

doc-1d
228668

C
58
rws gel-

VERSLAG

OMTRENT

HET ONDERZOEK DER GRONDSOORTEN

IN DE

BETUWE,

DOOR

DR. F. SEELHEIM,

Leeraar aan de Rijks Hoogere Burgerschool te Utrecht.



's GRAVENHAGE,
TER ALGEMEENE LANDSDRUKKERIJ.
1883.

Bibliotheek - Uitleenkaart

rijkswaterstaat directie gelderland

postbus 9070

6800 ED Arnhem

telefoon 085 - 68 83 55 / 68 83 05

Bibliotheeknummer: C 583

Titel: Verslag omtrent een geologisch
onderzoek van de gronden in de
Betuwe.

Naam lezer	Datum	Retour voor
kok	21. JULI 1901	22. AUG. 1901

Evt. verlenging uitleenperiode tijdig aanvragen.

Bibliotheek - Uitleenkaart

rijkswaterstaat directie gelderland

postbus 9070

6800 ED Arnhem

telefoon 085 - 68 83 55 / 68 83 05

Bibliotheeknummer: **C 583**

Titel: Verslag omtrent een geologisch onderzoek van de gronden in de Betuwe.

Naam lezer	Datum	Retour voor
J. K. R.	21. JULI 1994	22. AUG. 1994

Evt. verlenging uitleenperiode tijdig aanvragen.

Rappelen

Naam lezer

1e

2e

3e

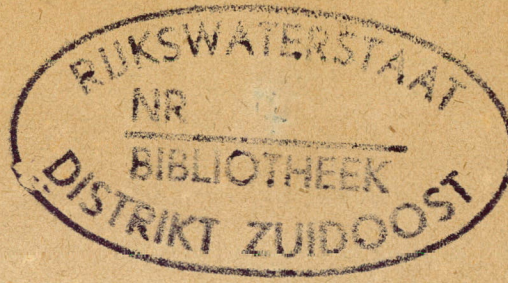
4e

Kok

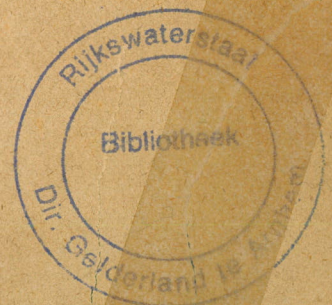
22/8/24

RWS Dir. Gelderland

Bibliotheeknr. C 583



RIJKSWATERSTAAT
DIR. BOVENRIVIEREN
ARNHEM
BIBLIOTHEEK
Nr.



VERSLAG

OMTRENT EEN GEOLOGISCH ONDERZOEK VAN DE GRONDEN

IN DE

BETUWE,

IN VERBAND MET WAARNEMINGEN

BETREFFENDE DE

DOORKWELLING DER DIJKEN,

OP LAST VAN DEN MINISTER VAN WATERSTAAT, HANDEL EN NIJVERHEID,

INGESTELD DOOR

DR. F. SEELHEIM,

LEERAAR AAN DE RIJKS HOOGERE BURGERSCHOOL TE UTRECHT.

ALGEMEENE LANDDRUKKERIJ.

1853.

V E R S L A G

OP TREK VAN GEOLOGISCH ONDERZOEK VAN DE GRONDEN

B E T I J M E

IN VERBAND MET WAARNEMINGEN

DE WETENSCAPEN

DOOR KWELLING DER DIJKEN

OP TASE VAN DEZ WAARDEN VAN WAARDEN EN ZWAARDEN

DE WETENSCAPEN

DR. F. S. SMIT

DE WETENSCAPEN VAN DE WETENSCAPEN VAN DE WETENSCAPEN

VOORBERICHT.

Bij Koninklijk besluit van 2 Juni 1881, n^o. 59, werd ik uitgenoodigd, een geologisch onderzoek in te stellen van de gronden in de Betuwe in verband met waarnemingen, betreffende de doorkwelling der dijken.

Het materiaal van grondboringen en waarnemingen in standpijpen, bij den waterstaat verzameld, werd mij ter hand gesteld en de wijze van behandeling op mijn verzoek aan mij overgelaten.

Het onderwerp is in twee deelen gesplitst. Het eerste handelt over den bodem, het tweede over het water in verband met den bodem.

Uit den aard der zaak heeft een wetenschappelijk onderzoek altijd een ruimer strekking dan het speciaal practische doel, ten behoeve waarvan het werd ingesteld.

De Betuwe vormt geen op zich zelf staand geologisch systeem. Om derhalve de gesteldheid van den bodem in de Betuwe in het ware daglicht te plaatsen, moesten de gronden, waarmede de Betuwe in een geologisch verband staat, mede in den kring der beschouwing worden opgenomen.

Eveneens was het noodig de werking van het water door voorafgaande uitgebreide proefnemingen van meer algemeenen aard toe te lichten.

De volgende verhandeling zal den lezer inleiden tot de geologie van het Rijnsysteem in Nederland, aansluitende aan de geologie van het Scheldesysteem, onder den titel »De grondboringen in Zeeland», uitgegeven door de Koninklijke Academie van Wetenschappen te Amsterdam, en levert eene verdere bijdrage tot de kennis van den Nederlandschen bodem.

F. S.

INHOUD.

DEEL I.

DE BODEM.

	BLADZ.
I. De samenstelling der grondsoorten in de Betuwe.	1
II. De vorming van het Rijn- Maas-Diluvium.	11
III. Over het Alluvium	37

DEEL II.

HET WATER IN VERBAND MET DEN BODEM.

IV. Proeven over het doorkwellen van water door zandlagen.	43
V. Proeven over den weerstand van zand en keien tegen verplaatsing	54
VI. Over de natuurlijke watertoestanden in de Lingelanden	65

BIJLAGEN.

89 Staten met grondboringen.
9 Teekeningen.

DEEL I.

DE BODEM.

I.

DE SAMENSTELLING DER GRONDSOORTEN IN DE BETUWE.

