet altijd de verschillende soorten gesteenten aan. Er zijn namelijk ook geologische kaarten (meestal op kleine schaal) waarop de gebruikte kleuren **de ouderdom** van de afzettingsgesteenten representeren.
In dit geval wordt dus gebruik gemaakt van een indeling naar de geologische tijd. Deze kaarten leidt men af uit een aantal grootschalige kaarten, waarbij de grondslag voor de kaartopname de lithostratigrafie was. Dit wil zeggen een rangschikking van de aardlagen in juiste volgorde van afzetting op grond van kenmerken ontleend aan de lithologie. Het zijn overzichtskaarten van een groot gebied, een werelddeel of de gehele aarde. Over de kleurkeuze van de ouderdom der gesteenten bestaat wel een internationale afspraak. Even oude gesteenten hebben dezelfde kleur. In het algemeen worden de oudere „formaties" donkerder aangegeven dan de jongere. Zo worden gesteenten uit het Devoon meestal matbruin gekleurd, uit de Jura blauw en uit het Tertiair geel. Binnen de „formaties" gebruikt men variaties in de kleurintensiteit. Oudere gesteenten uit bijvoorbeeld de Jura worden dan donker-blauw gekleurd, jongere gesteenten licht-blauw, terwijl de midden-gesteenten een intermediaire kleur blauw krijgen.
Kleuren van metamorfe- en stollingsgesteenten geven niet de ouderdom, maar de samenstelling aan. Men gebruikt hiervoor opvallende heldere kleuren, overeenkomend met hun betekenis. Voor graniet is de kleur licht-rood, voor gneisen donker-rood.

Kleuroverzicht, zoals dit op overzichtskaarten wordt toegepast:

Holoceen	– wit, roomkleurig
Pleistoceen	– heel licht bruinachtig, soms licht-groen
Tertiair	– geel
Krijt	– groen
Jura	– blauw
Trias	– violet, ook cerise (kersrood)
Perm	– bruin, roodbruin
Carboon	– grijs
Devoon	– matbruin
Siluur	– grijsblauw
Ordovicium	– groenblauw
Cambrium	– donkerbruin, paarsblauw
Precambrium	– matgroen

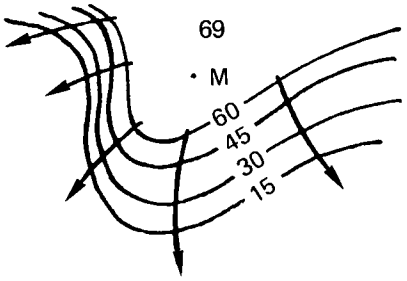
Metamorfe gesteenten – helder-groen (amfiboliet), donkerrood (schisten en gneisen), grijsgroen (schisten en fyllieten).
Stollingsgesteenten – uitvloeiings- en ganggesteenten oranje, granieten en zure plutonieten lichtrood, basische plutonieten donkergroen.

Past u zelf dit kleuroverzicht nu eens toe door bijvoorbeeld de geologische kaart van België en aangrenzende gebieden, welke maart 1973 in Gea (vol. 6, nr. 1) is verschenen, te kleuren.

