

HET ONTSTAAN DER DILUVIALE GRONDEN IN NEDERLAND.

DOOR

DR. H. BLINK.

Wanneer men de oostelijke streken van ons vaderland of de hooge terreinen van Gaasterland, het Gooi of elders bezoekt, valt reeds bij den eersten oogopslag een groot verschil tusschen deze landschappen en die van het lage Holland op te merken. Men verhaalt dat koning Lodewijk, toen hij van Holland naar het Loo reisde, zeide: „La terre commence au Bildt”.

Die uitdrukking is zeer verklaarbaar. Vooral in het begin dezer eeuw, toen vaste steenwegen nog tot de uitzonderingen behoorden, toen het reizen langzaam ging en aanleiding gaf het land beter te leeren kennen dan thans, nu men, in een coupé opgesloten, geheele provinciën binnen enkele uren of soms minuten doorvliegt, vooral toen moest een dergelijke verzuchting wel aan den reiziger ontsnappen, als hij den vasten zandgrond onder de voeten kreeg.

Het Hollandsche 1) en Friesche landschap langs de zee is laag en effen als eene watervlakte, waar de verre voorwerpen bijna regelmatig achter de ronding der aardoppervlakte wegzinken. Doch in het oosten van Utrecht, in Gelderland en elders in de oostelijke streken van ons land, vindt men afwisselende, golvende terreinen, hier tot ware heuvelrijen gevormd, daar met lengtevalleien doorsneden, door welke de kleine rivieren hare kronkelende stroombanen te midden van de zoomen der groengronden openhielden.

In Holland bestaat voor een groot gedeelte de bodem uit eene weeke, slibberige massa, golvend als eene halfvloeibare, taaie brij, wanneer eenig zwaar lichaam er over bewogen wordt. Geen huis kan men op dien onvasten grondslag bouwen, doch door lange palen moet men den stevigen ondergrond trachten te bereiken, om hierdoor den gebouwen een vast fundament te verzekeren.

Geheel anders is het in de streken, waar volgens koning Lodewijk het land bevindt. Hier vindt men den vasten grond, die in Holland eerst door ongeveer 10 meter lange heipalen kan bereikt worden, aan de oppervlakte. Het is zand, op vele plaatsen met kleine steentjes of grint vermengd, dat hier den bodem uitmaakt.

Gaat men dezen bodem nader onderzoeken, dan ontdekt men zoo hier en daar meer of minder uitgebreide lemlagen op eenige diepte onder de oppervlakte. Men behoeft slechts op de Veluwe, op de heiden in het oosten van Overijsel en Gelderland, in Drente en elders eenige voeten in den grond te graven, om die lemlaag te bereiken. En daarbij bemerkt men dan, dat

1) Wij laten de duinen buiten rekening.

dikwijls het leem en ook het zand, dat er over heen ligt, met zwaardere steenen vermengd is, die er in meer of minder groot aantal onregelmatig in verstrooid liggen.

Die steenen, algemeen keien genoemd, hebben zeer verschillende afmetingen. Men vindt er vele met een middellijn van één d.M. en minder, doch ook enkele van buitengewonen omvang. Nabij het raadhuis te Oldenzaal ligt een granietblok dat 8 voet lang en 6 voet breed is, en zeker meer dan 14.000 K.G. weegt. Het werd in den naburigen Tankenberg uitgegraven en als eene curiositeit in de stad neergelegd. De zware steenblokken, van welke de oude bewoners dezer gewesten de grafmonumenten hunner dooden opbouwden, de Hunnebedden, zijn eveneens gevormd uit materiaal, dat men in den bodem vond. Bij Bergum werd een steen in den bodem gevonden van 8640 K.G. zwaarte.

Wanneer men verder de mineralogische samenstelling dezer steenen onderzoekt, ontdekt men, dat deze in het algemeen bij de keien der noordelijke provinciën eene andere is dan in de zuidelijke deelen van ons land. Terwijl in Drente en zuidelijk Groningen het meest granietgesteenten als keien voorkomen, vindt men in Overijsel behalve graniet ook steenen van kolenkalk, spiriferenzandsteen en andere steensoorten. In Gelderland vermindert het graniet nog meer en nemen andere steensoorten als basalt, spiriferenzandsteen en kolenkalk in hoeveelheid toe, terwijl ten zuiden van de Maas slechts sporadisch granietgesteenten als keien voorkomen.

Zoo bevat de bodem van onze hoogere gronden verschillende steenstukken, die blijkbaar niet in ons land gevormd zijn. Wel was het eene algemeen verbreide volksmeening, dat de keien op de plaats zelf in den grond groeien, en dat ze zouden toenemen in dikte, wanneer geen menschenhand ze aan de oppervlakte bracht, maar de wetenschap heeft zich reeds lang van die onhoudbare voorstelling losgemaakt. De granietkeien in het noorden van ons land vertoonen in samenstelling eene treffende overeenkomst met granietgesteenten, welke men in Skandinavië vindt. Het zijn stukken, zooals men ze daar onder den invloed der verweering en der afwisseling van warmte en koude nog thans van de vaste rotsen ziet brokkelen. Een verschil in uiterlijk met zulke versch afgescheurde steenstukken is, dat deze laatste meestal scherpe hoeken en kanten hebben, terwijl de granietkeien in ons land door wrijving blijkbaar zijn afgerond, of door vlakke afschuring gladde, geslepen vlakken hebben verkregen.

