

Het lezen van geologische kaarten

door P. Floor

In de kartografie onderscheiden we twee hoofdgroepen kaarten: topografische en thematische kaarten. De topografische kaarten trachten de landschappelijke werkelijkheid, hoewel verkleind, zo goed mogelijk weer te geven. De thematische kaarten beperken zich tot één of hoogstens enkele thema's, die dan diepgaander behandeld worden. De geologische kaart behoort tot de groep thematische kaarten. Het is een kaart met geologische informatie, gedrukt over een topografische ondergrond, die voor de leesbaarheid met opzet beperkt gehouden is. Geologische kaarten bestaan nog niet zo lang. Het eerste exemplaar dat een gebied van enige omvang beschreef verscheen pas in 1815. Het werd gemaakt door de man, die wel de vader van de stratigrafische geologie genoemd wordt, de Engelsman William Smith (1769-1839). De kaart diende vooral economische doelen en gaf informatie over die onderdelen van de geologie, waarvoor ondernemers in het Engeland van de industriële revolutie belangstelling hadden.

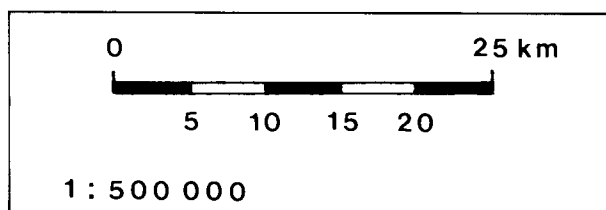
Hoewel er inmiddels in de geologische kartering heel wat veranderd is en de hoeveelheid informatie op de kaarten enorm is toegenomen, speelt deze belangstelling van ondernemerszijde nog steeds een grote rol. De overheid en industrie zijn veruit de grootste opdrachtgevers en de kaarten worden dus meestal gevormd naar hun wensen en niet naar die van de amateur met geologische belangstelling. Geologische kaarten maken dan ook op velen een nogal ontoegankelijke indruk. Toch kunnen ook amateurs profiteren van de vele informatie die geologische kaarten bieden.

De bedoeling van dit artikel is, om enige basiskennis aan te dragen die nodig is om zo'n geologische kaart te beoordelen en te interpreteren. Hiervoor zullen we eerst kijken naar de wijze waarop de geologische informatie wordt afgebeeld. Achtereenvolgens zullen daarbij de titel, schaal en legenda aan bod komen. Pas daarna zullen we door middel van een aantal voorbeelden de relatie tussen het kaartbeeld en het landschap verduidelijken.

De titel

In het algemeen wordt er aan de titel van een kaart weinig aandacht geschonken. Toch kan juist die titel, zeker bij de aanschaf van een kaart, van groot belang zijn. Een goede titel geeft aan over welk gebied de kaart gaat en welke informatie er wordt verschaft. Vooral het tweede punt kan tot misverstand en teleurstelling leiden en verdient

Afb. 1. Twee manieren om schaal aan te geven.



daarom extra aandacht. Er bestaan namelijk verschillende soorten geologische kaarten. Zo zijn er bijvoorbeeld 'afgedekte' kaarten, waarop bepaalde aan de oppervlakte liggende lagen (bv. uit het Kwartair) zijn weggelaten, terwijl deze lagen op andere kaarten nadrukkelijk wèl zijn aangegeven. Een ander voorbeeld vormen de ontsluitingen; sommige kaarten geven deze wel, andere weer niet. Tenslotte is het van belang om er op te letten of de 'vlag' van de titel de 'lading' van de kaart wel dekt en niet op een geologische modderschuit blijkt te staan. Op menige kaart, waarmee volgens de uitgever geologische wandelingen of trektochten uitgezet kunnen worden, staat de doorgaans toch al beperkte topografie zo slecht aangegeven, dat hij voor dat doel onbruikbaar is.

