

GEOLOGY, THEORETICAL

FUNDAMENTELE BESCHOUWING VAN PROFIELCONSTRUCTIES

DOOR

G. TROOSTER

(Communicated by Prof. F. A. VENING MEINESZ at the meeting of May 20, 1950)

Onder geologisch profiel verstaat men het beeld van de doorsnijding van een deel van de aardkorst met een meestal vertikaal vlak. Evenals bij de geologische kaart is het speciaal de configuratie van de geologische discontinuïteitsvlakken, dwz. van grensvlakken en breuken, welke de essentie van het geologisch profiel uitmaakt.

Het profiel geeft een meer direct beeld van de tektoniek van een gebied, dan de geologische kaart. Onder geologische (tektonische) structuren verstaat men verstoringen van de horizontale ligging; deze verstoringen komen in een verticale doorsnede het meest direct tot uiting.

Zelden en dan nog maar partieel is de geologische structuur rechtstreeks waarneembaar; bijna steeds moet deze gereconstrueerd worden uit elementaire strekkings- en hellingswaarnemingen aan het oppervlak. Het doel, dat men zich met de constructie stelt, is om van minstens één laagvlak de doorsnijding met het gekozen profielvlak te bepalen. Daardoor kunnen dan ook de doorsnijdingen van andere laag- of discontinuïteitsvlakken bepaald zijn.

Van de beschikbare hellingsmetingen behoren in het algemeen maar enkele tot het af te beelden laagvlak; het merendeel behoort tot daarboven of daaronder gelegen vlakken. Bij de gebruikelijke constructies neemt men aan, dat deze gegevens toch de vorm van een bepaald laagvlak determineren; men *vòòronderstelt, dat de gemeten hellingen onveranderlijk en in dezelfde volgorde in alle laagvlakken terugkeren.*

Deze praesuppositie alléén leidt echter nog niet tot een eenduidige oplossing, er is een eindeloze variatie mogelijk van krommen, die dezelfde tangenten-richtingen in dezelfde volgorde vertonen of anders gezegd: die in dezelfde volgorde achtereenvolgens evenwijdig zijn aan een aantal in volgorde gegeven richtingen. Denkt men zich de constructie van een tangentenveelhoek van de kromme, en begint men door een gegeven punt de tangent te trekken evenwijdig aan de eerste gegeven richting, dan is het vooralsnog geheel onbepaald in welk punt van de eerste tangent men moet overgaan tot de tweede in de tweede gegeven richting. Zijn hieromtrent geen gegevens beschikbaar — en deze ontbreken gewoonlijk — dan eist constructie verdere vòòronderstellingen.

Men onderstelt — als uitersten — afstandsgetrouwe en vormgetrouwe

plooiing. Bij de eerste is de loodrechte afstand tussen elke twee laagvlakken constant, een loodlijn op een der laagvlakken staat loodrecht op alle andere, de laagvlakelementen, behorende bij zulk een loodlijn hebben hetzelfde kromte-middelpunt, de laagvlakken zijn concentrisch.

Profielconstructies, welke gebaseerd zijn op het principe van afstandsgetrouwheid voeren dus een tweede *voëronderstelling* in nl. de *aanname van concentriciteit*.

Op het eerste gezicht zou men kunnen menen, dat concentrische figuren gelijkvormig zijn. Dit is echter alleen het geval, wanneer men zich beperkt tot cirkelbogen of rechtehoekige figuren, welke in cirkels kunnen worden beschreven. Twee „afstandsgetrouwe”, willekeurige 5-hoeken, hebben wel gelijke hoeken, maar de zijden zijn niet evenredig. Een kromme, welke met een ellips afstandsgetrouw is, is daarmee niet gelijkvormig, het is zelfs geen ellips meer. In het algemeen zijn gelijkvormige figuren niet afstandsgetrouw. Bij de meest gebruikelijke afstandsgetrouwe constructie (H. G. BUSK, *Earth Flexures*, 1929), wordt de te construeren kromme benaderd door een aantal cirkelbogen, waarvan telkens de twee aaneensluitende een gemeenschappelijke raaklijn hebben. Deze bogen keren elk voor zich gelijkvormig in een volgend laagvlak terug, de vergroting of verkleining is echter voor elke boog verschillend.