De basaltkeien, de stukken spiriferenzandsteen en kolenkalk uit Gelderland en de zuidelijke provinciën, vertoonen veel overeenkomst met vaste rotsen langs den Rijn en de Maas, zoodat hun oorsprong bij deze te zoeken valt. Zoo zien wij, dat de steenen in onze zandgronden van elders afkomstig zijn. Het zijn zwervelingen uit verre gewesten, door de eene of andere kracht medegevoerd van hun oorspronkelijk vaderland, en als reliquiën in onzen bodem bewaard. De naam *erratische steenen* of *zwerfsteenen*, welke men er aan gegeven heeft, is daarom ook zeer juist gekozen.

Doch wie was de krachtige arbeider, die van verre landen als Skandinavië

de zware granietblokken der Hunnebedden zoowel als het fijnere steengruis vermocht aan te voeren naar ons vaderland? Welke reuzenhand was in de natuur werkzaam tot het verrichten van dien arbeid, waaraan ons land voor een groot gedeelte zijne wording te danken heeft?

Die vraag werd gesteld, toen op het eigenaardige van dezen bodem de opmerksaamheid gevestigd was. De geologen zochten rond over de oppervlakte der aarde, of er ook ergens soortgelijke verschijnselen voorkomen, en of er bij het tegenwoordig in de natuur werkzaam zijnd arbeidsvermogen ook aanwijzingen te ontdekken zijn, om de factoren te vinden, die het ontstaan van genoemde formaties verklaren.

Hoe eenvoudig schijnbaar ook samengesteld, hoe weinig bij oppervlakkige beschouwing door bijzonderheden in het oog vallend, is er toch bijna geen geologische formatie, welke meer moeielijkheden ter verklaring oplevert, dan die van de zand- en grintgronden met hunne zwerfstenen en leemlagen. Toen de geologische wetenschap nog in hare kindsheid was, en men het ontstaan van alle verschijnselen in het relief der aardoppervlakte door hevige catastrophen trachtte te verklaren, stelde men zich een buitengewonen water-vloed voor, die door snellen stroom de steenen, het grint en het zand zou aangevoerd hebben, om het daar neer te leggen, waar het vermogen des strooms te zwak werd voor verder transport. De gewijde geschiedenis der Israëlieten, de mythen van Grieken en vele andere volken maken melding van dergelijken water-vloed, welke zich over de geheele wereld zou uitgestrekt hebben, en niets viel gemakkelijker dan de hypothese met dit godsdienstig verhaal te verbinden. Daardoor kwamen de geologen er toe, die aardlagen, welke wij van ons land beschreven, het *Diluvium* te noemen, een naam, waarmede speciaal de „Zondvloed” wordt aangeduid. En al werd in lateren tijd ingezien, dat de verklaring van het ontstaan der zand- en grintlagen met zwerfstenen door een grooten water-vloed niet volkomen juist is, al moest deze hypothese voor een andere plaats maken, de naam *Diluvium* bleef voor die formatie behouden, ook al drukt de beteekenis des woords niet het ontstaan dier vorming uit. Ook wij zullen ons voor het gemak van dezen naam bedienen.

Dat het *Diluvium*, d. i. de aardvorming uit den diluvialen tijd, welke vooral in de Noord-Duitsche laagvlakte een groote uitgestrektheid heeft, en die in ons vaderland over 1338745 H.A. of ruim 40 pCt. van het geheel aan de oppervlakte komt, niet door een grooten water-vloed kan ontstaan zijn, bleek bij eenig nader onderzoek al spoedig. Hoewel het water bij hevigen golfslag en branding in staat is zware steenen der zeedijken te verplaatsen, levert de natuur toch nergens een voorbeeld, dat door stroomend water steenblokken als er in het *Diluvium* gevonden worden, over verren afstand vervoerd zijn. Daarom moet men voor dien arbeid een ander vervoermiddel in de natuur zoeken.

Ten oosten van het eiland New-Foundland bij de kust van Amerika, strekt zich in den Atlantischen Oceaan eene onderzeesche bank uit, de *New-Found-*

landbank geheeten. Aan den zuidkant stroomt de warme Golfstroom, ook wel Florida-stroom geheeten, langs en over deze bank naar het noord-oosten, en richt zich, door de heerschende zuid-westenwinden voortgedreven, naar de kust van Europa.