De schaal

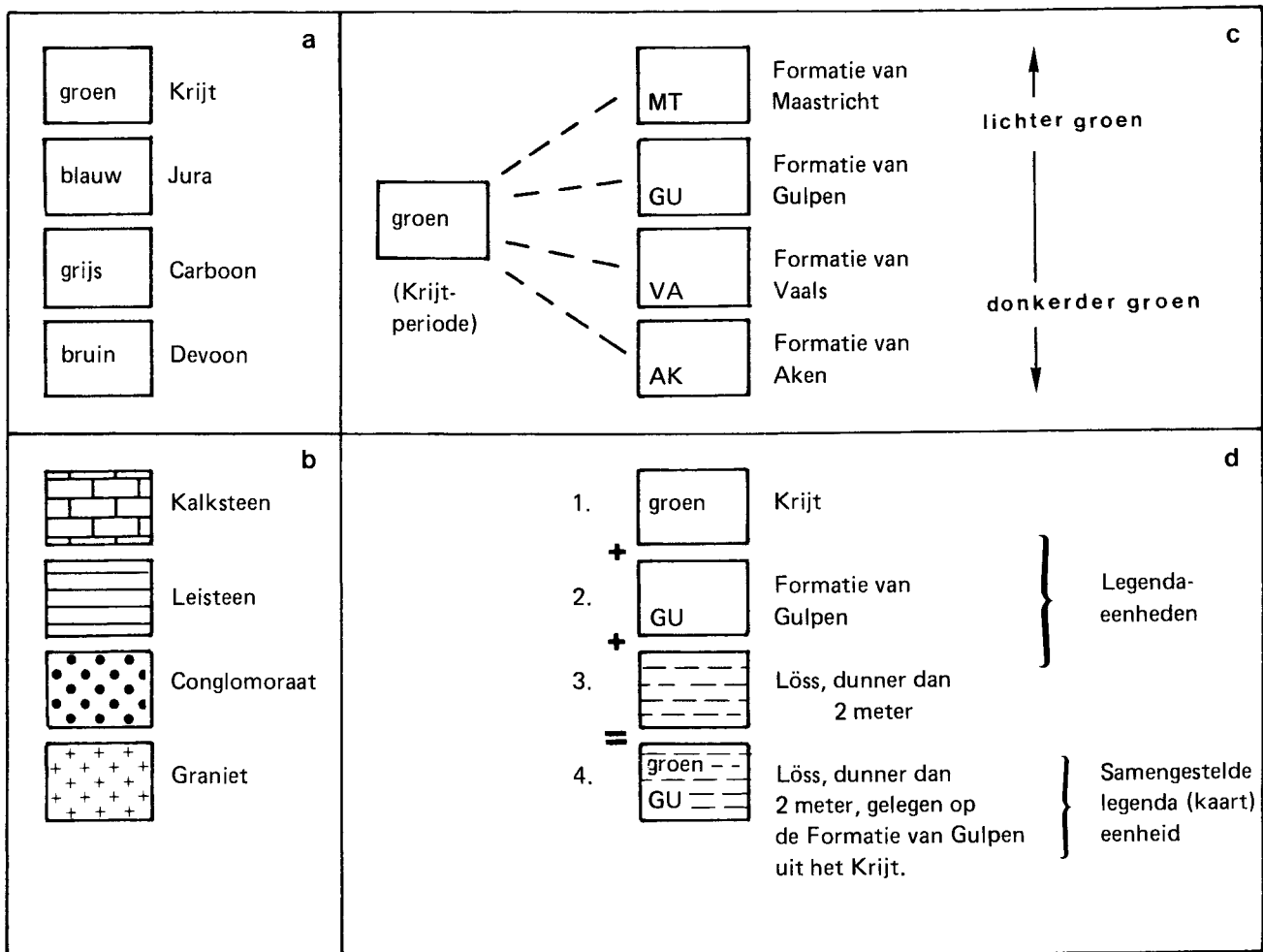
De schaal van een kaart geeft de verhouding weer tussen een afstand op die kaart en diezelfde afstand in werkelijkheid. De twee meestgebruikte methoden om dit te laten zien zijn het schaalstokje en het schaal- oftewel verhoudingsgetal (afb. 1). Beide hebben voor- en nadelen. Schaalstokjes bieden de mogelijkheid tot snel vergelijken, waardoor ze erg geschikt zijn om in afbeeldingen te gebruiken. Daarnaast blijven ze bij het eventueel vergroten of verkleinen van kaart of afbeelding altijd de juiste schaal aangeven, mits meevergroot of meeverkleind.

Het gebruik van het schaalstokje is echter, vooral als de kaarten wat groter van afmeting worden, een omslachtige manier voor het berekenen van de afstand tussen plaatsen. Voor dat doel maakt men dan ook meestal gebruik van het schaal- of verhoudingsgetal. Behalve voor het berekenen van afstanden is dit getal ook te gebruiken om snel te zien of de kaart grootschalig is (d.w.z. het oorspronkelijke gebied is minder sterk verkleind afgebeeld, bv. 1:50.000) of kleinschalig (het oorspronkelijke gebied is sterk verkleind afgebeeld, bv. 1:1.000.000). Dit is van belang, omdat de schaal ook van invloed is op de hoeveelheid informatie die een kaart kan bieden. Een grootschalige kaart kan, bij een gelijk kaartoppervlak, weliswaar minder gebied laten zien dan een kleinschalige kaart, maar kan veel meer details geven, terwijl het kleinschalige exemplaar vooral overzicht biedt.

De legenda

De legenda van een kaart geeft de betekenis van de op die kaart gebruikte kleuren en symbolen en vormt dus het belangrijkste aanknopingspunt om de op de kaart aanwezige informatie te ontcijferen. Bij geologische kaarten vormt die legenda een tamelijk ingewikkeld geheel, aangezien er veel informatie op een relatief klein oppervlak bijeengebracht moet worden. De belangstelling van de lezer gaat immers niet alleen uit naar gesteentesoort en ouderdom, maar ook naar zaken als ligging en verloop van de gelaagdheid.