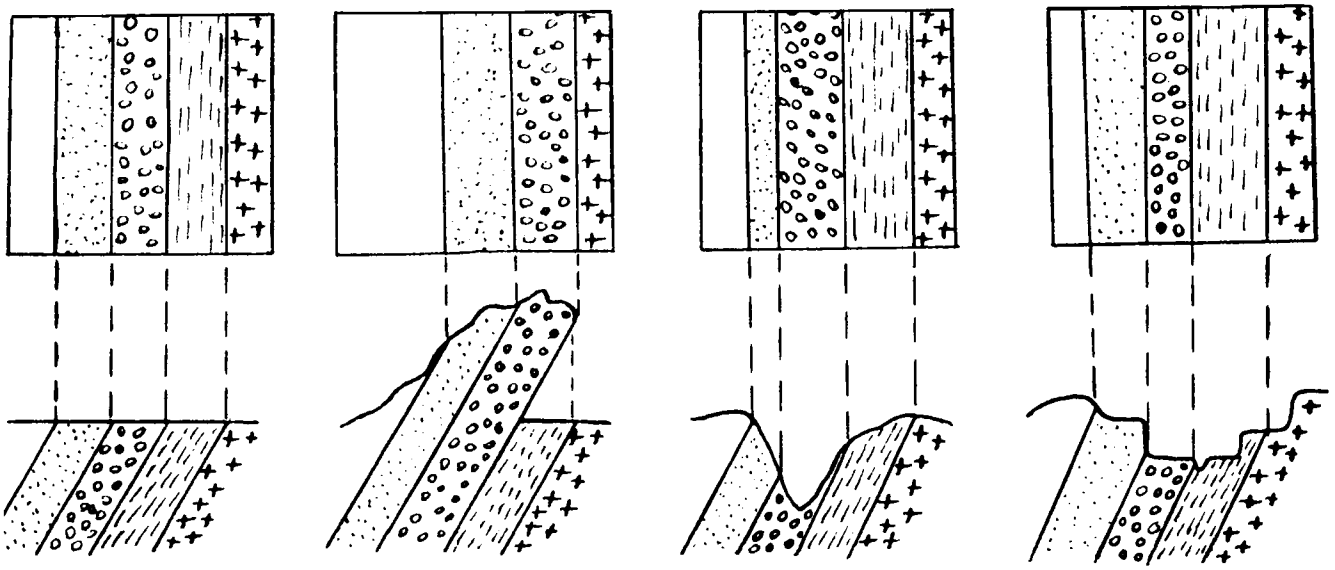
Naast kleuren worden ook wel arceringen, stippen, cirkels, e.d. gebruikt, om gesteenten mee aan te duiden. Deze methode kan worden gecombineerd met kleuren naar ouderdom. Zo kan men dan een zandsteen uit de Trias violet kleuren en in het kleurvlak stippen aanbrengen. Tenslotte bestaat de mogelijkheid om door middel van Griekse lettertekens de ouderdom van het gesteente aan te geven. Voor de Jura gebruikt men bijvoorbeeld de Griekse letter γ, waarbij de onderste Jura met γ_o, de midden-Jura met γ_m en de bovenste Jura met γ_b wordt aangeduid. Op deze wijze is het mogelijk om kleine kleurvlakjes op de kaart beter te herkennen.

Het sterkst spreken op de geologische kaart de kleuren. Indien alle lagen horizontaal liggen, beheerst de kleur van de bovenste gesteentelaag het gehele kaartvlak. Maar meestal staan de lagen schuin, waardoor er een gekleurd banden- en strepenpatroon op het kaartbeeld verschijnt.

Om dit patroon te interpreteren moet rekening worden gehouden met het relief, d.w.z. met de hoogteverschillen in het landschap. Er bestaan verschillende methoden om het relief op de kaart aan te geven. De meest toegepaste methode is om het landschap denkbeeldig te doorsnijden met op gelijke verticale afstand van elkaar gelegen horizontale vlakken. Op deze wijze ontstaan de hoogtelijnen. Op de topografische veldkaart 1:25.000 (figuur 3 A) zien we een hoogtelijnenpatroon. De hoogtelijnen zijn voorzien van een hoogtecijfer, dat meestal met de voet in de richting van de steilste helling wordt gezet. Uit het verloop van de hoogtelijnen kan men de richting en steilte van hellingen opmaken en daarmee dus de vormen in het landschap (bergruggen, dalen, enz.). Voor de steilte van hellingen geldt: hoe dichter de hoogtelijnen bij elkaar lopen, des te steiler is de helling.
De stand van de lagen in de ruimte geeft samen met het hoogtelijnenpatroon, dat dus het relief vastlegt, een bepaald kleurenpatroon op de kaart. Eenzelfde stand van de laagvlakken van verschillende gesteentepakketten kan op de geologische kaart door verschillen in relief een totaal ander kleurenpatroon geven. Aan de andere kant kan een identiek reliefpatroon bij verschillen in de stand van de lagen („laagstand") eenzelfde kleurenpatroon op de kaart geven (fig. 4). Het is daarom goed om altijd nauwkeurig het hoogtelijnenbeeld en de helling en de strekking van de lagen te bekijken.
In onderstaande figuur is de helling links van het hoogtecijfer 69 meter dus steiler dan de helling rechtsonder.
De vertikale afstand tussen twee hoogtelijnen, het hoogtelijnen - interval, is hier 15 m.