Doch uit het noorden dringt over deze bank eene koude zeestrooming naar het zuiden door. Het is de Labradorstroom, die uit de Davisstraat komt en een tal van ijsbergen mede naar het zuiden voert. Die ijsbergen zijn voor een deel afkomstig van de gletschers, welke langs de fjorden aan de westkust van Groenland in zee afdalen, en die, als het benedeneinde in het water daalt, hier worden opgebeurd en daardoor onder donderend geraas van den gletscher afbreken. Men noemt dit het „kalven van den gletscher”. Dan drijft dit afgebroken gedeelte van den gletscher als een ijsberg in de zee rond, ten spel van winden en stroomen.

In en soms op het gletscherijs vindt men tal van steenen en meer of minder groote hoeveelheden steengruis vastgevroren, welk materiaal vervolgens met den drijvenden ijsberg wordt medegevoerd. Waar de ijsberg afsmelt en zich oplost, zinkt dit bergpuin in de diepte. Dat nu heeft veelvuldig plaats op de bank van New-Foundland. Door den kouden stroom worden de ijsbergen niet alleen naar zuidelijker gewesten, maar ook in de warmere wateren van den Golfstroom gevoerd, zoodat hier het drijfijz op groote schaal afsmelt. Daardoor worden op de bank van New-Foundland de massa's bergpuin neergelegd, welke de gletschers van Groenland medevoeren. En wanneer over eenige duizenden jaren door een of andere oorzaak deze bank droog kwam te liggen, zou men hier een landschap vinden, dat in vele opzichten met den bodem van ons Diluvium overeenkomt.

Het was de Engelsche geoloog Charles Lyell (overleden 1875), welke zich vooral tot taak stelde om de veranderingen van de aardoppervlakte door langzaam werkende oorzaken te verklaren, die op de boven beschreven wijze ook het ontstaan van het Diluvium schetste.

Dat de groote Noord-Duitsche vlakte en ook ons vaderland eens door de wateren des oceaans bedekt waren, daarvoor spreken talrijke feiten. In den diluvialen tijd nu daalden de gletschers van het Skandinavische schiereiland in veel grooter aantal naar zee af dan thans. Over de Oostzee en Noordzee werden de ijsbergen, welke die gletschers deden ontstaan, naar de ondiepe stranden van Noord-Duitschland en Nederland gevoerd, waar zij op de banken vastraakten, afmolten, en den bodem met het steengruis en de zware steenen, welke zij medevoerden, ophoogden.

Op die wijze zou, volgens Lyell, het Diluvium van Noord-Duitschland grootendeels gevormd zijn. Men noemt deze theorie de *drifttheorie*. Door het eenvoudige der verklaring, die aan de natuur ontleend was en in geen enkel opzicht streed met hetgeen de overige geologische verschijnselen leeren, werd zij spoedig vrij algemeen aangenomen.

Ook onze landgenoot Staring, de baanbreker voor de geologische studie in Nederland, nam de drifttheorie van Lyell aan als verklaring van het ont-

staan van het Diluvium in ons land. De gesteenten van het Diluvium, die van Skandinavische afkomst zijn, waren door drijvende ijsbergen aangevoerd, dat was jaren lang de algemeene meening.

Doch behalve noordsche, werden er in het Diluvium van ons land ook zwerfsteenen gevonden, die blijkbaar afkomstig zijn van de gebergten aan den Rijn of de Maas, en zelfs granieten, die overeenkomen met de vaste gesteenten van Bretagne en Normandië, zooals de onderzoekingen van den laatsten tijd leeren. Om den aanvoer der Rijnsche gesteenten te verklaren nam Staring aan, dat behalve door het bergijs ook door gewone bergstroomen en overstromingen verbazend groote hoeveelheden steenen en tot slib vergruisde rotsen naar de laagten gevoerd werden. Het uit het zuiden afkomstige materiaal van het Diluvium zoude op die wijze aangevoerd zijn. En naar de verschillende afkomst van het materiaal van het Diluvium onderscheidde Staring *Skandinavisch Diluvium*, *Rijn-Diluvium* en *Maas-Diluvium*. Het eerste werd natuurlijk in het noorden van ons land gevonden, het andere in het zuiden nabij deze rivieren. Doch ten noorden van den Rijn op de Veluwe enz., vindt men een gebied, waar zoowel Noordsche als Rijnsche zwerfsteenen worden gevonden. Deze gronden werden door Staring als het *Gemengd Diluvium* aangeduid.

Op dit standpunt stond onze wetenschap omtrent het ontstaan van den vaderlandschen bodem nog tot voor een tiental jaren. Groot was over 't geheel de belangstelling in de kennis van het Diluvium niet bij de geologen. Men verkeerde te veel in de meening, dat in deze aardlagen weinig belangrijks te ontdekken valt, en ging de enkele verschijnselen, welke sommigen opmerkten en die niet met de driftheorie in verband waren te brengen, te veel achteloos voorbij.

Maar toen eenmaal de aandacht op het Diluvium gevestigd was, toen de feiten de vraagpunten vermeerderden, welke niet door de driftheorie konden verklaard worden, toen ontstond er binnen korten tijd een ijverige werkzaamheid op het gebied der Diluviaal-studiën.