Gedurende de jaren 1879, 1880 en 1881 zijn op last van den Minister van Waterstaat, Handel en Nijverheid in de Betuwe grondboringen verricht, in het geheel 89 tot eene diepte van ten hoogste 25 m., vooral met het oogmerk, daardoor meer licht over de watertoe-standen in de Lingelanden te verkrijgen.

De uitkomsten door deze grondboringen verkregen, zullen in het volgende uitvoerig worden beschreven.

De hierbij gevoegde topographische kaart (Plaat I) wijst de plaatsen aan, waar de grondboringen hebben plaats gehad.

De details van het onderzoek zijn vermeld in de toebehoorende tabellen.

Een overzicht van de resultaten leveren de profielen langs den Noorderdijk van de Betuwe; den Waalbandijk; over de lijn Arnhem-Nijmegen; Opheusden-Dodewaard en Culenborg-Zaltbommel. De boringen zijn op de kaart, in de tabellen en profielen met dezelfde nummers gemerkt.

De Grondsoorten.

Het onderzoek van de grondsoorten is over het geheel op eene soortgelijke wijze geschied als indertijd het onderzoek van de grondboringen in Zeeland en behoeft derhalve hier niet nog eens beschreven te worden.

Hoewel in het algemeen boringen tot eene diepte van eenige honderden meters uit een geologisch oogpunt belangrijker moeten geacht worden, is toch het groote aantal van boringen, vooral voor de kennis van de horizontale uitgestrektheid der lagen, van groote waarde. De diepte van 25 m. is in het voorliggend geval voldoende geweest, om het verband te herkennen, waarin de gronden onder de Betuwe staan met de grondsoorten door de diepboringen te Goes, Gorinchem, Utrecht, Amsterdam, Amersfoort en Zeist aan het licht gebracht.

Zooals bij door water aangeslibde gronden niet anders te verwachten is, komen op sommige plaatsen vermengingen en afwisselende opeenvolging van lagen voor; maar over het geheel worden vrij duidelijk afgescheiden lagen over elkander aangetroffen, die door bepaalde kenmerken te onderscheiden zijn en over groote uitgestrektheden in dezelfde opvolging teruggevonden worden.

Wij zullen de voornaamste dezer lagen in volgorde van beneden naar boven beschrijven.

A. WIT BRUINKOOL-ZAND.

Die zandsort wordt gevonden in de boringen n°. 6, 41, 42, 56, 64, 65, zie de tabellen en profielen.

Zij bestaat voor het grootste deel uit wit kwartzsand met enkele zwarte korrels van gemiddeld 0.25 mm. diameter, meestal afgerond, doch ook met scherpkantige korrels vermengd.

Den naam bruinkoolzand geven wij er aan, omdat dit zand meestal vermengd is met kleine stukjes bruinkool van 2 à 5 mm. langsten diameter.

Er komen verder in voor: weinige mica-schilfers van zilverwitte kleur; kleine stukjes veldspaat van grijze kleur, waaraan de rechthoekige splitsvlakken $\infty P \infty \infty P \infty$ duidelijk te herkennen zijn; zij schijnen uit trachyt afkomstig te wezen. Keien van 1 à 1½ cm. komen daarin slechts zelden voor, meest witte kwartsen en zwarte kiezelschiefers, terwijl rood- en groenachtige keien uiterst zeldzaam zijn. Het zand heeft wegens de witte kleur met zwart een eigenaardig, karakteristiek uiterlijk.

De chemische analyse van n°. 42, 17 m. geeft nog een beter inzicht in de samenstelling van dit zand. Zij wijst behalve bruinkool ook nog een gering kleigehalte aan. Het zand is vrij van koolzure kalk.

Ook onder Utrecht in den put op het Vreeburg is dit witte zand met veel bruinkool vermengd en evenzeer vrij van kalk gevonden. De heer A. D. VAN RIEMSDIJK liet mij daarvan een monster zien, dat uiterlijk geheel met het onze overeenstemt. Daar ter plaatse bestaan de lagen van 82.5 tot 96 m. en van 98 tot 123 m. ÷ A.P. uit deze zandsort. Onder Gorinchem schijnt de laag van ÷ 53 tot ÷ 58.5 m. uit dit witte zand met gemuificeerd hout te bestaan en waarschijnlijk ook de zandlaag onder Amsterdam van 69.4 tot 146.3 m.

Het bruinkoolzand is niet in zee water bezonken; want ons zeezand, zelfs duinzand bevat koolzure kalk, maar nooit heb ik trachytische veldspaat en bruinkool gevonden. Daarentegen vindt men in zeezand meestal overblijfselen van schelpdieren, dikwijls Foraminiferen en ook zeediatoomeën en kiezelnaalden. Het bruinkoolzand bevat echter niets, dat aan de zee herinnert.

Het moet dus eene aanslibbing van rivieren zijn. De alluviale zandsorten, die tegenwoordig door Rijn en Maas aangeslibd worden, hebben geen overeenkomst met dit zand. Het Maaszand is kalkhoudend; het Rijnzand is meer grijs van kleur met organische stof en klei vermengd, bevat gewoonlijk diatomeën en toont een geheel ander karakter.

Wij moeten het bruinkoolzand dus voor eene diluviale aanslibbing houden, en wel voor eene aanslibbing door den Rijn. De naastbijgelegen plaats, waarvan het afkomstig kan zijn, is het Zevengebergte. Daar vinden wij niet alleen de bruinkolen-formatie op vele plaatsen sterk ontwikkeld, maar ook het witte zand komt in uitgestrekte lagen voor, en trachyt is daar het voornaamste gesteente. Zelfs de zwarte kiezelschiefers en witte kwartsen komen in de bruinkoolzand-lagen van het Zevengebergte voor. Misschien was ook reeds in den tertiairtijd veel van dit zand bij den toenmaligen Rijnmond verzameld. Wanneer dus de afkomst van het bruinkoolzand uit het Rijngebied wel te begrijpen is, blijft er eene andere vraag over, namelijk: hoe te verklaren, dat dit zoetwaterzand in de Betuwe, alsmede in Utrecht en Amsterdam op zoo groote diepte onder den zeespiegel gevonden wordt?

Deze vraag zullen wij eerst later behandelen.