Het opvallendste aanknopingspunt bij het ontrafelen van het netwerk van informatie dat de legenda geeft wordt



Afb. 2. Vier mogelijke legendatypen bij geologische kaarten.
a. Chronostratigrafisch. De kleur geeft alleen de ouderdom van de lagen aan.
b. Lithologisch. Het symbool (of eventueel een kleur) geeft alleen de gesteentesoort aan.
c. Chrono- en lithostratigrafisch. Variatie binnen een basiskleur, aangevuld met een lettercombinatie. (Naar: *De geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving, schaal 1:50.000, pre-Kwartair*)
d. Chrono- en lithostratigrafisch. Combinatie van a, b en c. Door het over elkaar heenleggen van legenda-eenheden ontstaan op de kaart samengestelde kaarteenheden. (Naar: *De geologische kaart van Nederland, schaal 1:50.000, blad Heerlen*)

gevormd door de kleuren (zie afb. 2a). Zoals bekend worden de gesteenten in drie groepen verdeeld: sedimentaire, metamorfe en stollingsgesteenten. Wanneer deze alle drie in het kaartgebied voorkomen worden ze in bovengenoemde volgorde gerangschikt. Achtereenvolgens dus:

1. De sedimentaire (afzettings)gesteenten, op ouderdom gerangschikt: de jongste boven en de oudste onderaan.
2. De metamorfe (omzettings)gesteenten; ook deze, indien mogelijk, op dezelfde wijze gegroepeerd naar ouderdom.
3. De stollingsgesteenten, met vulkanieten (bv. bazalten) en dieptegesteenten (bv. granieten).

Helaas zijn de kleuren die voor het aangeven van die diverse gesteenten en/of geologische periodes etc. gebruikt worden niet internationaal gestandaardiseerd. We kunnen hoogstens spreken van enige gewoontevorming. Jura-afzet-

tingen bijvoorbeeld zijn vaak blauw, waarbij de oudere afzettingen uit die periode, bv. de Onder-Jura, een donkerder tint van de hoofdkleur krijgen dan de jongere, bv. uit de Midden-Jura. Boven-Juralagen tenslotte zullen lichtblauw gekleurd zijn. Door de rangschikking in de legenda en het kleurgebruik kan men zo, althans voor de sedimentaire gesteenten uit het kaartbeeld, een indruk krijgen van de tijd- of tewel chronostratigrafie.

Behalve hun ouderdom zal de gebruiker echter ook vaak willen weten welke soorten gesteenten aanwezig zijn, de zgn. lithologie. Ook hiervoor zou men in theorie steeds wel weer een aparte kleur kunnen nemen. Als men dat beperkt tot één of enkele gesteente(n) zoals bv. granieten, die vaak in rood of schakeringen van rood worden aangegeven, of tot sterk vereenvoudigde kaarten, liefst van een niet al te groot gebied, dan lukt dat nog wel. Op gedetailleerde kaarten, met veel legenda-eenheden, bereikt men zo echter wel snel de grens van wat overzichtelijk is.

Eén van de mogelijkheden om dit probleem op te lossen is, om naast de kleuren ook gebruik te maken van bepaalde symbolen die dan een bepaalde gesteentesoort aangeven (afb. 2b).

Bekende voorbeelden hiervan zijn het rechthoekjespatroon voor kalksteen en de horizontale streepjes voor schalie. Ook voor deze op zichzelf goed bruikbare methode geldt echter, dat vooral op grote, kleinschalige kaarten het kaartbeeld snel ingewikkeld en dus onoverzichtelijk wordt.

Op veel geologische kaarten wordt dan ook niet meer uitgegaan van een indeling per gesteentesoort maar van lithostratigrafische eenheden. Deze bestaan uit een laag of een complex van lagen met bepaalde karakteristieke kenmerken en een bepaalde positie in de geologische tijd, zoals Groepen, Formaties en Afzettingen. Deze

eenheden worden elk van een kleur voorzien volgens het al van de chronostratigrafie bekende systeem van het aanbrengen van variaties binnen een basiskleur. Deze basiskleur (bv. groen) wordt dan gegeven aan alle eenheden uit de betreffende geologische Periode (bv. het Krijt). Hierbij zijn de jongste weer het lichtst en de oudste het donkerst van kleur. Een goed voorbeeld van dit systeem vormt de "Geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving", schaal 1:50.000 (afb. 2c). Informatie over de gesteenten zowel als hun ouderdom kan op deze wijze overzichtelijk worden gerangschikt.

Tot slot kunnen op kaarten die zeer veel informatie moeten bieden, zoals bv. de kaartbladen van "De geologische kaart van Nederland", schaal 1:50.000, deze technieken daar waar mogelijk en wenselijk met elkaar worden gecombineerd. Op de kaart komen dan meerdere legenda-eenheden over elkaar te liggen. In zo'n geval spreken we van samengestelde kaarteenheden (zie afb. 2d).

Op zoek naar samenhang

Met behulp van de kennis over de legenda kunnen we nu enig inzicht in de stratigrafische samenhang van de gesteenten op de kaart verkrijgen. Oftewel: inzicht welke lagen er op elkaar volgen, naar gesteentesoort en/of ouderdom. Het stratigrafisch ideaalbeeld, dat wil zeggen alle in het kaartgebied voorkomende gesteentesoorten, in hun juiste volgorde met de oudste onder en de jongste boven, wordt daarbij vaak aangegeven in een stratigrafische kolom (zie afb. 3). Hierdoor ontstaat een duidelijk beeld van het verband tussen de ouderdom en de lithologie van de afzetting. Tevens wordt het mogelijk om in één oogopslag te zien dat de lithologische grenzen vaak niet samenvallen met de chronologische grenzen. Het is dus lang niet altijd mogelijk om de grens tussen twee perioden uit de geologische geschiedenis in het veld aan de hand van de gesteenten duidelijk te herkennen. Zelfs niet als deze op de kaart duidelijk staat aangegeven. In dergelijke gevallen zijn er gidsfossielen noodzakelijk om de afzettingen uit de verschillende tijdperken uit elkaar te houden.