In Zweden en Duitschland ving die vernieuwde studie aan, en weldra telde ook ons vaderland ijverige onderzoekers van het Diluvium. Door Prof. Martin en Prof. van Calker begonnen, werd weldra Dr. J. Loricé bij uitnemendheid de kenner van ons Diluvium, aan wiens talrijke onderzoekingen wij de meeste nieuwe beschouwingen over deze formatie te danken hebben. Naast dezen moeten wij Dr. H. van Cappelle noemen, die in Friesland en Drente onderzoekingen naar het Diluvium heeft ingesteld.

Wat leeren ons de nieuwe onderzoekingen omtrent de diluviale formatie?

Bij nader inzien kwam aan het licht, dat het onmogelijk moet geweest zijn, dat de ijsbergen in de ondiepe zee, welke er boven onze gronden zou bestaan hebben, zulke zware steenen als die bij Oldenzaal en elders aanvoerden. Het ijs is wel lichter dan het water, maar een ijsberg ligt toch voor het grootste gedeelte onder de oppervlakte der zee. Men kan aannemen, dat ongeveer $\frac{1}{9}$ van een ijsberg boven water uitsteekt, terwijl $\frac{8}{9}$ onder water

onzichtbaar is. Hieruit blijkt, welk eene diepte de ijsbergen moesten hebben, om steenen van eenige duizenden K.G. te dragen, en dat dergelijke ijsbergen hier niet konden aankomen, meer reeds in diepere zeeën moesten stranden.

Daarenboven zijn de gesteenten, welke men in het Diluvium aantreft, ook die welke van noordsche afkomst zijn, geenszins alle van de gebergten uit het Skandinavische schiereiland afkomstig, maar enkele zijn blijkbaar door het vervoermiddel onderweg opgenomen, en naar ons land verplaatst. Iets dergelijks nu zou door de ijsbergen niet kunnen geschieden.

Verder vindt men de zwerfsteenen zonder eenige orde of gelaagdheid in het leem en zand van het Diluvium verspreid, en ook vele leembanken met keien vertoonen niet het minst sporen van lagen. Wanneer nu deze stoffen door ijsbergen aangevoerd en vervolgens in het water bezonken waren, dan moesten zij in lagen zijn afgezet, zooals men dat nog tegenwoordig bij de kleibezinkels der rivieren ziet.

Deze verschillende overwegingen leidden er toe, dat bij nader onderzoek de „drifttheorie” als onhoudbaar beschouwd werd, tot verklaring van het ontstaan der diluviale lagen in ons vaderland en in Noord-Duitschland.

Maar er kwam meer bij. Men ontdekte in het Diluvium verschijnselen, welke ontstaan alleen door de drifttheorie onmogelijk verklaard konde worden, maar die tevens den weg wezen tot een betere theorie voor het ontstaan dezer formatie.

Ten noorden van Osnabrück verheft zich uit de omstreeks 120 M. hooge vlakte de Piesberg tot 182 M., als een geïsoleerde, van oost naar west zich uitbreidende berg. Aan de noordwestzijde van dezen berg vond men in 1882 onder eene zandbedekking op 155 M. hoogte, op het vaste gesteente over een lengte van 10 M. en een breedte van 6 M. een effene vlakte, die blijkbaar onder eene sterke drukking gepolijst was met eene ruwe massa, zoodat er tal van evenwijdige krassen en lijnen door waren uitgesgroefd. Die schuurlijnen op het vaste gesteente gaven de richting aan, in welke de beweging had plaats gegrepen, en die hier ongeveer N.N.O.—Z.Z.W. was.

Dergelijke schuurlijnen en gepolijste oppervlakten van de gesteenten zijn in het Noord-Duitsch Diluvium op verschillende plaatsen gevonden, waar het vaste gesteente in de diluviale lagen tot nabij of boven de oppervlakte komt, en het is wel opmerkelijk, dat de richting dier lijnen op verschillende plaatsen dikwijls naar een bepaald middelpunt wijst. Bij Velpke o. a. wijst de richting dier lijnen N.O.—Z.W. en bij Rüdersdorf is de richting N.N.W.—Z.Z.O. In Nederland werden dergelijke teekens natuurlijk niet gevonden, daar hier geen ander vast gesteente door het Diluvium aan de oppervlakte komt dan de tufsteen bij Maastricht, welke te zacht is om dergelijke lijnen en gepolijste oppervlakten te bewaren.

Wat leeren deze hieroglyphen der natuur nu aan den geoloog?

Er moet tijdens het ontstaan van het Diluvium een zware, uitgebreide en taaie massa geweest zijn, welke van de Oostzee uit zich waaivormig over de Noord-Duitsche vlakte bewoog, en die met aanzienlijke drukking door

ruw schuurmateriaal de vaste gesteenten polijste en met lijnen en krassen bedekte. Uit de sporen, welke die arbeid achterliet, kan men tot het bestaan van die werking in den diluvialen tijd besluiten.