B. ROODGEEL EN BONT ZAND.

Het roodgele of oranjekleurig zand is gevonden in de boringen n°. 59, 47, 46, op de lijn

Opheusden-Dodewaard op de diepten 7.3, 10.5 en 9 m. ÷ A.P. en in n°. 1, 3, 5, 48, 49, 61, 65. Het heeft de grootte van korrel: 0.25 mm. diameter gemiddeld. De analyse n°. 59, 18 m. wijst aan, dat het zijne kleur aan ondergemengd geel ijzerhydraat heeft te danken en aan een weinig klei, maar dat het geen koolzure kalk noch organische stof bevat; van mica en onoplosbare silicaten slechts weinig.

De bontzand-laag is minder sterk geel gekleurd en somtijds groenachtig. Het zand is zeer fijn van korrel en bevat meer mica. Volgens de analyse n°. 46, 17 m., komt het in samenstelling haast geheel overeen met het oranjekleurig zand, en het schijnt, dat beide slechts verschillend fijne aanslibbingen van dezelfde zandsoort zijn.

Van het bontzand zijn ook lagen in Zeeland in den Vlietepolder op eene diepte van 28.8 tot 37.5 m. gevonden; verder schijnen deze beide zandsoorten een deel uit te maken van de oudere zoetwatervorming door P. HARTING onder Gorinchem gevonden op de diepte 11.2 tot 42.2 m. ÷ A.P.

In enorme massa komt het roodgele zand echter voor in de Veluwe. De diluviale heuvelen bestaan, behalve uit grint en keien, geheel en al uit dit zand. Het vormt hier tallooze heuvelen van somtijds meer dan 100 m. hoogte en is overal vrij van koolzure kalk. Mica komt daarin eveneens voor. De afwezigheid van fossilen en kalk en de geheele geaardheid van dit zand wijzen aan, dat het uit de bont-zandsteen-formatie afkomstig is, die van Bazel tot Mainz door den Rijn doorsneden wordt.

Al weer doet zich hier de vraag voor: Hoe is dit diluviaal zoetwater-zand in Nederland op diepten van 40 m. en meer ÷ A.P. en tot hoogten van 100 m. + A.P. gekomen?

C. DE GRINTLAAG.

De grintlaag is haast bij al de boringen aangetroffen. Zij strekt zich over de geheele breedte en lengte van de Betuwe onder de jongste aanslibbingen uit, helt echter van oost naar west. Zij bevat gruis en keien van de fijnste korrel tot 6 cm. diameter en kan als een mengsel van uitgewasschen bontzand met grove korrels en keien beschouwd worden.

Wij zullen de soorten van keien uitvoerig beschrijven, omdat dit ten opzichte van hun oorsprong van bijzonder gewicht is.

1. *De kwartsen.* Men kan vier soorten onderscheiden:

a. Geheel en al eironde, ondoorschijnende, witte kwartsen van notengrootte met gele aderen.

Deze kwartsen vormen wel niet het meerendeel van de verschillende kwartsoorten, komen echter vrij dikwijls voor.

De eironde kwartsen zijn zeer bekend. Men kan die haast in elke grinthoop vinden. Behalve in onze boringen zijn zij door de geheele Veluwe en het Gooiland verspreid, en ik heb die kwartsen vele malen bij Soest en Apeldoorn en elders in de Veluwe gevonden. Zij liggen verder in het Rijndal menigvuldig verspreid tot omstreeks Mainz; verderop niet meer. Hun oorsprong is bekend: zij vormen de onderste laag van het Mainzer-bekken tusschen Daun en Kirn, dat door den Rijn doorsneden wordt. Dit bekken is echter eene miocene vorming. Derhalve zijn deze eironde kwartsen ouder dan dit tertiair-bekken. Voor den tijd, dien zij vóór en gedurende de vorming van het Mainzer-bekken op den bodem van dit tertiaire meer gelegen hebben en heen en weder zijn gerold, ontbreekt ons elke maatstaf.

De eironde vorm der kwartsen staat met dien onmetelijken langen tijd in verband en toont aan, dat de graad van afslijting niet zoo zeer wijst op de lengte van den weg, dien de

kei gedurende zijn vervoer heeft afgèlegd, als wel op de lengte van den tijd, gedurende welken hij in het water verkeerd heeft.

Wanneer men, zooals reeds de naam Rijn-diluvium aanwijst, ook in het algemeen aanneemt, dat veel van ons grint uit de Rijnlandsche gebergten afkomstig is, zoo is het toch van belang dit voor speciale soorten van keien te bewijzen.

b. Onregelmatig gevormde, ondoorschijnende kwartsen met afgeronde kanten en doortrokken met veelvuldig gewonden chlorietschiefer, waardoor zij eene groenachtige kleur vertoonen.

De gesteenten, waaruit die kwartsen afkomstig kunnen zijn, vormen eene geheele étage van het Taunusgebergte bijv. bij Sonnenberg, Dotzheim en vele andere plaatsen in Nassau waarmede zij overeenstemmen. Zij worden insgelijks gevonden in de geheele Veluwe en zijn door het Rijndal verspreid. Verder gele, meer of minder roodachtige (ijzerkiezel), en witte, ondoorschijnende kwartsen met afgeronde kanten.

Er zijn zoo vele conglomeraten van lei- en zandsteen, van kwartsaderen doortrokken, dat men omtrent de afkomst dezer kwartsen niet meer kan zeggen, dan dat zij uit de grauwwakken-formatie, waarschijnlijk de onderste afdeeling, zijn voortgekomen. Zij kunnen zowel door den Rijn als door de Maas zijn aangevoerd.

c. Waterheldere of grijze en roodachtige, doorschijnende kwartsen zijn zeldzaam. Zij zijn waarschijnlijk van kwarts- en ertsgangen uit de grauwwakken-formatie afkomstig.

d. Hoornsteen, in grijze, bruine en groene soorten, afgerond en ook scherpkantig gebroken.

Hun oorsprong is in de Rijnlanden te zoeken, waar zij in basalttuf en ook als gangmassa, zelfs in bruinkolen-klei voorkomen.