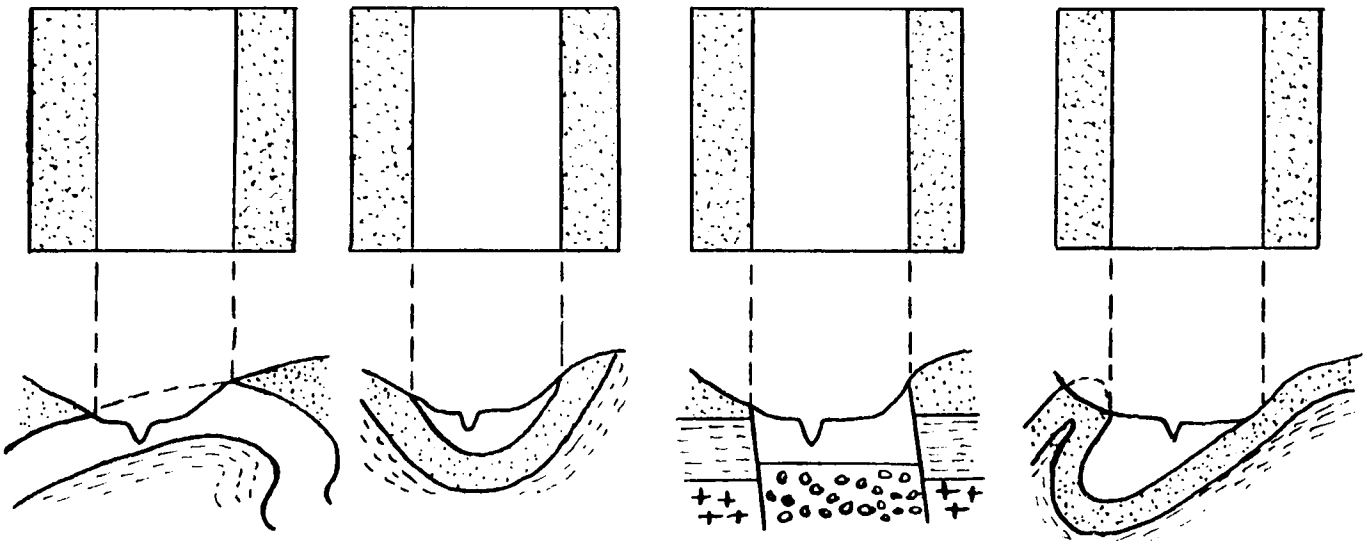


Figuur 4



De geologische kaart van gebieden, waarin de „laagstand" van de gesteentepakketten gelijk is, maar het relief verschilt.

Hoewel de „laagstand" van de verschillende gesteentepakketten verschilt, geven de geologische kaarten toch eenzelfde patroon, omdat het relief gelijk is.

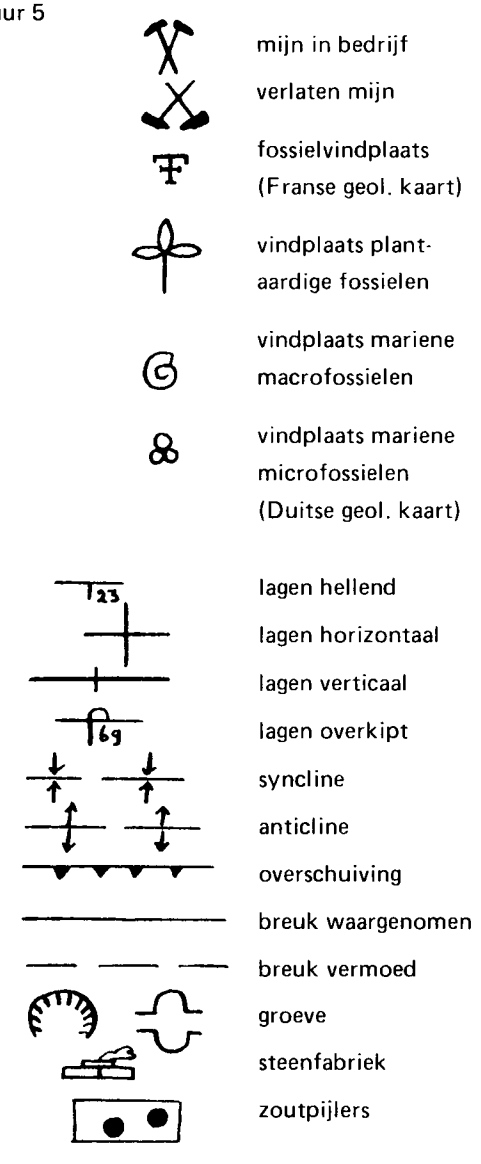


De legenda

In de legenda (letterlijk „wat gelezen moet worden") kan men de betekenis van alle op de kaart gebruikte tekens en kleuren terugvinden. De gesteentepakketten worden er naar hun ouderdom gerangschikt. De oudere lagen onderaan, de jongste boven.