Doch vertoont de natuur thans nog ergens het bestaan van dergelijke werkingen, om deze in een vroeger geologisch tijdperk ook voor Noord-Duitschland en Nederland te kunnen aannemen tot verklaring van genoemde verschijnselen?

Werkelijk is dit het geval. Wie Zwitserland bezoekt, heeft veelvuldig gelegenheid om soortgelijke gepolijste vlakten met schuurkrassen op de vaste gesteenten waar te nemen. Het gemakkelijkst is dit wel in den bekenden „Gletschertum” te Lucern, waar dergelijke verschijnselen en nog andere in een afgesloten tuin nabij de stad zijn waar te nemen. Doch wie het ontstaan dier lijnen nog thans wil nagaan, moet zich dieper in het bergland begeven, tot den voet der gletschers, op plaatsen waar eens het bergijs over de rotsen schuurde, maar door afsmelting zich later heeft teruggetrokken.

De gletschers zijn het, die bovengenoemden arbeid verrichten. Zij schuren de hoeken af van de rotspunten, welke zij op hun weg ontmoeten, en geven ze een afgeronde, bolvormige gedaante. Dergelijke afgeronde rotsen, door de Duitschers „Rundhöcker,” door de Franschen „Roches moutonnées” genoemd, vindt men veelvuldig in de bergstreken, welke aan de werking der gletschers blootstonden.

Doch bij de gletschers zijn nog meer verschijnselen waar te nemen, die men ook in de diluviale lagen vindt. Aan het benedeneind van een afsmeltenden gletscher vindt men meestal een terrein van zand en steengruis, met steenblokken van allerlei vorm en afmeting in woeste wanorde bedekt, en waardoor het smeltwater, dat van de gletschers komt, met allerlei kronkelende waterloopen zich een weg baant. Die steenmassa vormde eens de moraine van de gletschers. Een gedeelte dier steenen lag misschien aan de oppervlakte, doch eveneens een groot gedeelte lag onder de gletschers of werd gedeeltelijk in het ijs gevonden. De eerste vormden de oppervlakte-moraine, de laatste de grondmoraine. De steenen van de grondmoraine zijn meest alle afgeslepen; men vindt er onder, waaraan duidelijk twee effene vlakken geschuurd zijn, en die ook door hun krassen aanduiden, dat het schuurmateriaal ruw moet geweest zijn, en dat zij zelf tot schuursteen dienden. Welk materiaal dit was blijkt, als men het steengruis, de steenen en het ruwe slijpsel dier steenen van de grondmoraine, nader onderzoekt.

Zoo laten de gletschers door polijsting der rotsen, door schuurlijnen, gletscherkrassen genoemd, en door moraines met gepolijste steenen overal sporen van hun arbeid achter. Waar men die sporen vindt, kan men met zekerheid besluiten, dat eens tot daar de werkzaamheid van het landijs zich uitstreckte. De gletschertuin te Lucern, thans ver buiten het gletschergebied, levert het bewijs, dat eens de schoone omstreken van deze stad onder een krachtig werkende ijsmassa bedolven zijn geweest. Wie uit het Inndal over den Maloja pas naar Itallë wandelt, ziet op den kam van dien pas, waar de

weg plotseling steil naar het zuiden daalt, duidelijk sporen van den gletscherarbeid op een rotsvlakte.

Toen eens de aandacht op deze teekens gevestigd was, vond men ze spoedig vele en in tal van bergstreken, waar thans van geen gletscherwerking meer sprake is. In het schoone zuidelijke Zwarte woud, nabij zijn hoogsten top, de Feldberg, en niet ver van de schilderachtige oevers van het Titimeer, zagen wij onmiskenbare gletschersporen. Eveneens werden zij ons bij excursies in de zuidelijke Vogesen aangewezen. Zoo zouden wij gansche reeksen van plekjes in de Alpen en de voorgebergten van de Alpen kunnen noemen, op welke overal gletschersporen ontdekt zijn op plaatsen, waar men in historischen tijd geen gletschers kende.

In Middel Duitschland, op de breedte van de rivier de Main, worden die sporen niet gevonden. Doch in Noord-Duitschland en in Noord-Europa in 't algemeen vindt men weer talrijke gletscherkrassen en andere teekenen van gletscherarbeid op de vaste gesteenten. Men vindt ze in de Schotsche Hooglanden en in Wales, in Noorwegen en in Zweden, en ook in de vaste gesteenten der Noord-Duitsche laagvlakte werden zij in de laatste jaren op verschillende plaatsen ontdekt, zooals wij reeds zeiden.

Die gletschersporen zijn de hieroglyphen, uit welke de geoloog de geschiedenis van het Diluvium heeft ontcijferd. Zij toonen met ontwijfelbare zekerheid aan, dat Noord-Duitschland en ook Nederland in den tijd, toen de meeste grint- en zandlagen werden neergelegd, door het landijs moeten bedekt zijn geweest. Reusachtige ijsvelden strekten zich van de Skandinaafsche gebergten door de Oostzee en over de Noord-Duitsche vlakte uit, tot nabij de Duitsche middelgebergten. Zij bewogen zich van een centrum uit het noorden en breidden zich ten zuiden van de Oostzee waaivormig uit. Zoo bereikte in Nederland een tak van dit landijs in het zuiden ongeveer den Rijn, en strekte zich over oostelijk Utrecht uit.