2. Chalcedoon, carneool, achaten, onyx komen enkele malen voor, somtijds in den vorm van amandelen. De oorsprong van deze accessorische bestanddeelen van gesteenten is een soortgelijke als van de hoornsteen, waarvan de chalcedonen door het spec. gewicht licht te onderscheiden zijn.

3. Vuursteen. Zij komen reeds op de lijn Nijmegen-Arnhem en in de geheele grintlaag vrij dikwijls voor.

Drie soorten zijn goed te onderscheiden:

Licht blauw-grijze, geheel eirond afgesleten tot $3\frac{1}{2}$ cm. grootte, soms voor meer dan een derde van het geheel in eene witte kiezelmassa veranderd, die scherp afgebakend is tegen het blauwgrijze gedeelte.

Wanneer het bij vuursteen dikwijls moeilijk is de plaats van afkomst op te geven, zoo is zulks bij deze niet het geval. Zij zijn van Herzogenrath bij Aken en derhalve door de Maas aangeslibd. Dit voorkomen is karakteristiek.

Donkergrijze en gele vuursteen met witte verweeringskorst in grootten van $\frac{1}{2}$ tot 6 cm. met weinig afgeronde kanten of ook scherp gebroken. Het kan wel niet twijfelachtig zijn, dat deze uit de krijtformatie van Maastricht komen, dus aan de Maas toebehooren, daar de Rijn geen vuursteen oplevert. Ook de afwisselend kalkhoudende en kalkvrije lagen, zelfs ver boven de tegenwoordige monding van de Maas in de Waal en boven de overlaat, schijnen aan te toonen, dat zich de bezinkselen van de Maas en den Rijn vermengd hebben vóór die rivieren haren tegenwoordigen loop hebben aangenomen; want de Rijn-bezinkselen zijn kalkvrij, de Maas-bezinkselen kalkhoudend.

Het kan vreemd schijnen, dat de Rijn-bezinkselen in den onderloop kalkvrij zijn, daar toch de kalkgesteenten, als bijv. de stringocephalen-kalk en dolomiten in het gebied van den Rijn bijv. langs de Lahn voorkomen; maar kalksteenen zijn minder aan vertering dan aan oplossing onderhevig en het Rijnwater bevat, zooals bekend is, opgeloste koolzure kalk.

In den diluvialen tijd heeft de Rijn het kalkhoudende löss afgevoerd; maar er is geen reden, om aan te nemen, dat dit permanent geschied is, en reeds de beschreven zandsorten bewijzen, dat er perioden geweest zijn van kalkvrijen aanvoer.

De vuursteenen, in de streek van de Veluwe, in de grintlagen overal van de Bilt tot Apeldoorn voorkomende, stemmen met de beschreven soorten overeen. Zelfs de eironde vuursteenen van Herzogenrath komen niet zelden voor; meermalen heb ik karakteristieke exemplaren in de Biltsche heide aangetroffen.

4. *Halfopaal* en *hyaliet*, de laatste als overtreksel, zijn slechts enkele malen gevonden.

5. *Veldspaat*. Er zijn slechts twee kleine stukjes van 4 en 3 mm. diameter gevonden, vleeschkleurig en rechthoekig gebroken.

6. *Graniet*. Een scherpkantig stukje van 1 cm. met zilverwitte mica; twee andere van 1 cm., meer fijn korrelig dan de eerste, met roode veldspaat en donkere mica. Bij granieten kan men de afkomst zelden bepalen, daar zij te veel op elkander gelijken. Het is mogelijk, dat de vermelde granieten erratisch zijn, hoewel, zuidelijk van de Lek in het algemeen geen granieten uit het noorden gevonden worden, terwijl zij in de Veluwe in menigte voorkomen. Zij kunnen echter ook van den Rijn afkomstig zijn, daar graniet van den Schwartzwald bij Ehrenbreitstein gevonden is.

7. *Veldspaat-porphyr*. Twee stukjes van 2 à 2½ cm., roodachtig en bruinachtig grijs, eenigszins verweerd met duidelijke, rondom ontwikkelde veldspaat kristallen in de dichte felsiet-grondmassa.

Deze kunnen wel uit Nassau afkomstig zijn, waar zij op vele plaatsen aan de Lahn voorkomen. Ook beneden Coblenz heeft men porphyrbrokken gevonden.

8. *Lava*. Twee stukjes van 1½ à 2 cm. met in gelijke richting uitgerekte cellen en weinig afgeronde kanten; enkele stukjes van vulkanische slak. De afkomst uit de Eifelstreek kan hier niet twijfelachtig zijn. Ook in het diluvium in de Veluwe heb ik meermalen lava gevonden, o. a. bij Apeldoorn.

9. *Vulkanische tuf*. Twee afgeronde stukjes van 1½ cm. met zwarte ingebakken brokjes. Afkomst als boven. Men zou kunnen vermoeden, dat die stukjes tras misschien door menschenhand daar ter plaatse gekomen waren, maar dit komt mij wegens hunne diepe ligplaats niet waarschijnlijk voor. Zij kunnen zeer wel bijv. uit het Brohlthal aangeslibd zijn.

10. *Puimsteen*. Eene menigte van kleine afgeronde korrels van 2 à 3 mm. komen alleen op ééne plaats, tevens met veel bruinkool-stukjes, voor; zij zijn met eene grintlaag van 2 m. dikte vermengd. Door slibben zijn zij licht van het grint te scheiden, daar de meeste op water drijven. In de Rijnbedding zijn geheel gelijksoortige puimsteen-korrels, het naast bij onze grenzen, bij Dusseldorp, bekend; beneden die plaats zijn zij vroeger nog niet gevonden.

11. *Basalt, trachyt en groensteenen* komen in verscheidene soorten en niet zelden voor. De basalten zijn somtijds sterk afgesleten en eerst op de versche breuk als zoodanig te herkennen. Er zijn compacte en meer grofkorrelige met en zonder olivien en ook met fijne poriën gevonden.

Van trachyten lichtgrijze met vierkante ruimten, waarin veldspaatkristallen gezeten hebben, en vele andere soorten in verschillende tinten; ook trachyt-tuf, van de vulkanische tuf door gemis van zwarte brokjes te onderscheiden.