Onder vormgetrouwe plooiing verstaat men een plooiing, waarbij alle laagvlakken congruent zijn. Uiteraard bestaat er dan in het algemeen geen loodrechte afstand tussen de laagvlakken meer en deze kan dus ook niet constant zijn, met uitzondering van het geval, dat men met platte vlakken te doen heeft. Congruentie van de laagvlakken, waarbij tevens dezelfde hellingen in dezelfde volgorde terugkeren sluit gelijkstandigheid in. Dit wil echter zeggen, dat men zich een laagvlak uit een ander meetkundig ontstaan kan denken door dit laatste over een bepaalde (rechte) afstand evenwijdig aan zich zelf te verschuiven. Daar hierbij elk punt van het laagvlak dezelfde translatie ondergaat, zal in de richting van de translatie de afstand tussen twee laagvlakken constant zijn. Men kan dus ook zeggen, dat een congruente (vormgetrouwe) plooiing een zodanige is, waarbij de afstand van de laagvlakken, gemeten in een bepaalde richting constant is.

Congruente constructiemethoden moeten eveneens van een verdere praesuppositie uitgaan nl. juist *de veronderstelling, dat de plooiing congruent en gelijkstandig is*.

Beide constructiemethoden komen hierin overeen, dat in hun praesuppositie opgesloten ligt, dat in bepaalde richtingen de afstand tussen twee vlakken constant is; twee punten, welke in de bepaalde richtingen de gegeven afstand hebben, hebben *ook dezelfde helling*. De translatierichting bij de congruente plooiing en de loodlijnen op de laagvlakken bij de concentrische plooiing zijn dus de richtingen, waarin men veronderstelt, dat de hellingen constant zijn. Lijnen, die deze richtingen hebben zijn isoklinen en deze isoklinen zijn rechte lijnen.

De mening, dat men congruente of concentrische profielconstructies kan baseren op een aantal aan het aardoppervlak verrichte metingen, waarvan de onderlinge situatie uiteraard bekend moet zijn, berust dus op de inhaerente praesuppositie, dat men door de waarnemingspunten rechtlijnige isoklinen kan trekken, waarvan men het verloop zou kunnen vaststellen òf op grond van feitelijke gegevens, maar meestal op grond van verdere vòronderstellingen. Door de aldus gegeven schaar van isoklinen zou de profielkromme eenduidig bepaald zijn. Dit laatste is een vraagstuk, dat in deze verhandeling buiten beschouwing zal blijven.

In het voorgaande zijn twee bijzondere plooiingsvormen beschouwd, waarvoor profielconstructie mogelijk geacht wordt. De allereerste vòronderstelling nl. de aanname, dat alle gemeten hellingen onveranderlijk en in dezelfde volgorde in alle laagvlakken terugkeren eist geen rechtlijnigheid van de isoklinen, dit kunnen evengoed kromme lijnen zijn, mits zij elkaar niet snijden, daar dan de opeenvolging van de hellingen aan weerszijden van het snijpunt niet gelijk zou blijven. Men zou in het laatste geval de betrokken metingen aan de andere zijde van het snijpunt, dan die waar de metingen gedaan zijn, kunnen elimineren. Inderdaad gebeurt dit bij toepassing van de constructiemethode van Busk, doch men zal inzien, dat een dergelijke eliminatie niet steunt op geologische gronden, maar een willekeurig gevolg is van de toegepaste constructiemethode. Dit heeft dan ook het verbazingwekkend resultaat, dat de plooiingsintensiteit bij aldus geconstrueerde profielen naar boven en beneden uitsterft en steeds zijn maximum vertoont in het niveau van het huidige — toevallige — landoppervlak.