De richting van de gletscherkrassen in de gesteenten wijst aan, van welken kant en in welke richting de gletscherbeweging heeft plaats gevonden. Zoo blijkt uit de onderzoekingen dienaangaande, dat er in Noord-Duitschland na den landijsstroom uit het noorden ook nog eene vergletschering moet geweest zijn, die zich uit het oosten voortbewoog. Eene tijdsruimte zonder vergletschering, eene interglaciale periode, scheidde die beide tijdperken. Deze tweede vergletschering heeft zich waarschijnlijk niet tot ons land uitgestrekt, men heeft ten minste hier geene sporen gevonden, die voor haar bestaan alhier het bewijs leveren.

Men noemt die tijdperken der vergletschering „*de ijstijden*”. Door welke natuurlijke oorzaken die afkoeling van het klimaat ontstond, die de uitbreiding der gletschers op zoo groote schaal ten gevolge had, dit is lang een open vraagpunt geweest en volkomen opgelost is het op dit oogenblik nog niet. Wij willen thans dit onderwerp niet behandelen, maar wijzen er alleen op, dat zeker niet uitsluitend een lage temperatuur de oorzaak van die ijsuitbreiding geweest is, maar dat vooral in den vermeerderden neerslag

uit den dampkring een factor voor die reusachtige ontwikkeling van het landijs moet gevonden worden.

Doch al is men het er nog geenszins over eens, hoe en door welke oorzaken de ijstijden ontstonden, al zijn de factoren van het ontwikkelingsproces der diluviale gletschers nog geenszins aan de wetenschap bekend; bij de deskundigen bestaat er zoo goed als geen twijfel meer, dat die uitbreiding van het landijs, welke wij boven schetsten, moet bestaan hebben. En wanneer Noord-Duitschland en Noord-Nederland eenmaal onder landijs bedolven waren, dat van de Skandinavische gebergten langzaam voortschoof naar deze gewesten, dan is het verklaarbaar dat dit ijs, op dezelfde wijze als nog thans in de Alpen, op Groenland en elders geschiedt, de granieten van het noorden in allerlei afmetingen medevoerde naar die landen, waar de steenen bij het afsmelten in het overige bergpuin, dat de gletschers vervoerden, werden begraven.

Aldus is het probleem omtrent het vervoer der Skandinavische gesteenten voor Noord-Duitschland en Nederland opgelost. Niet de drijvende ijsbergen, maar het voortschuivende landijs was het vervoermiddel van het grootste gedeelte der stoffen, welke ons Diluvium samenstellen. Wij willen hiermede niet beweren, dat nergens door drijvende ijsbergen in den diluvialen tijd gesteenten verplaatst zijn, maar alleen, dat de steenen van ons noordelijk Diluvium er niet door zijn aangevoerd.

Is de samenstelling en ligging, de vorm der oppervlakte en de structuur van het Nederlandsch Diluvium in overeenstemming met de vormingen, welke door de werking van het landijs ontstaan?

Wij zullen trachten in een overzicht de geschiedenis van ons Diluvium in verband met de vergletschering van Europa te schetsen.

De Tertiaire periode der geschiedenis onzer aarde is voorbij. Het proces der groote veranderingen van de oppervlakte onzer planeet was hoofdzakelijk afgeloopen. De Atlantische Oceaan was ontstaan tot eene scheiding tusschen de latere Oude en de Nieuwe Wereld, en in Middel-Amerika had de natuur een breeden dam opgeworpen om het bekken van den pas gevormde Atlantischen Oceaan in het westen af te sluiten. Het hypothetische Lemuria, dat Centraal Afrika met Indië zou verbonden hebben, was reeds verdwenen in den schoot der wateren; de Roode Zee brak een langwerpige inzinking der aardkorst binnen, om eene scheiding tusschen Azië en Afrika tot stand te brengen, en de Middellandsche Zee vormde een grens tusschen Europa en het Donkere werelddeel. De Alpen verhieven reeds hunne kruinen ten hemel, en daalden in lagere voorbergen naar het noorden af, en de kusten van Europa waren in hoofdlijnen reeds aangewezen.

Het klimaat van Europa met het einde van den Tertiairen tijd verschilde niet veel van het tegenwoordige. Zoo scheen reeds de nieuwste periode der wereldgeschiedenis te zijn ingetreden. Toch werd de geregelde ontwikkeling der aardgeschiedenis nog door een bijzonder verschijnsel onderbroken. De verlaging der temperatuur, de vermeerdering van den neerslag, vooral in den vorm

van sneeuw, en misschien andere oorzaken, deden na duizende jaren den ijstijd en de vergletschering van het vasteland ontstaan, waardoor de natuur op een geheel nieuwe wijze den modelleeringsarbeid der aardkorst voortzette. Terwijl bij de andere formatiën hoofdzakelijk bezinkingen in het water gevormd werden, had thans de neerlegging van aardlagen door het gletscherijs plaats. De uitbreiding van het landijs is daardoor bijzonder kenmerkend voor den tijd, dien men de Diluvialen noemt.