Een ander probleem kan zijn dat bepaalde lagen op sommige plaatsen gewoon niet of niet meer voorkomen, bv. doordat er sprake is geweest van plooi en/of breukvorming, erosie of doordat er nooit afzetting heeft plaatsgevonden. Om over zulke gevallen uitspraken te kunnen doen moeten we onze aandacht richten op de structurele samenhang op de kaart. In de praktijk betekent dit het zoeken naar een manier om het verloop van de kaarteenheden aan te geven en met elkaar in verband te brengen.

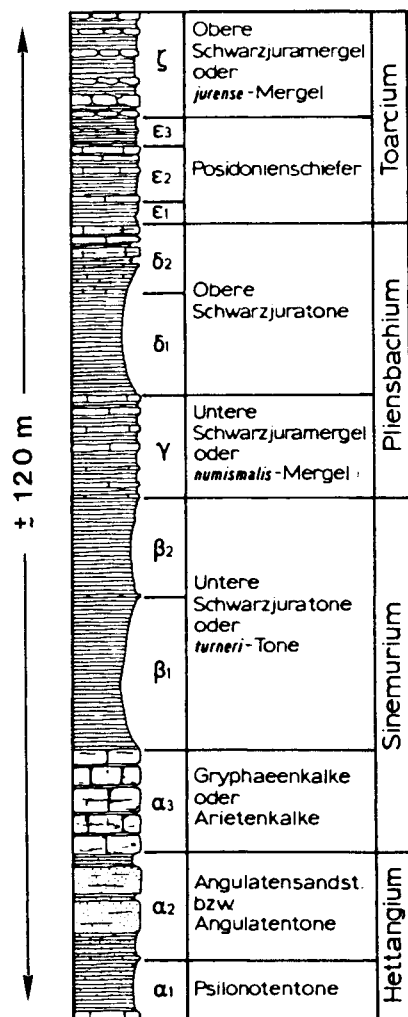
Het profiel

Een veelgebruikte methode hiervoor is om de kaart te voorzien van een dwarsdoorsnede, een zogenaamd structureel profiel (zie afb. 4). Door dit inzicht in de ondergrond bereikt men een aanzienlijke verduidelijking van de kaart. Daarnaast geeft het profiel, in die gevallen waarin op de kaart geen hoogtelijnen of cijfers staan aangegeven, informatie over de hoogte en hoogteverschillen. Voor de duidelijkheid is, althans bij geringe topografische verschillen, de verticale schaal ten opzichte van de horizontale schaal wel vaak overdreven.

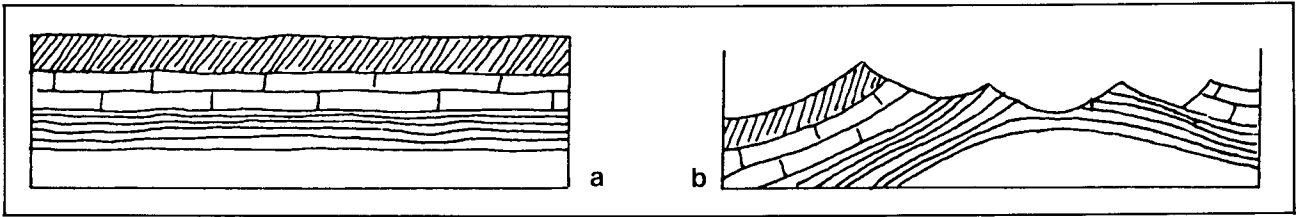
Hoewel het structureel profiel een duidelijk beeld geeft van de samenhang, geldt dit slechts voor één dwarsdoorsnede. We hebben immers voor het gebied van het profiel wel informatie over de stand van de lagen, maar voor de rest van de kaart niet.

Op sommige geologische kaarten plaatst men daarom symbolen op de kaart zelf waaruit we de stand van de lagen af kunnen lezen, de zgn. helling- en strekkingstekens. Het hellingsstreepje wordt daarbij gebruikt om het verloop van een gesteentelaag in verticaal opzicht aan te geven, m.a.w. de hellingsrichting (welke kant helt de laag op) en de hellingshoek (de maximale hoek gemeten tussen de betreffende laag en een horizontaal vlak). Om deze vrij abstracte begrippen wat te verduidelijken kan men, in plaats van een gesteentelaag in gedachten te nemen, de tafel thuis even scheef zetten. Een knikker die daarop wordt gelegd gaat rollen in de hellingsrichting en volgt daarbij de maximale helling. De hoek tussen deze maximale helling en de vloer (die hopelijk bij u thuis horizontaal is) is de hellingshoek. Let er overigens wel op dat deze techniek niet zo maar in het veld toepasbaar is. De hellingsrichting en de hellingshoek van de gelaagdheid zijn alleen bij zgn. 'dip-slopes' gelijk aan die van een berg of heuvel (zie afb. 5).