Van de kromlijnige isoklinen zijn de rechtlijnige slechts bijzondere gevallen, waarvan op hun beurt afstandsgetrouwheid en congruentie weer verbijzonderingen zijn.

Tenslotte karakteriseert ook de praesuppositie, dat de hellingen onveranderlijk en in dezelfde volgorde in alle laagvlakken terugkeren — en deze praesuppositie stelt men, wanneer men aanneemt, dat metingen, welke gedaan zijn aan verschillende laagvlakken, vormbepalend zouden zijn voor één bepaald of voor alle laagvlakken — een bijzonder geval. Het is duidelijk, dat hiermede verandering in de plooiingsintensiteit — zoals bv. aanwezig is in door inklinking ontstane structuren, of ontstaat tengevolge van plooiing tijdens de sedimentatie —, evenals ongelijkstandigheid — zoals die bv. optreedt bij gebogen assenvlakken, ook al is de plooiing overigens congruent — uitgeschakeld worden. Disharmonische plooiing moet hier uiteraard geheel buiten beschouwing blijven.

Uit het voorgaande volgt, dat een serie oppervlakte-waarnemingen in het algemeen onvoldoende is om zonder een betrekkelijk groot aantal vòronderstellingen een profielconstructie uit te voeren. Men dient in feite het verloop van de isoklinen te kennen en hiervoor zijn metingen aan een min of meer horizontaal oppervlak onvoldoende. Het probleem

is in het profielvlak twee-dimensionaal, men zou voor de oplossing over horizontale en verticale reeksen van metingen moeten beschikken.

In alle voorgaande beschouwingen ligt nog één vòdronderstelling opgesloten. Wij zagen, dat de mogelijkheid van profielconstructie de mogelijkheid veronderstelt om het verloop van de isoklinen vast te stellen. De aanname echter, dat men op grond van in het profielvlak gelegen — of op grond van daarin geëxtrapoleerde of geïntrapoleerde — gegevens de constructie kan uitvoeren, reduceert het vraagstuk tot een twee-dimensionaal probleem en dit impliceert, dat de isoklinen *in* het profielvlak zijn gelegen. In het algemeen is dit niet het geval; de isoklinen zijn ruimte-krommen, geen vlakke krommen en zelfs, wanneer het rechte lijnen zijn, zullen ze slechts in bijzondere gevallen in het profielvlak liggen. De vorm van de doorsnijdingskromme van een laagvlak met het profielvlak, wordt in het algemeen niet bepaald door de in het profielvlak gelegen metingen, maar door daar buiten gelegene. Verwaarlozing van dit principe is inhaerent aan alle constructiemethoden, welke het probleem twee-dimensionaal opvatten, maar het is het meest spectaculair bij de afstandsgetrouwe constructie. Uitdrukkelijk houdt het principe van de afstandsgetrouwheid in, dat de isoklinen rechte lijnen zijn, die in de waarnemingspunten loodrecht op de laagvlakken staan. Een in het profielvlak gelegen meting, waarvan de strekking niet loodrecht op het profielvlak staat determineert een isokline, die niet in het profielvlak ligt, maar die dit vlak snijdt in het waarnemingspunt. Deze isokline heeft dus slechts een bepalende waarde voor de vorm van de doorsnijdingskromme van het door het waarnemingspunt gaande laagvlak en dan nog uitsluitend in dit punt. In het algemeen heeft elke isokline, die het profielvlak snijdt slechts bepalende waarde in dat snijpunt en uitsluitend voor een laagvlak door dat punt. Men meent deze moeilijkheid te kunnen ondervangen door de meting zogenaamd te reduceren, dat wil zeggen door slechts rekening te houden met de in het profielvlak gelegen hellingscomponent van het gemeten laagvlak en men trekt dan een isokline loodrecht op de gereduceerde helling *in* het laagvlak. Dit is een fictie, de hellingen van de doorsnijdingskrommen in elk punt van de aldus gevormde lijn zijn niet die welke bij deze pseudo-isokline behoren, maar de gereduceerde hellingen behorende bij de isoklinen, welke het profielvlak in de betrokken punten snijden, resp., welke in het profielvlak liggen en door het betrokken punt gaan. Slechts in één geval is de gewraakte methode toelaatbaar n.l. wanneer de laagvlakken cilindervormig zijn en een horizontale beschrijvende lijn hebben, dwz. als alle gemeten strekkingen evenwijdig zijn.