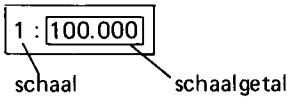
Vergelijken wij de legenda van figuur 3 A met die van figuur 3 C dan verschilt de inhoud van beide legenda's sterk. De topografische kaart geeft alle bijzonderheden die nodig zijn voor een nauwkeurige localisatie, zoals wegen, huizen, rivieren, e.d., terwijl de geologische kaart de topografische ondergrond ondergeschikt maakt. Het doel is anders en de legenda daardoor ook. Er worden nieuwe gegevens op de kaart aangebracht, die later bij het kaartlezen moeten opvallen. De topografie mag daarbij niet storend werken. In figuur 5 zijn zoveel mogelijk in gebruik zijnde tekens ondergebracht. Deze worden samen met de kleuren op de geologische kaarten aangegeven. Zelfs fossielvindplaatsen worden vermeld. Op de Franse geologische kaart 1:80.000 met een Ŧ, op de Duitse geologische kaart 1:25.000 met tekens.

Figuur 5



De schaal van de kaart

Verschillende malen is het woord „schaal" gebruikt. Er werd gesproken over een grootschalige kaart die voor de veldkartering wordt gebruikt en over een kleinschalige of overzichtskaart die de verschillende gesteenten in velerlei kleuren volgens hun ouderdom aangaven. Maar wat wordt nu precies met het begrip kaartschaal bedoeld? We zouden het kunnen definiëren als de mate waarin de werkelijke afstand in de natuur wordt verkleind tot een kaart. De schaal is dus een verhouding, namelijk de verhouding tussen de afstand op de kaart tot die in de natuur. Hebben we bijvoorbeeld een kaart op schaal 1:100.000 ($\frac{1}{100.000}$) dan betekent dat, dat de werkelijkheid 100.000 maal is verkleind. Meet men dus op deze kaart met een lineaal een afstand van 4 cm, dan is de werkelijke afstand 100.000 x 4 = 400.000 cm = 4 km. Het getal 100.000 wordt het schaalgetal genoemd. Bekijken we nu de schaal van onze veldkaart (1:25.000), dan is de werkelijke afstand hier 25.000 maal verkleind. Dit is veel minder dan de 1:100.000 kaart. De schaal 1:25.000 is dus groter. Er kunnen daarom meer details op worden weergegeven.
Om dit alles gemakkelijk te onthouden kan de volgende regel van dienst zijn: hoe groter het schaalgetal, des te kleiner is de schaal van de kaart! ($\frac{1}{100.000} < \frac{1}{25.000}$)



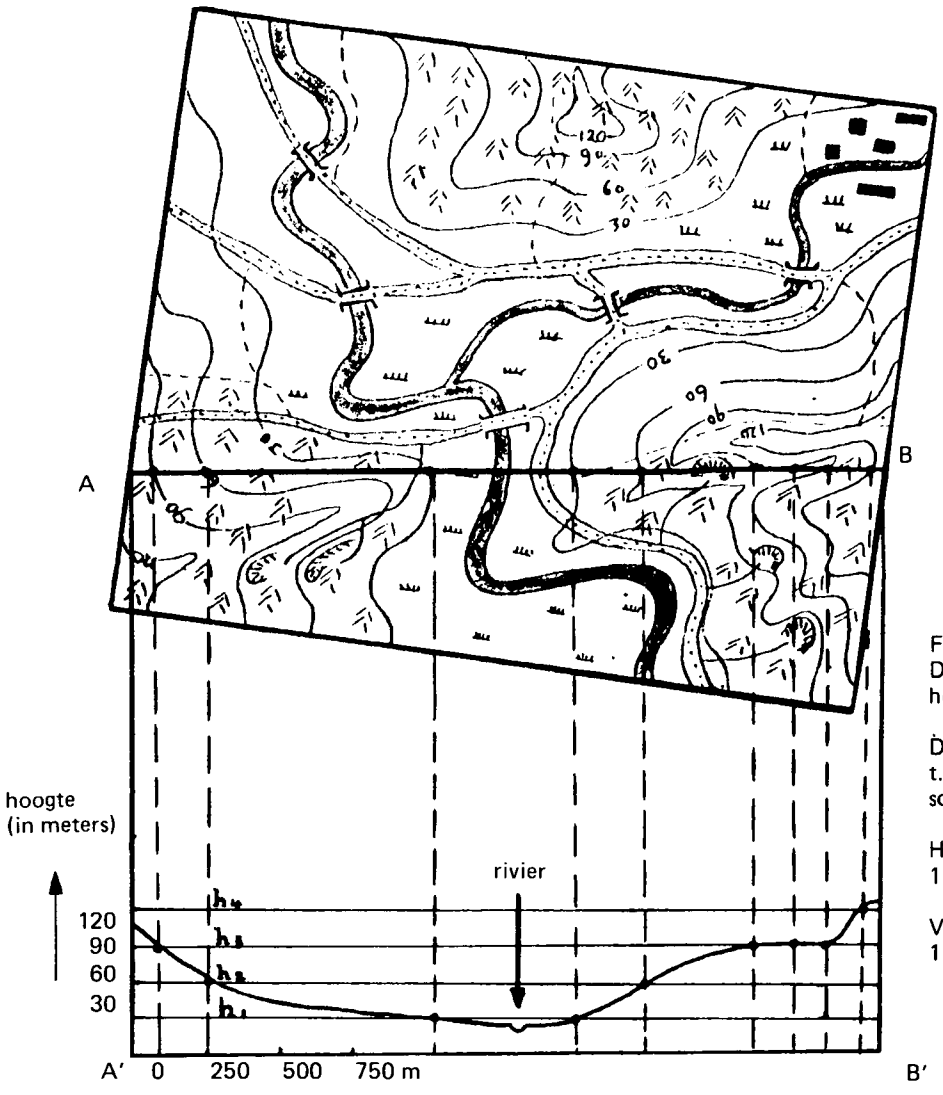
Naast het aangeven van de schaal van de kaart als een verhouding, kan men dit ook grafisch doen met behulp van een schaalbalk of schaalstok. Figuur 3 geeft zo'n schaalbalk.