Op de kaart wordt de hellingshoek van de gelaagdheid aangegeven in graden (0° is horizontaal en 90° verticaal)



Afb. 3. Voorbeeld van een stratigrafische kolom: de Onder-Jura (Lias) in Zuid-Duitsland. Uiterst rechts staan de chronostratigrafische gegevens, links daarvan de lithostratigrafische. (Bron: Die Schwäbische Alb und ihr Vorland, door O.F. Geyer en M.P. Gwinner; uitg. Gebr. Borntraeger, Berlin/Stuttgart, 1979)



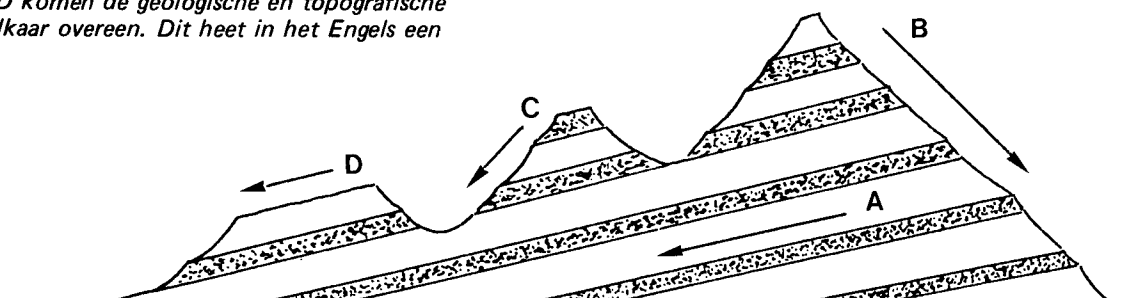
Afb. 4. Twee voorbeelden van eenvoudige structurele profielen.
 a. Ononderbroken reeks horizontale lagen.
 b. Geplooide en ten dele geërodeerde lagen. De stratigrafische eenheden zijn nu niet meer continu vervolgbaar. De structurele samenhang kan een verklaring geven voor het aan de oppervlakte komen van bepaalde lagen op bepaalde plaatsen.

en de hellingsrichting door het hellingsstreepje, dat vergeleken moet worden met de richting waarin zich het noorden bevindt. We spreken bv. over 'hellen naar het westen' als een bepaalde laag in westelijke richting lager ligt dan in het oosten.
 Behalve naar windrichting kan de hellingsrichting overigens ook in graden worden aangegeven, door gebruik te maken van een kompas met gradenverdeling. Noordhellingen zitten dan altijd in de buurt van de $0/360^\circ$ en zuidhellingen rond de 180° .
 Om tenslotte het verloop van een gesteentelaag in alle richtingen vast te kunnen leggen moeten we ook het horizontale verloop ervan aan kunnen geven, m.a.w. de strekking vaststellen. Aangezien deze altijd loodrecht staat op de hellingsrichting is dit na het bovenstaande niet moeilijk meer. Bij een zuivere noordhelling hoort dan een oost-west strekking.

Van kennis naar toepassen

Van kennis naar toepassen is nog een hele stap. Het vormen van een bepaald kaartbeeld met behulp van de legenda is dat eveneens. Door middel van de kaart moet men zich een beeld kunnen vormen van de geologie van het landschap, terwijl men ook, staande in dat landschap, bepaalde geologische elementen hun plaats moet kunnen geven op de kaart.

Afb. 5. Hellingsrichting en berghelling.
 Pijl A geeft de hellingsrichting van de gelaagdheid aan (de geologische helling, in het Engels "dip" genoemd). Deze is uniform over de gehele berg. Bij B en C is er sprake van de topografische helling (Engels: "slope"); deze kan sterk variëren. Bij D komen de geologische helling met elkaar overeen. Dit heet in het Engels een "dip-slope".