De gegevens waaruit het geologisch profiel geconstrueerd moet worden zijn dus de doorsnijdingspunten van de isoklinen met het profielvlak en de in die punten door de betrokken isoklinen bepaalde (gereduceerde) hellingen. Zijn deze gegevens in voldoende aantal beschikbaar, dan kan men in het profielvlak de isoklinen van de doorsnijdingskrommen van de

laagvlakken tekenen en met behulp daarvan deze krommen construeren. Het zal dus duidelijk zijn, dat deze doorsnijdingskrommen bij vòr-onderstelde afstandsgetrouwe, dan wel congruente plooiing nièt afstandsgetrouw, dan wel congruent zullen zijn. Hier ligt de tweede misvatting van de gebruikelijke methoden. Zij pretenderen afstandsgetrouwe of congruente plooiingen af te beelden, doch in feite streven zij naar afstandsgetrouwheid of congruentie in de vlakke figuur van het profiel. Het is echter gemakkelijk in te zien, dat een doorsnede door een afstandsgetrouwe plooi in het algemeen niet afstandsgetrouw kan zijn; de breedte van de doorsnijding met het profielvlak van een gelijkmatig dikke laag hangt af van de hoek waaronder de laag het profielvlak snijdt en deze is in het algemeen veranderlijk.

In wezen is de profielconstructie een drie-dimensionaal probleem, dat aan de hand van de gebruikelijke oppervlakte-gegevens in de regel niet oplosbaar is zonder invoering van een aantal vòronderstellingen, welke dus niet uit de feitelijke gegevens afgeleid kunnen worden, maar eventueel gebaseerd kunnen zijn op regionale kennis en op persoonlijke ervaring en inzichten. Als zodanig hebben ze uiteraard een subjectief karakter.

In hoeverre bij voldoende gegevens of onder aanvoering van bepaalde vòronderstellingen betreffende het verloop van de isoklinen een geometrisch (mathematisch) verantwoorde constructie mogelijk is, zal elders in beschouwing worden genomen. Uit het voorgaande volgt reeds, dat wegens de contingentie van de gegevens hiervoor grafische methoden in aanmerking komen en dat deze neer zullen komen op integratie of het bepalen van trajectorieën.

Summary.

Construction of geologic structure sections is based on the supposition that dips measured at the earth's surface on any bedding plane are determinative for the form of other strata. This means that space curves can be determined along which the dip and strike of layers cutting these curves are constant. Such space curves are named isoclines. In general isoclines can not be determined by means of the available measurements at a more or less horizontal surface, the determination is a space problem. Actual construction requires further suppositions. Usual assumptions are the suppositions of parallel and of similar folding. The first assumes the isoclines to be perpendicular to the strata, in the second the isoclines are mutually parallel, moreover, in both cases the isoclines are supposed to be straight lines. In general the isoclines do not lie in the vertical plane of the structure section, in other words the isoclines of the bedding planes are in general not isoclines of the structure section. The bedding plane isoclines only determine the apparant dip in their points of intersection with the section plane. In general the section isoclines will have to be defined from these separate apparent dips. In case of cylindrical bedding

planes the isoclines are lying in planes through the descriptive lines of the cylinders. In this case the lines of intersection of these isocline planes with the section plane are isoclines of the section, however, the dips defined by these section isoclines are not identical with those of the bedding plane isoclines. From this it is concluded, that the usual methods of construction of structure sections are not valid, e.g. the section isoclines in parallel folding are not perpendicular to the bedding plane intersections, hence the usual construction is not valid. A section through a parallel fold can not be aequidistant unless all strikes are perpendicular to the section plane.

Section construction is a mathematical problem that will be treated elsewhere.