De oriëntering van de kaart

Oriëntering betekent letterlijk „zich richten op het oosten".
In de cartografie echter gebruikt men het in een andere betekenis; de kaart oriënteren betekent hier dat het kaartnoorden in overeenstemming wordt gebracht met het geografisch noorden. Bij vrijwel alle kaarten ligt het noorden aan de bovenkant van de kaart. Het geologisch kompas kan zo worden ingesteld dat direct helling en strekking t.o.v. het geografisch noorden is af te lezen. Op deze wijze kan de geoloog meteen de resultaten in de juiste richting op de kaart aangeven.

Het geologisch profiel

Aan de rand van de geologische kaart vinden we vaak, naast legenda en kaartschaal, een geologisch profiel of sectie, waarvan de loop op de kaart wordt aangegeven door een profiellijn. Het is een doorsnede door dat deel van de aardkorst, waarin men de geologische opbouw kan bestuderen. Samen met de geologische kaart kan het geologisch profiel een ruimtelijk inzicht geven in de bouw van het in kaart gebrachte gebied. De geoloog kan hieruit de geologische geschiedenis die het gebied heeft doorgemaakt afleiden.
Hoe ontwerpt men het profiel?
In figuur 6 is de profiellijn A–B aangegeven op de kaart. Vanuit A en B construeren we de loodlijnen AA' en BB', waarbij AA' = BB' moet zijn.
We trekken het lijnstuk A'B', dat de basis bij de verdere projectie vormt. A'B' loopt evenwijdig aan AB. Vanuit de snijpunten van de hoogtelijnen met de profiellijn op de kaart trekken we ook loodlijnen tot de basis.
Dan wordt naar de hoogtecijfers gekeken. De 120-meter hoogtelijn omgrenst ongeveer de hoogste punten. Op het

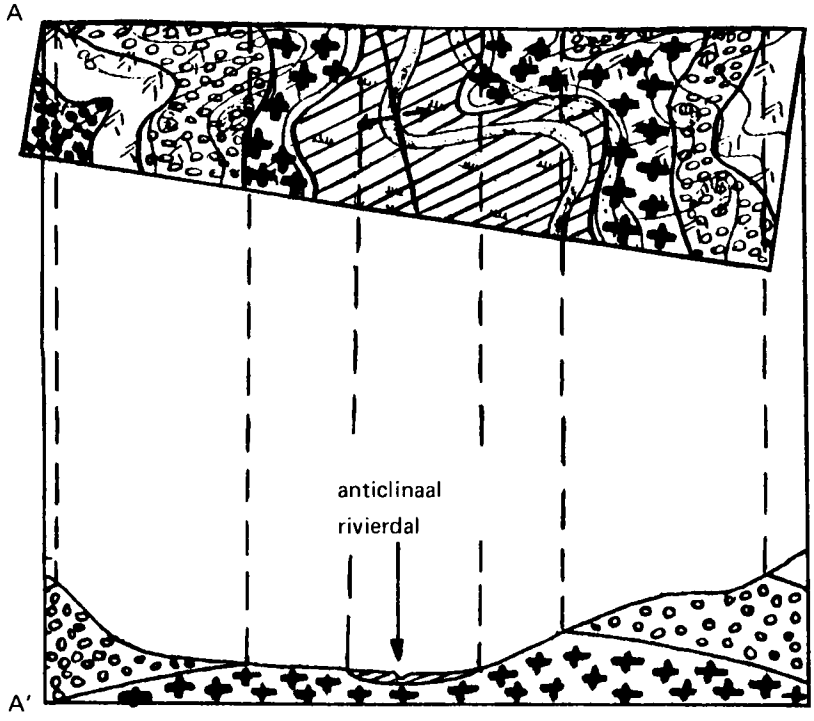


Figuur 6
De constructie van de hoogte van A naar B.