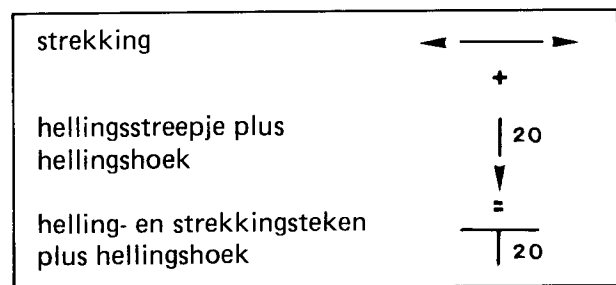
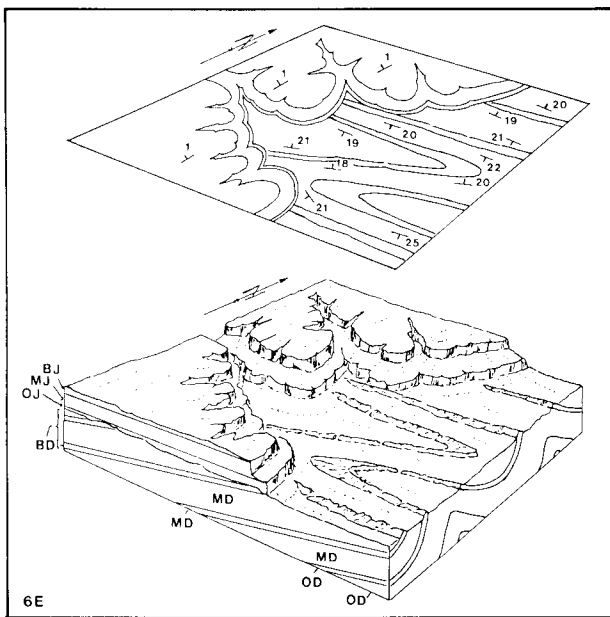
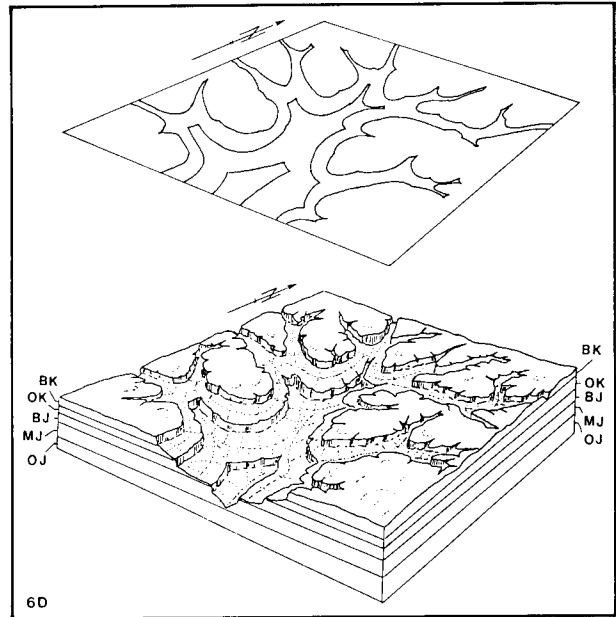
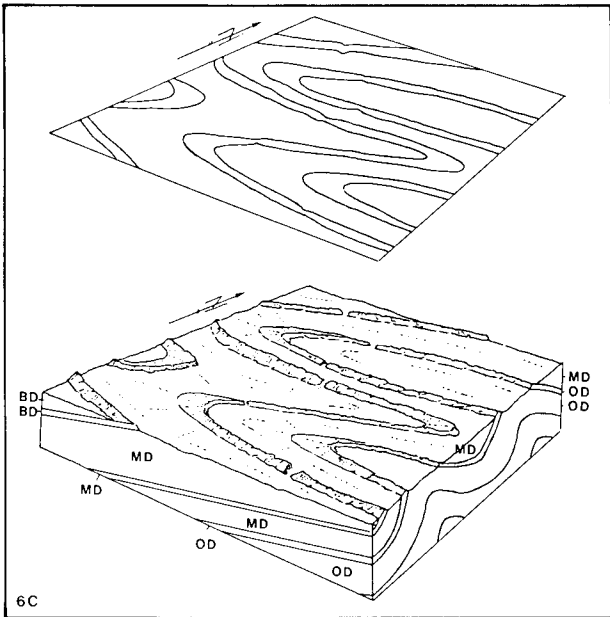
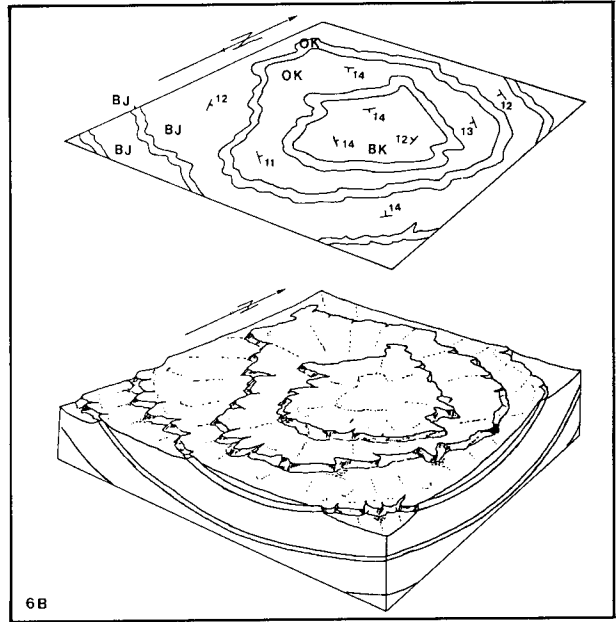
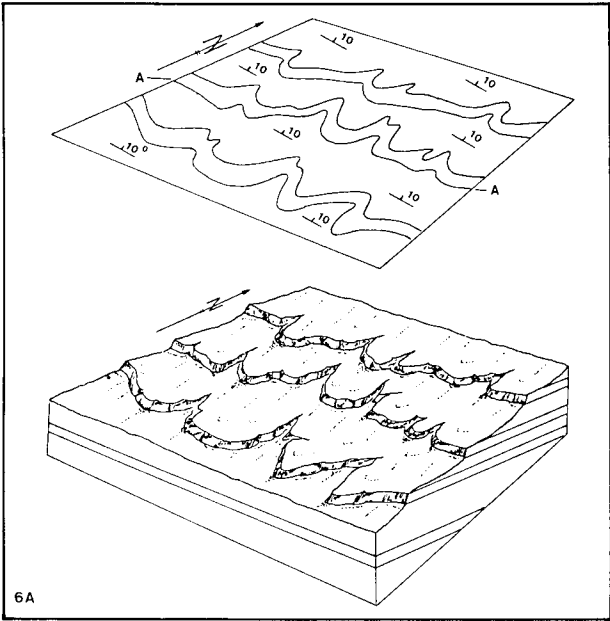