De groensteen-brokjes hebben eene fijnkorrelige, groengrijze kristallijne grondmassa. Zij behooren tot de diabasen. Al de hier genoemde gesteenten zijn in de grauwwakken-formatie zoo gewoon, dat geen speciale plaatsen van afkomst kunnen genoemd worden. Ook een donkergroen kiezelgesteente van parelachtige of oolithische structuur is hier nog te noemen, dat wel tot de groensteenen te rekenen is.

12. *Kiezel-schiefer*. Zwarte, bruine, gele en donkergrijze komen bijzonder menigvuldig voor. Daar al deze soorten bijv. van de Lahn voortkomen, is het voldoende die streek bij voorkeur als plaats van afkomst te noemen.

13. *Kwartsieten en zandsteenen*. Kwartsieten en kwartsige zandsteenen, dikwijls met witte kwartsaderen, uit de grauwwakken-formatie, komen in meer dan 40 soorten voor. Zij zijn te bekend, om ze nader te beschrijven. Daarentegen zijn de eigenlijke bonte zandsteenen minder gewoon. Toch vindt men verscheidene roode plaatvormige met mica doortrokken en ook de meer harde, gewoonlijk Vozezen-zandsteen genoemd, uit de onderste afdeeling van de bonte zandsteen-formatie.

14. *Grauwvakken en schiefers*. Groene, grijze en gele, meer of minder grofkorrelige tot de fijnste lichtgrijze pelithische soorten worden in talloze verscheidenheden gevonden. Er kan van eene nadere beschrijving afgezien worden.

15. *Porcelain-jaspis en peksteen*. Witte, verkieselde klei op krijt gelijkende, doch kalkvrij, en gele en roodachtige van laagvormige structuur komen meermalen voor; eveneens gele, groenachtige en zwarte peksteenen.

16. *IJzerkalk*. Er is slechts een enkel afgerond stukje van 2 cm. middellijn gevonden, dat overeenstemt met den mergelachtigen kalksteen van de Bruine Jura in het Breisgau.

Behalve de genoemde mineralen en gesteenten, die als keien voorkomen, worden nog microscopische splinters en korrels gevonden van rood-bruin- en magneet-ijzersteen; sphaerosideriet ook als brokken.

Verder groene straalsteen en andere hoornblendes of augieten; enkele malen rood granaat, ook vloeispaat, aan de octaëdrische splitsbaarheid te herkennen; en veldspaatachtige silicaten duidelijk monoklinometrisch gesplitst.

Het zand met de grintlaag vermengd bestaat, behalve uit kwarts, uit het fijne gruis van al de genoemde gesteenten.

Opvallend is het, dat, op een enkele na, geen kalksteenen gevonden werden, terwijl toch in het Rijngebied kalksteenen niet geheel ontbreken. Ook in de Veluwe komen geen kalksteenen voor, terwijl zij in het IJselgebied en op het eiland Urk volgens HARTING, zeer talrijk zijn en ook aan de Maas in het diluvium voorkomen.

Men mag dus de afwezigheid of de groote zeldzaamheid van kalksteenen als een negatief kenmerk der Rijnaanslibbingen beschouwen.

Kristallijnen-laaggesteenten komen insgelijks niet in de grintlaag voor, terwijl die beoorden de Lek zeer menigvuldig zijn en dus als erratisch moeten beschouwd worden.

Daar in de grintlaag de keien de grootte van 6 cm. niet te boven gaan (die reeds vrij zeldzaam zijn), zoo mag men besluiten, dat de snelheid van het water bij den aanvoer althans niet grooter geweest is dan die van de tegenwoordige rivieren.

Wij moeten de grintlaag als diluviaal beschouwen, om de volgende redenen:

De grintlaag vormt een onafgebroken geheel over de geheele breedte van de Betuwe tusschen Nijmegen—Arnhem als tusschen Culemborg—Zaltbommel en langs de dijken. Zij wisselt niet met de alluviale lagen af, al is zij op meer plaatsen aan hare oppervlakte er mede vermengd. De alluviale lagen tusschen de groote rivieren zijn echter in het algemeen meer vrij van keien. Al vervoeren die rivieren in hare tegenwoordige beddingen keien, zoo is dit toch niet in de alluviale lagen tusschen de rivieren het geval geweest, die door de buiten hare oevers tredende rivieren vóór de indijking met geringe snelheid zijn aangeslibd.

Organische overblijfselen zijn in de grintlaag niet gevonden, behalve een enkel 1½ cm. groot stukje van eene schelp, op den eenen kant geribd, waarschijnlijk van tertiairen oorsprong, maar niet meer bestembaar.

Eén punt is hier nog te bespreken: Er komen namelijk in de beddingen van de Betuwe ook erratische blokken voor. Het zijn echter grauwwakken-gesteenten en vooral kiezel-schiefers, en deze laatsten althans zijn nimmer van noordschen oorsprong; zij gaan zelden de grootte van een hoofd te boven.

Men mag hieruit echter nog niet op gletschers in het Rijnlandsche systeem besluiten, want ook nog tegenwoordig behoort de aanvoer van vrij groote brokken op schollen bij ijsgang der rivieren niet tot de zeldzame verschijnselen. In de Veluwe komen kiezel-schiefers van ½ m. middellijn voor.

De grintlaag ligt ook onder Utrecht, hoewel eenigszins vermengd, van 5.5 tot 10.5 en van 14.5 tot 28.5 m.; verder van 73.5 tot 82.5 m. Daarentegen komt zij onder Gorinchem niet meer zelfstandig voor, maar in de nabijheid van Gorinchem is zij in onze boringen nog aanwezig.

Onder Amsterdam zijn in de zandformatie slechts enkele verspreide grintkorrels door HARTING gevonden.

D. ALLUVIALE ZANDLAAG.

Boven de grintlaag, en van deze op sommige plaatsen scherp afgescheiden, op andere meer of minder er mede vermengd, strekt zich eene zandlaag uit, die van oost naar west in dikte toeneemt en op de meer westelijk gelegen plaatsen door een aantal boringen zelfs niet is doorgedrongen. (Zie de profielen).