De hoogte is ruim 4x t.o.v. de horizontale schaal overdreven.

Horizontale schaal
1 : 25.000 (1cm=250m)

Verticale schaal
1 : 6.000 (1cm= 60m)



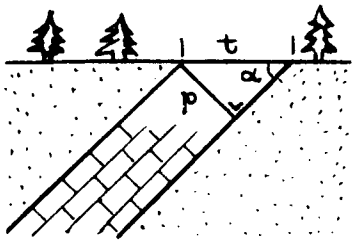
Figuur 7
Het geologisch profiel na het intekenen van de lagen; een anticline.

Legenda

- recente aanslibbing
- kalksteen
- conglomeraat
- zandsteen (glimmerhoudend)

lijnstuk AA' wordt nu een hoogteschaal aangebracht, die tot ongeveer 120 meter moet lopen. Daarna kunnen de horizontale lijnen h_1,h_2,h_3 en h_4 worden getrokken, die overeenkomen met resp. de 30, 60, 90 en 120 meter hoogtelijn. De snijpunten van de loodlijnen met de horizontale lijnen leveren tenslotte het gezochte terreinprofiel op.
Een volgende stap is het intekenen van de verschillende lagen. Hiervoor moet men de hellingsrichting en de hellingshoek kennen, alsmede de ware dikte van het laagpakket. De ware dikte p van een tussen zandsteen ingesloten hellend kalksteenpakket is t.sin α, waarbij de geoloog zowel de afstand t als de hoek α kan bepalen.

$\underline{p = t.\sin \alpha}$



p = ware dikte
α = hellingshoek van het kalksteenpakket
t = afstand waarover de geoloog het pakket kan vervolgen

Soms kan de ware dikte direct in het veld worden opgemeten.
Figuur 7 geeft tenslotte het uiteindelijke resultaat, waarbij de grenzen tussen de verschillende lagen op dezelfde wijze worden overgebracht naar het profiel als de hoogtelijnen. Geologisch gezien hebben we te maken met een anticline, die aan de top is ingesneden door een anticlinale rivier, waardoor een anticlinaal dal is ontstaan begrensd door homoclinale ruggen.

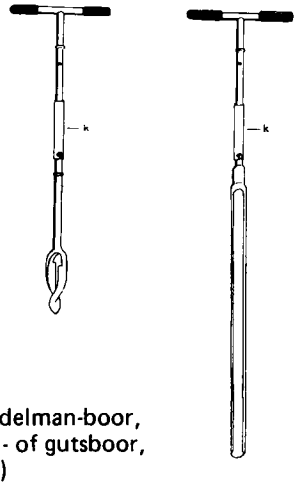
De stratigrafische kolom

De stratigrafische opeenvolging van lagen in een bepaald gebied geeft men weer in een stratigrafische kolom. Uit zo'n kolom kan men de ware dikte en de lithologische geaardheid van de gesteenten aflezen. Ook worden paleontologische bijzonderheden vermeld. De in zo'n kolom vermelde lithostratigrafische eenheden onderscheiden zich op grond van in het veld waarneembare lithologische kenmerken, zoals samenstelling van het gesteente, korrelgrootte, sortering, kleur, hardheid,sedimentaire structuren en globale fossielinhoud. De belangrijkste lithostratigrafische eenheid is de formatie.
Voor het maken van zo'n kolom gaat de geoloog de beste ontsluitingen in het gebied bezoeken. Hij kijkt of de lagen ongestoord op elkaar liggen, zodat wat onder ligt het oudst is en wat boven ligt het jongst. Dan volgt een nauwkeurige beschrijving. Door middel van correlatie met andere pakketten ontstaat tenslotte de stratigrafische kolom voor dat gebied. We vinden deze aan de kaartrand aangegeven.