Nederland lag met het einde van den Tertiairen tijd nog grootendeels onder de wateren bedolven, en alleen in het zuiden van Limburg was een heuvelachtig land bemerkbaar. Doch uit het hart van Europa ontstonden reeds rivieren, die de algemeene helling des bodems volgden, en het overvloedige water in de zee boven Nederland uitstortten.

Doch het klimaat van Europa verslechterde; de temperatuur daalde langzaam, de vochtigheid en de sneeuwval namen toe, zoodat na honderden of duizenden jaren eene aanmerkelijke verandering was waar te nemen. Dit had ten gevolge, dat tijdens de hoogste temperatuur des jaars de waterrijkdom der rivieren sterk vermeerderde. Als vreeselijk bruisende stroomen, waarbij de hoogste watervloeden van tegenwoordig geheel in het niet zinken, rolden de overvloedige watermassa's eeuwen aaneen langs de bergen naar de hoofdrievier en langs deze verder naar de zee. Die snelle stroomen hadden een aanzienlijk arbeidsvermogen, en voerden steenstukken, rotsgruis, grint en zand mede van de gebergten, die zij doorliepen, om dit materiaal langzaam voort te bewegen en daar neer te leggen, waar zij bij het in zee uitmonden meer tot rust kwamen.

Op die wijze werd de zeebodem in Nederland door de stoffen, welke Rijn en Maas aanvoerden, met zware lagen zand en steengruis bedekt. De zwaarste steenen bleven reeds spoedig liggen en de stroom, welke zich hier uitbreidde, behield daarbij geen voldoende vermogen, om die nog verder te verplaatsen. Doch de fijnere bestanddeelen, het zand en grint, werden verder medegenomen.

Aldus is het verklaarbaar, dat er zich een uitgestrekte zand- en grintbank voor den Rijn- en Maasmond vormde, die naar het N. W. toe daalde, en tevens in fijnere bestanddeelen overging. De bestanddeelen van die bank waren alle van zuidelijken oorsprong, en door hunne bezinking in het water vormden zij geregelde lagen.

Dit was het voorspel der vorming door het landijs. Het Rijn- en Maas-Diluvium ontstond reeds voor een gedeelte op die wijze, vóór het eigenlijke ijstijdperk intrad, en tijdens het ijstijdperk zette zich het ontstaan dier formatie voort. Het vormt een *gelaagd* Diluvium, dat op meer of minder diepte ook in Overijssel, Drente en Friesland ontdekt werd.

Doch in den strijd tusschen afsmelting en aanwas bij het gletscherijs had de laatste de overhand, en na lange jaren breidden de gletschers van de Alpen zich tot nabij de Main uit. Nog altijd leverden die ijsmassa's door het afsmelten veel water aan de rivieren, maar tijdens de toeneming der ijsuitbreiding werd die hoeveelheid toch geringer. Het zuidelijke landijs bereikte Nederland niet.

Intusschen naderde het landijs uit het noorden onze grenzen. Gletscherstroomen gingen jaren bij jaren de uitbreiding van dit ijs vooraf. Zij spoelden de grondmoraine uit, en legden het leem, dat daarin bevat was, op die plaatsen neder, waar zij tot rust kwamen. Zoo werden er ook indirect door het noordsche landijs goed *gelaagde* klei- en zandbeddingen gevormd. Hunne vorming ging die van de ijsuitbreiding vooruit.

Bij de nadering van het landijs werden hiervan, gelijk nog thans bij de gletschers geschiedt, telkens stukken op het eind afgebroken. Van deze stukken dreyen eenige als kleine ijsschollen op de gletscherstroomen rond en voerden enkele steenen en eenig gruis in het gelaagd Diluvium vooruit.

Doch vervolgens breidde de ijsbedekking zelve zich uit tot ons land. Hierdoor werden zware steenen aangevoerd, en de grondmoraine werd thans direct nedergelegd. Door de drukking van het voortschuivende ijs werden de onderliggende vroeger gevormde lagen ineengeperst, soms door elkander gewoeld en samengeschoven of geplooid. Het gelaagde van de afzettingen, welke vóór de aanwezigheid van het gletscherijs door het smeltwater gevormd waren, ging aldus verloren. En waar de grondmoraine tot ontwikkeling kwam, werd daarop eene *ongelaagde, structuurlooze* massa neergelegd, met keien onregelmatig vermengd. Bij vele leembeddingen is dit duidelijk waar te nemen.