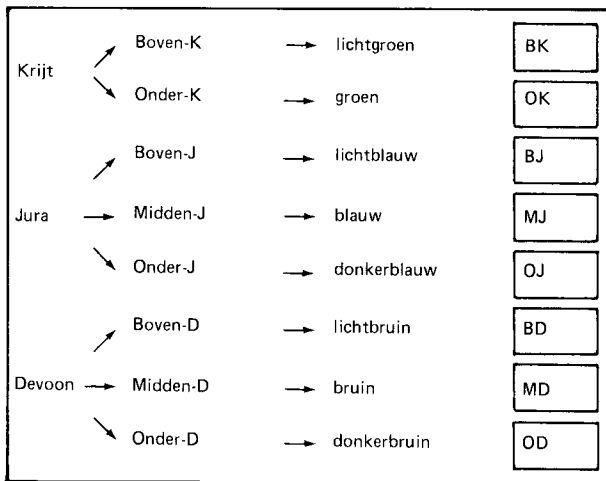
Om deze stappen te kunnen maken is een zekere oefening onontbeerlijk. Daarom zijn op de volgende bladzijden een aantal geïdealiseerde voorbeelden bijeengebracht die het kaartbeeld in verband brengen met de geologische opbouw van een landschap: Afb. 6A tot en met 6E (naar Hemblin en Howard). Om deze voorbeelden overzichtelijk te houden is daarbij gekozen voor een zuiver chronostratigrafische legenda. De lagen worden dus uitsluitend onderverdeeld naar ouderdom en niet naar gesteentesoort. Ook samengestelde kaarteenheden komen niet voor. De structurele samenhang blijkt uit de profielen die zichtbaar zijn aan de zijkanten van de blokdiagrammen. Daarnaast zijn de kaarten van 6 A, B en E ook voorzien van helling- en strekkingstekens. Een korte toelichting bij elke afbeelding geeft tenslotte enige achtergrondinformatie en soms wat stof tot nadenken. Het beeld kan nog aanmerkelijk verduidelijkt worden door de afbeeldingen (of kopieën daarvan) volgens de legenda in te kleuren. Voor diegenen onder u die zich wat meer willen verdiepen in geologische kaarten en het gebruik ervan volgen hierna nog enkele opmerkingen over hun verkrijgbaarheid en een lijstje met wat literatuur.

Hoe komt men aan geologische kaarten?

Van elk Westeupees land bestaat wel een kleinschalige overzichtskaart (schaal 1:500.000 of kleiner). De meeste landen, waaronder veelbezochte landen zoals Groot-Brittannië, West-Duitsland en Frankrijk, geven ook grootschaliger exemplaren uit van 1:50.000 of zelfs 1:25.000. Veel van de bladen van deze grootschalige kaarten zijn echter uitverkocht of nog in de maak. Daarnaast bestaan er van bepaalde veelbezochte streken ook wel op commerciële basis uitgegeven kaarten speciaal voor amateurgeologen. Voor alle kaarten geldt dat ze, indien verkrijgbaar, te bestellen zijn via de boekhandel en de GEA-boekenservice. Eventueel kan men bij de G.B.S. ook van tevoren schriftelijk inlichtingen vragen, bv. over de prijs. Gaarne een gefrankeerde en geadresseerde retour-enveloppe bijsluiten. Een andere mogelijkheid is om te

vervolg op pag. 71





Afb. 6A. Blokdiagram en kaart met het dagzoompatroon van zwak hellende lagen.

Het diagram

Het totale, zwak hellende lagenpakket van dit gebied bestaat uit vrij zacht gesteente, afgewisseld met hardere banken die door de erosie zijn uitgeprepareerd. Doordat de lagen niet geplooid zijn, ontstaat er op de plaats waar die hardere banken aan de oppervlakte komen, een patroon van ongeveer evenwijdig aan elkaar lopende ruggen met steilranden, die *cuesta's* worden genoemd. De inhammen daarin zijn een gevolg van erosie.

De kaart

Op deze kaart wordt geen informatie gegeven over de ouderdom van het gesteente. De laaggrens A vormt echter de grens tussen het Boven- en Onder-Krijt. Welke lagen zouden normaal gezien het jongst zijn? Op de kaart staan de helling en strekking aangegeven van de lagen 1, 3, 5 en 7. Wat zegt dit over de helling en strekking van 2, 4 en 6? Het antwoord blijkt ook uit het profiel aan de oostzijde van het blokdiagram.

Afb. 6B. Blokdiagram met het dagzoompatroon van een structureel bekken.

Het diagram

Dit bekken vertoont overeenkomst met een serie gestapelde schotels, waarvan de buitenste het grootst is zodat de binnenste er als het ware invallen. Er is dus tussen het centrum en de rand van het bekken nauwelijks sprake van hoogteverschil, ondanks de in het landschap aanwezige *cuesta's*. We moeten wel bedenken dat de afmeting van elk van de schotels bepaald is door de erosie van vroeger veel uitgebreidere lagen.