Deze op eene helling liggende zandlaag wordt voor een deel nog slechts door de jongste kleilaag bedekt, die de oppervlakte van het terrein vormt, voor zooverre die niet door opgebrachte of door de cultuur vervoerde gronden wordt ingenomen; voor een ander deel is zij met veen bedekt. Eene scherpe afscheiding is niet overal voorhanden en men blijft dan over de grens tegen de bovenlagen tot een bedrag van één of meer meters in twijfel; daarbij komt nog, dat op verscheidene plaatsen zelfs lagen van zand, klei en veen afwisselend op elkander volgen, hoewel in het algemeen de laag een samenhangend geheel uitmaakt. In de onzuiverheid — als men het zoo mag noemen — van deze laag is juist haar kenmerkend karakter gelegen. Zij is vuil grijs van kleur, lichter of donkerder naar mate meer of minder organische stof er in aanwezig is en bevat meer of minder klei en kalk, doch is ook wel eens vrij van kalk. (Zie de tabellen.)

Zij is met grintbrokjes sporadisch vermengd en bevat overblijfselen van hedendaagsche organismen.

Door de vermelde kenmerken is deze laag van de boven beschreven zandsorten duidelijk onderscheiden en over hare alluviale natuur bestaat geen twijfel.

Het onderscheid tusschen het alluviale en het diluviale zand wordt nog meer in het licht gesteld, wanneer men de chemische analyse van de zandsort n°. 85, 11 m., die als voorbeeld van de eerste soort is gekozen, vergelijkt met de samenstelling van de bruinkolen- en de bontzand-lagen.

Organische overblijfselen komen, behalve vormlooze veendeelen, in deze laag betrekkelijk zelden voor. Geen enkel exemplaar, noch ook maar een brokstuk van eene zeeschelp werd gevonden. Daarentegen zijn van zoetwater-schelpen enkele soorten in nog kennelijken toestand aangetroffen.

Eenige stukjes van eene Helix-soort, waarschijnlijk *Helix hortensis*.

Verder :

Planorbis (*carinatus* ?), een brokstuk, waaraan nog twee windingen herkenbaar ;

Planorbis vortex, bijna gaaf met 6 windingen, 7 mm. diameter ;

Pisidium obliquum, eene klep, maar twee exemplaren, gebroken ;

Diatomeën, talrijker naar mate meer klei in de grondsoort bevat is ;

Sponsnaalden naar het westen toenemende en reeds enkele in de buurt van Arnhem.

Van Foraminifeeren zijn slechts twijfelachtige overblijfselen gevonden. Om deze reden zouden zij hier niet genoemd worden (want volkomen zekerheid omtrent de feiten beschouw ik als de eerste conditie bij een onderzoek), ware het niet, dat ook met het oog op het voorkomen van sponsnaalden de mogelijkheid niet uitgesloten schijnt, dat eenmaal zeewater, al is het slechts in geringe hoeveelheid, diep in het land is doorgedrongen.

E. KLEI EN LEEM.

Eene laag vette klei bevindt zich boven de alluviale zandlaag, vermengt zich aan den onderkant meestal met die zandlaag en wisselt somtijds met deze af. Zij is meestal, doch niet altijd, vrij van kalk en bevat een groot aantal diatomeën. De teedere bouw der diatomeën wijst meer op eene zoetwater-vorming; althans zijn van de krachtiger gebouwde brak- of zeewater-diatomeën, geene gevonden.

De analyse n°. 47, 2 m., geeft een overzicht van de samenstelling van deze alluviale kleilaag.

Behalve de alluviale klei komt nog eene meer lichtblauwe klei of leem voor, vrij van diatomeën. Dit leem ligt onder de grintlaag. Enkele kleinere lagen zijn plaatselijk in het grintzand verspreid. Het schijnt derhalve als diluviaal leem te moeten beschouwd worden. Daartoe schijnt ook de leemlaag met bruinkool onder Utrecht van 44.8 tot 60 m. te behooren, terwijl de blauwe geheel fossiel-vrije laag van leemmergel onder Amsterdam op de Nieuwe markt van 52.19 tot 55.83 en bij de overige putboringen daar ter plaatse gevonden, kalkhoudend is.

Onder Zeist heeft men blauw leem eerst op eene diepte van 516 voet ontmoet, terwijl daarboven enkel zand werd aangetroffen.

MULDER (Scheik. onderzoek, I deel, pag. 525, 1842) meende uit de samenstelling van het water uit dien put te moeten besluiten, dat die grond door zoetwater was aangeslibd.

Eindelijk vinden wij nog eene oranjekeurige leemsoort, die beneden in evenzoo gekleurd zand overgaat.

F. VEEN.

De veenlaag begint tusschen Zalt-Bommel en Gorinchem en zet zich voort tot Dordrecht, eene bedding van 8 m. dikte vormende. Verder boven de lijn Opheusden-Dodewaard komen kleinere lagen voor.

Zij bevat voor het meerendeel dicotyledonische planten-overblijfselen, hoewel ook monocotyledonische bladen en stengels voorkomen, en veel vermolmd hout, doch zonder stipelvaten, zoodat conifeeren daarin schijnen te ontbreken. Zij is vrij van kalk en diatomeën.

Uit ons profiel over den Zuiderdijk der Betuwe is de komvorm van de veenbedding duidelijk zichtbaar. Omtrent de vorming kunnen wij naar de beschouwingen van STARING: » Over lage veenen », verwijzen.

	100'00	100'00	100'00
Органическое зтоf en matter	0'80(р.м.п.к.ф.ф.)	0'34	0'02
Билга	0'12	0'30	0'10
Калкызыллы ирет ошорюары. Бедеуе-сче- весеффе	0'83	0'31	0'01
Бунне ошорюары } Доол Кейли-рианд } Киселхале Улиг- зыде			
Будеуе	0'01	0'04	0'02
ошорюары	0	0	0
Доол халканыл	0'01	0'05	0'01
	0'03	0'01	0'01
	0'05	0'01	0'05
	0	0	0
	0'02	0'04	0'02
	0	0	0
	0'04	0	0
	0'10	0'22	0'05
	0'12	0'30	0'30
	0'00	0'34	0'34
	1'00	1'30	1'00
	1'00	1'00	1'00
	1'00	1'00	1'00

100'00

Среднискисе янлыган асту (рф 100. 0.) Бедеуеде ашорюары

Chemische analyses van (bij 100° C.) gedroogde grondsoorten.