Het landijs bedekte aldus de vormingen van het Rijn- en Maas-Diluvium met meer of minder zware lagen. In het noorden zijn de door het landijs neergelegde lagen het zwaarst, maar naar den Rijn toe, waar het landijs zijn grens schijnt gehad te hebben, werd die afzetting van Noordsche producten natuurlijk geringer. Hier werden de afzettingen van den Rijn er zelfs niet geheel door bedekt en men vindt dus aan de oppervlakte zoowel steenen zuidelijke als van noordelijke afkomst. Dit is het gemengd Diluvium, dat wij boven noemden. En ten zuiden van de Maas, waar het landijs niet door-drong, kwamen door toevallige oorzaken slechts enkele gesteenten uit het noorden, doch bleven de stoffen, welke het stroomend water uit het zuiden aanvoerde, over 't geheel aan de oppervlakte.

Toen de ijsperioden eindigden, toen de gletscheruitbreiding door inkrimping en afsmelting van het landijs gevolgd werd, kwam de grondmoraine bloot te liggen. Een moraine-landschap was het, dat daar gevormd was. Waar een lange tijd het einde van een gletscher op een zelfde plek geweest was, had zich een rug van bergpuin, steengruis en zand gevormd. Dit werd een frontmoraine, waarvan men enkele sporen vindt. Het smeltwater van het ijs bruisde met geweldige kracht in allerlei richtingen door het moraine-landschap. Het zand werd medegevoerd en elders in regelmatige lagen over de moraine met zijn grint en leembeddingen nedergelegd.

Zoo werkte dit smeltwater, alsook het krachtig stroomende water van Rijn en Maas, nog jaren bij jaren aan de modelleering van het landschap. Waar de smeltwaterbeken samenliepen en grootere stroomen vormden, deden zij door erosie van den bodem breede valleien ontstaan in het Diluvium. De dalen der meeste stroomen in het oosten van ons land, van den Ouden IJsel

de Berkel, de Vecht en hare bijstroomen e. a. zijn blijkbaar op die wijze gevormd. Met haar tegenwoordig water zouden deze riviertjes onmogelijk zulke breede dalen kunnen doen ontstaan. Zij zijn de zwakke nakomelingen van diluviale reuzen, welke eens in al haar grootheid hier huisvestten, en waarin het verzwakt nageslacht zich bijna verliest.

Zoo is de noordelijke diluviale bodem van ons land hoofdzakelijk gevormd door de uitbreiding van het landijs tijdens het ijstijdperk. Het noordelijk gedeelte is aan de oppervlakte op vele plaatsen direct eene schepping van den arbeid der gletschers, het zuidelijk gedeelte is gevormd door afzettingen van buitengewoon krachtige rivieren, die aan de gletscheruitbreiding van het zuiden en den rijken neerslag uit den dampkring hun aanzienlijk vermogen te danken hadden. De leembanken in de zand- en grintgronden zijn de overblijfselen der grondmoraine, hetzij direct, waar het diluviale leem ongelaagd voorkomt, hetzij indirect, waar het leem door smeltwater uit de moraine werd weggespoeld om elders weer te bezinken. De vorm der oppervlakte is sedert het ijstijdperk zeer veranderd en verandert nog dagelijks. Doch de wetenschap leert ons, zooals wij in het bovenstaande in algemeene trekken trachtten te schetsen, dat de vaste oppervlakte der landen ten zuiden langs de Oostzee en langs de Noordzee, van de gebergten langs den Rijn en de Maas en uit Skandinavië afkomstig is.

Aan de werking van het landijs en van de groote rivieren uit den ijstijd hebben wij de schoonste gedeelten van ons vaderland te danken. Het waren de modellers van onze landschappen, die afwisseling van vormen tot stand brachten in de jongere formaties van onzen aardbodem.

De schoone landstreken in het Gooi, de liefelijke Utrechtsche heuvels, de schilderachtige afwisseling van hoog en laag langs den Veluwezoom, de bekoorlijke woestheid der Veluwe-heuvels, de kronkelende stroomdalen van onze zandgronden met liefelijk groen omboord, al deze vormen zijn in hoofdzaak aan genoemde werkingen te danken. Wie van den zuidelijken Veluwerand zijn blik in het rond laat weiden, omvat daar formaties van verschillende aard, aan den diluvialen tijd te danken. De vruchtbare Betuwe, later met zware kleilagen aangevuld, vertoont nog de sporen van het breede dal, waarlangs de reusachtige diluviale Rijn zijne wateren voorbij den ijsrand naar het westen deed bruisen. Ginds, op de grenzen van Gelderland en Utrecht, wijst de Geldersche Vallei nog den weg aan, welke een tak dier rivier volgde in het latere Diluvium. En de heuvels der Veluwe zelf, het zijn wellicht gedeeltelijk opplooiingen van den ondergrond door de kracht van het landijs. Misschien wijst een nader onderzoek hier later ook nog sporen van frontmoraines of andere gletscherwerkingen aan. Want al kennen wij de hoofdbeginselen, waarop de vorming der diluviale gronden berust, aan onze diluviaal-geologen blijft nog veel tot onderzoek over. Mogen zij steun vinden bij dien arbeid, om Nederlands geologische kaart weldra door een verbeterde te vervangen.