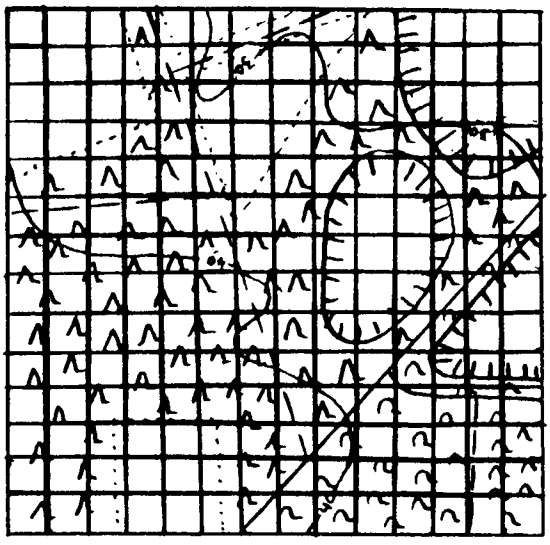
Het gebruik van de grondboor

Tot nu toe is er steeds gesproken over hellende lagen in een bergachtig gebied, waar het harde gesteente de ondergrond vormt. Alleen direct langs de rivier lag een brede zone jonge alluviale afzettingen. Er zijn echter gebieden waar deze losse sedimenten grotere oppervlakten beslaan, zoals in Nederland. Omdat hier de ontsluitingen veel schaarser zijn, het reliefverschil geringer (met uitzondering van de zandgronden) en de sedimenten onverhard, wordt de informatie verkregen uit boringen.
Boringen worden verricht met behulp van een grondboor, een stalen staaf of buis met een boorvormig einde. Er zijn twee soorten in de handel. Welke men gebruikt is afhankelijk van de aard van het sediment waarin wordt geboord. In de eerste plaats is er de zogenaamde Edelmanboor, naar ontwerp van prof. dr. C.H. Edelman. Deze grondboor van ca. 1,20 m lengte haalt telkens 10 cm sediment naar boven. Hij wordt gebruikt bij een geologische kartering op klei- en zandgronden. In figuur 8 wordt de Edelmanboor aangegeven. Deze bestaat uit twee losse onderdelen, die met behulp van een koppelstuk aan elkaar worden verbonden tot een geheel. De boor kan langer worden gemaakt door er verlengstukken tussen te plaatsen. Wil men een oppervlakte in kaart brengen dan boort men gewoonlijk tot twee meter. Bij het „profiel-boren" wordt veel dieper geboord.
Naast de Edelman-boor kennen we de 1 à 1,50 m lange steek- of gutsboor, welke wordt gebruikt voor slappe klei- en veengronden. Ook bij deze boor (fig. 8) bestaat de mogelijkheid om verlengstukken aan te brengen. Bij een profiel-kartering van het Holoceen in het westen van ons land, waar een afwisseling van klei- en veengronden op een zandige Pleistocene ondergrond wordt aangetroffen, boort men tot aan deze zandafzetting. Naar het westen toe neemt de diepteligging hiervan toe. Onder Woerden ligt deze op ca. 7 m diepte, bij Gouda op 10 meter en bij Hoek van Holland op meer dan 18 meter. Wil men dus zo diep boren, dan zijn er veel verlengstukken nodig. In de praktijk komt men met een grondboor niet dieper dan 10 à 12 m. Het principe van de gutsboor is het in de grond steken ervan tot de hele lengte gevuld is met sediment. Dan draait men de boor enkele slagen met de klok mee en trekt hem vervolgens rustig op. Met een mes wordt de inhoud later verwijderd. Aan het einde van iedere boring wordt het boorgat goed dichtgestopt om o.a. ongelukken met vee te voorkomen.

De aanpak van een kartering in dit soort gebieden is ook heel anders. De geoloog die een kaart moet maken van een bergachtig gebied zoekt naar ontsluitingen. De plaats van een ontsluiting is dus willekeurig en kan niet door hem worden gekozen. Dit heet een vrije kartering. Bij het boren karteert men echter met raaien en rasters.
Het karteren met rasters komt neer op het leggen van een vierkantennet over het kaartvlak (figuur 9). De grootte van het oppervlak van een vierkant is afhankelijk van de kaartschaal. Daarna gaat men het veld in en localiseert de plaats van ieder vierkant. Binnen elk vierkant wordt vervolgens minstens een boring gezet. Een rasterkartering is meestal een oppervlakte-kartering, waarbij men niet



Figuur 8
Grondboren,
links een zgn. Edelman-boor,
rechts een steek- of gutsboor,
(k = koppelstuk)



schaal 1 : 10.000 (1 cm op de kaart is 100 m in de natuur)