In 100 deelen zijn bevat:

		Wit diluviaal bruinkolenzand n°. 42, 19 m.	Geelrood diluviaalzand n°. 59, 18 m.	Geelgroen diluviaalzand n°. 46, 17 m.	Donkergrijs alluviaalzand n°. 85, 11 m.	Vette alluviale klei n°. 47, 2 m.
Door zoutzuur ontleedbaar gedeelte.	Kiezelzuur	0.60	0.34	0.34	1.58	10.70
	Aluinaarde	0.15	0.29	0.20	1.17	6.73
	IJzeroxyde	0.16	0.55	0.40	spoor	spoor
	IJzeroxyduul	spoor	0	0	0.81	2.68
	Mangaan	0	0	0	spoor	spoor
	Kalk	0.05	0.04	0.05	—	0.84
	Koolzure kalk	0	0	0	5.61	0
	Magnesia	0.02	0.01	0.02	0.03	0.09
	Kali	0.02	0.01	0.01	0.04	0.33
	Natron	0.01	0.02	0.01	0.06	0.14
Zwavelzuur	0	0	0.01	0	0.02	
Phosphorzuur	0.01	0.04	0.05	0.03	0.16	
		1.02	1.30	1.09	9.33	21.69
Door Kalium-bisul- phaat ontleedbaar gedeelte.	Kiezelzure Aluin- aarde	0.83	0.97	1.18	3.52	44.63
Kwartzand met onoplosbaar gesteente- gruis		97.55	97.39	97.27	72.37	23.39
Organische stof en water		0.60(bruinkool)	0.34	0.46	14.78 (veen)	10.29 (veen)
		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

II.

DE VORMING VAN HET RIJN-MAAS-DILUVIUM.

Zooals uit de bovenstaande beschrijving der grondsoorten zal gebleken zijn, hebben de Betuwsche boringen ons bekend gemaakt met een terrein, waarin men twee hoofdformatiën: het alluvium en het diluvium kan onderscheiden.

Wanneer het ook in het algemeen geen bezwaar heeft, om zich eene voorstelling te vormen omtrent de wording van het alluvium, door dit te beschouwen als eene aanslibbing der rivieren, welke nog tegenwoordig voortduurt, zoo zullen wij daaromtrent toch meer licht verkrijgen, wanneer wij vooraf de vorming van het diluvium, dat de onderlaag van het alluvium uitmaakt, aan een onderzoek onderwerpen.

Ware geen ander materiaal tot onze beschikking, dan hetgeen door de boringen in de Betuwe is aan het licht gebracht, dan zou de vraag naar de wording van het daar gevonden diluvium voor eene beantwoording nog niet rijp zijn en thans ter zijde moeten gesteld worden.

Wij verkeerden echter daaromtrent in een gunstiger verhouding, wanneer wij de uitkomsten van de diepboringen te Goes, Gorinchem, Utrecht, Amsterdam en Zeist, benevens den toestand van het diluvium in de Veluwe in den kring onzer beschouwing opnemen.

Onderwerpen wij ieder feit, dat wij in deze kunnen vaststellen, aan een afzonderlijk onderzoek en trachten wij de beteekenis te kennen, die het voor ons onderwerp heeft, dan zullen wij zien, dat geen van alle onbeduidend mag geacht worden en dat alle te zamen noodzakelijk, echter ook toereikend zijn, om deze moeilijke vraag tot de gewenschte oplossing te leiden.

Het terrein, dat hier in aanmerking komt, is in doorsnede voorgesteld door de profielen van de Betuwe en van de lijn Goes tot Amsterdam; verder is daaraan toe te voegen: het gebied tusschen den IJssel en den Krommen Rijn, dus het Gooiland en de Veluwe, die wij korthedshalve somtijds onder den naam *de Veluwe* zullen samenvatten.

Wat oostelijk en noordelijk van den IJssel is gelegen, wordt van onze beschouwing uitgesloten, omdat het tot een ander systeem behoort, althans in geen direct causaal verband met het genoemde terrein schijnt te staan.

Werpen wij nu een oogopslag op het profiel van Goes tot Amsterdam, dan vinden wij in het tertiaire terrein als onderste laag het Ruppelleem, eene leemlaag, die tot nog toe alleen in Zeeland is opgeboord; vervolgens het groenzand of système distien, dat, zooals het profiel toont, ook onder Utrecht zich voordoet.

Over de identiteit van het Utrechtsche groenzand met het in Zeeland gevonden système distien kan wel nauwlijks twijfel bestaan; de ligging wijst het verband tusschen beide lagen duidelijk aan.

De Rijnbezinkels zijn steeds geheel vrij van glaukoniet, en de Maas voert daarvan slechts sporen af; daar echter in het Maasgebied glaukonitisch krijt niet geheel ontbreekt, mag men slechts zeggen, dat de waarschijnlijkheid er voor spreekt dit groenzand als Scheldebezinksel op te vatten. Een zeker bewijs, dat in den tertiären tijd de Maas geen glaukoniet heeft afgevoerd, is niet voorhanden.

Hoewel het groenzand ook in het Engelsch kanaal en elders als eene uitgestrekte bedding voorkomt, is het daar ter plaatse als een terrein te beschouwen, dat althans niet door de Schelde kan zijn aangevoerd, al mag men het op grond van de geardeheid eveneens onder den naam système distien begrijpen.

De vorming van deze twee lagen is bij de grondboringen in Zeeland reeds besproken en heb ik daaraan niets essentiëls toe te voegen.

De derde laag: het système scaldicien (1) van DUMONT, waarin veel zeeschelpen gevonden worden, is te Goes, Gorinchem en Utrecht bereikt.