De kaart

In principe lijkt de geologische kaart van een bekken vrij veel op die van een dome of koepel. Toch is het verschil vrij snel te zien, omdat bij een bekken de lagen naar het centrum hellen en bij een dome juist ervanaf. Dit betekent over het algemeen dat bij een bekken de jongste lagen in het centrum voorkomen en bij een dome juist de oudste. Uit de helling- en strekkingstekens op de kaart blijkt dat de helling van de lagen naar het centrum gericht is. Kan men dit ook aangeven door één structureel profiel?

Afb. 6C. Blokdiagram en kaart met het dagzoompatroon van duikende plooien.

Het diagram

Aan de rechterzijde is in het profiel zichtbaar dat hier sprake is van twee anticlinalen met één synclinaal ertussen. Het oorspronkelijke structurele reliëf is aan de oppervlakte door erosie vervlakt. Uit het noord-zuid profiel blijkt niet dat de plooien duiken. Om dit te zien moeten we het oost-west profiel bekijken, waaruit echter weer niet is op te maken dat het hier om plooien gaat. Een goed voorbeeld om aan te tonen dat vaak een combinatie van de informatie nodig is om het totaalbeeld te kunnen vormen.

De kaart

Plooistructuren kunnen een zeer gecompliceerd kaartbeeld opleveren. Toch is op de kaart ook zonder profielen en symbolen te zien wat de anti- en wat de synclinaal is, door te kijken welke de jongste en welke de oudste lagen in het centrum heeft. Door het duiken van de plooien ontstaat er op de kaart ook een verloop in de ouderdom van de lagen als we van oost naar west kijken. Waar liggen de jongere lagen?

Afb. 6D. Blokdiagram en kaart met het dagzoompatroon van horizontale lagen.

Het diagram

Het diagram vertoont een klassiek beeld van een canyon-landschap: een horizontaal lagenpakket dat in een droog klimaat tijdens een periode van opheffing werd aangesneden door eroderende rivieren.

De kaart

De kaart vertoont een "boomvormig" vertakt patroon waarin de grenzen van de legenda-eenheden vrijwel gelijk met elkaar oplopen. Wat is hiervan de oorzaak? Veel hulp bij het interpreteren van dit soort kaarten bieden de profielen. Als we hieruit eenmaal weten dat de lagen horizontaal liggen dan wordt het ook mogelijk om uit de ouderdom van de lagen op de kaart af te lezen waar zich de diepste gedeelten van de canyon bevinden.

Afb. 6E. Het dagzoompatroon van een hoekdiscordantie.

Het diagram

Het landschap op dit diagram vertoont een combinatie van afb. C en D. De geplooidde lagen zijn na een periode van erosie weer bedekt met vrijwel horizontaal liggende, jongere sedimenten. We spreken in zo'n geval van een hoekdiscordantie. Ook de horizontale lagen zijn weer aangetast door erosie.

De kaart

Op de kaart is de grens tussen de oudere en jongere lagen duidelijk te zien, door het doodlopen van de oudere niveaus. Na het bestuderen van de vorige afbeeldingen zal ook duidelijk zijn dat hier sprake is van totaal verschillende structuren. De mate waarin de oudere lagen t.o.v. de jongere scheefstaan is nooit uit de legenda te halen, maar kan slechts volgen uit een totale kaartanalyse. Het duidelijkst blijkt de hoekrelatie uit de structurele profielen en uit de totaal verschillende helling en strekking van de lagen.

vervolg van pag. 69

kijken of de kaart die men zoekt aanwezig is in de bibliotheek van één van de geologische instituten die ons land rijk is, bv. Amsterdam of Utrecht. Ook enkele musea beschikken over een collectie kaarten. In deze laatste gevallen moet men er wel op rekenen dat men, als niet-student of -medewerker, de kaarten vaak niet kan lenen, maar slechts ter inzage krijgt. Veel succes!

Dankbetuiging

De schrijver wil hierbij Dr. H.E. Rondeel van harte bedanken voor zijn steun bij het vervaardigen van dit artikel. Dank zij zijn hulp is het artikel in zijn huidige vorm tot stand gekomen.

Literatuur

G.M. Bennison: An introduction to Geological Structures and Maps; uitg. Edward Arnold Ltd., 4e ed., London, 1985.
M.J. Bradshaw en E.A. Jarman: Reading Geological Maps; uitg. Hodder and Stoughton, London, 1969.
E. Edmonds: The Geological Map: an anatomy of the landscape; uitg. Institute of Geological Sciences, London, 1983.
W.K. Hamblin en J.D. Howard: Exercises in physical geology; uitg. Burgess Publ. Co., Minneapolis, Minnesota, U.S.
H.E. Rondeel: Geologische kaarten: sleutels tot een schat aan gegevens; uitg. Gea, 1985, vol. 18, nr. 2, pag. 71 t/m 79.
Rijks Geologische Dienst: Toelichtingen bij de Geologische kaart van Nederland 1:50.000, blad 62 O/W Heerlen; Haarlem, 1980.