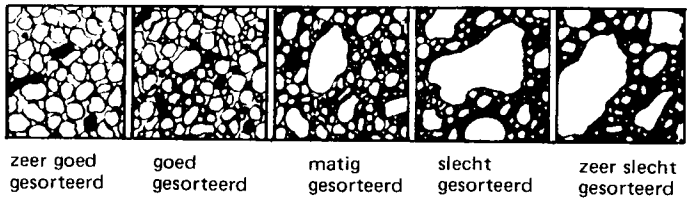
0 100 200 300 400

Legenda:

- weggetje
- bospaadje
- groeve
- loofbos
- naaldbos
- akker
- hoogtelijn

Figuur 9
Bij een rasterkartering wordt over de topografische kaart een vierkantennet gelegd; (opp. vierkantjes bijv. 50x50m = 2500 m2)

Figuur 10
Uitdrukkingen voor de mate van afronding van de "korrels".



Figuur 11
Moderne classificatie van de sorteringsgraad

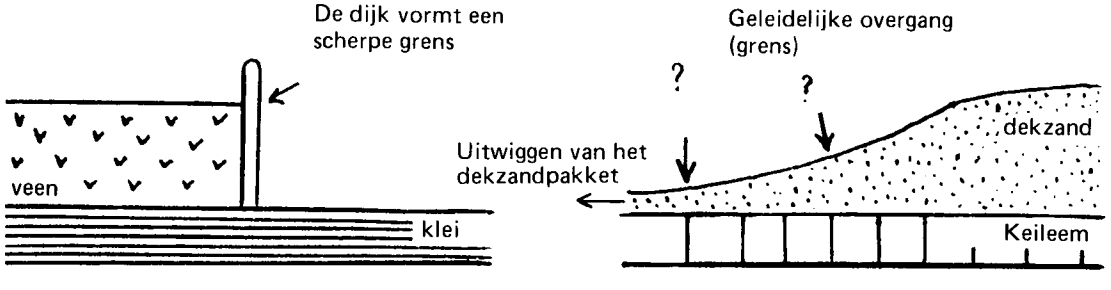
dieper dan twee meter boort. Er wordt dus een geologische kaart gemaakt. Van elke boring bepaalt men de aard van het sediment: klei, veen, zand, grind. Meestal heeft men met menggesteenten te maken, zoals humeus zand, zandige klei, kleiig zand, leem, enz. Van het zand wordt steeds de grofheid, kleur, afronding en sortering geschat. Hiervoor gebruikt men een zandlineaal, een kleurentabel en diverse classificaties. In figuur 10 is zo'n schema voor de afronding gegeven. Dit loopt van bijzonder hoekig tot goed afgerond. De „korrels" moeten steeds met een loep worden onderzocht.
Figuur 11 laat een moderne classificatie zien voor de mate van sortering van zandkorrels, wanneer we deze met een loep bekijken. Van links naar rechts neemt de sorteringsgraad af. De silt- en kleideeltjes zijn donker aangegeven.

Alle gegevens worden weer in een veldboek opgeschreven en iedere boring van een nummer voorzien, wat op de veldkaart wordt aangegeven.
Het trekken van grenzen tussen twee verschillende soorten sediment is ook nu weer een moeilijke zaak. Soms vormt een dijk een scherpe grens, maar meestal hebben we te maken met een geleidelijke overgang tussen twee lagen, zodat we moeten interpoleren (figuur 12).

Bij een raaienkartering gaat het de geoloog om de opbouw van het profiel onder zo'n uitgezette raai. Dit uitzetten gebeurt met behulp van een meetlint. Ieder boorpunt wordt voorzien van een jalon of bakenstok en na het boren ingemeten. Dit inmeten wordt gedaan met een waterpasinstrument, waarmee men de hoogte van elk boorpunt op de raai kan vastleggen ten opzichte van een vast punt. De onderlinge afstand der boorpunten is meestal meer dan 1 meter.
Een raaienkartering is vaak een thematische kartering, wat inhoudt dat de geoloog met behulp van karteren een probleem probeert op te lossen, bijvoorbeeld hoe het milieu in het desbetreffende gebied is geweest. Het maken van een kaart van een gebied duidt men dan aan als een regionale kartering.

Zelf karteren

Wie ooit eens wil proberen zelf een geologische kaart te maken moet beschikken over de juiste instrumenten. In laagland is dat dus in ieder geval een grondboor, een loep en een zandlineaal, terwijl in het bergland een hamer en een geologisch kompas onmisbaar zijn.
Hoewel enige kennis van zaken onontbeerlijk is, kan men met veel doorzettingsvermogen toch een heel eind komen.



Figuur 12
Soorten grenzen