Omtrent deze laag kunnen wij aan het l. c. opgemerkte thans eenige uitbreiding geven. De laag is in het profiel als tertiair (plioceen) aangemerkt. Men kan eene zoo algemeene benaming niet goed ontberen; men mag die echter niet zonder definitie gebruiken.

Wanneer men het tijdperk, onmiddellijk aan de vorming van het diluvium voorafgaande, tertiair noemt, dan moet men ook deze laag onder dien naam begrijpen. Zij was vóór het diluvium aanwezig, omdat dit laatste er onmiddellijk op volgt. De schelpen hebben ter plaatse in de zee geleefd, zooals ik reeds bij de grondboringen in Zeeland heb aangetoond, en hebben haren ondergang door de aanslibbing van het diluvium gevonden.

Men kan niet verwachten, dat op eene zoo beperkte ruimte, als de drie boorgaten te Goes, Gorinchem en Utrecht zijn, de door de boor opgebrachte species absoluut identisch zullen wezen; maar de fauna heeft op die drie plaatsen een gemeenschappelijk karakter. Niet alleen vele geslachten, maar ook onderscheidene species stemmen overeen en de fauna verschilt van die, welke tegenwoordig op onze kusten voorkomt, evenals van de fauna in het alluvium onder Amsterdam, en in het Eem-stelsel door HARTING gevonden; doch verscheidene species van zeer groote verspreiding zijn aan onze tertiaire en hedendaagsche terreinen gemeen.

Men zou dus op grond van de geardeheid der gemeenschappelijke fauna en om haar verschil van de tegenwoordig op onze kusten levende schelpsoorten de bewuste laag tertiair kunnen noemen.

Let men echter meer op de natuur van de anorganische bestanddeelen, dan vindt men eene merkbare overeenstemming met de gronden, welke het diluvium samenstellen.

Het is licht te begrijpen, dat, toen de diluviale aanslibbingen zich in de met schelpen bevolkte zee uitstortten, de schelpen zich met de aangeslibde gronden moesten vermengen en derhalve een groot deel van de gronden, waarin schelpen voorkomen, niet anders dan diluviale gronden zijn.

In welke mate die vermenging heeft plaats gehad, zullen wij in het midden laten. In het profiel is de plaats, waar voor het eerst zeeschelpen voorkomen als bovenste grens van de tertiaire schelpgruislaag en als onderste grens van het diluvium aangenomen. Maar men ziet, dat om genoemde redenen onze laag, althans voor een deel, ook een met zeeschelpen vermengd diluvium zou kunnen genoemd worden.

(1) Deze naam zou beter passen voor het groenzand, dat een Schelde-bezinksel is, terwijl het s. scald. eene zeevorming is.

De gevonden schelpen (1) meesten tot vóór korten tijd voor het meerendeel tot uitgestorven soorten gerekend worden. De nieuwe nasporingen hebben echter aan het licht gebracht, dat vele van de soorten, die uitgestorven schenen, nog levend voorkomen. (2) Zij zijn slechts naar diepere en wel meer noordelijk gelegen streken van de zee verhuisd.

Ik zal slechts één voorbeeld aanhalen. In den put te Goes werd door mij de *Cyprina Islandica* gevonden; dezelfde species heeft HARTING onder Gorinchem en onder Utrecht aangetroffen. Wanneer over een zoo uitgestrekt terrein uit drie boorgaten dezelfde schelpsoort wordt opgehaald, dan bewijst dit ontegenzeggelijk, dat zij in de zee, waarin de gronden van onze laag bezonken zijn, inheemsch was. Dezelfde *Cyprina Islandica* is echter zelfs op den zuidkant van de Alpen in Italië fossiel en elders tot in de Molasse in Midden-Europa gevonden en komt tegenwoordig in de zee van Noorwegen en IJsland levend voor.

Wij zullen hier voor het oogenblik slechts deze gevolgtrekking uit dit feit afleiden, dat men de fauna, waarvan hier sprake is, ook om deze reden bij de hedendaagsche zou kunnen aansluiten.

Geen van de drie benamingen: *tertiair*, *diluviaal* en *hedendaagsch* is dus in onbeprekten zin op onze laag toepasselijk, en wij zullen, wanneer de eigenlijke beteekenis van deze zeeschelpen-formatie ons later duidelijk zal geworden zijn, er ook een meer kenschetsende naam aan toekennen. Op deze plaats zullen de gemaakte opmerkingen slechts voor inleiding dienen tot bespreking van het diluvium.

Vestigen wij thans het oog op dat gedeelte van ons profiel, hetwelk onder den naam *diluvium* is afgebakend. Wij zien, dat het diluvium daar een stuk van een kom opvult, waarvan de bodem in zuidelijke richting naar Goes allengs hooger, in noordelijke richting dieper wordt, zoodat bij Amsterdam die bodem op 172 m. onder A. P. zelfs niet is bereikt; in zuidoostelijke richting helt die bak waarschijnlijk op soortgelijke wijze als naar het zuiden, doch is de diepte uit boringen niet bekend.

Naar de Veluwe toe zet het diluvium zich echter, zoo niet tot grootere, dan toch ook niet in eene geringere diepte voort, als die, welke wij in het profiel zien. Dit toonen de boringen te Zeist, waar men tot 516 voet onder A. P. diluviaal zand heeft aangetroffen. Evenzoo heeft men te Amersfoort en bij den Soesterberg slecht diluviaal zand opgeboord. In de Veluwe bereikt echter het diluvium in vorm van twee breede strooken van Arnhem naar het noorden over Apeldoorn tot aan de Zuiderzee en van de Grebbe over Soest en Naarden eene hoogte, naar de Zuiderzee toe afnemende, van zelfs meer dan 100 m. (Zie de hierbij gevoegde hoogtekaart.)

Die twee strooken stellen zich uit systemen van grint- en zandheuvels samen, terwijl tusschen beide de Geldersche vallei zich uitstrekt, eene configuratie van den bodem, die te algemeen bekend is, om eene nadere omschrijving te behoeven.

Men vindt die diluviale hoogten weér terug bij Nijmegen, van waar zij zich in de richting van den Rijnsoever naar zuidoost voortzetten, en verder in de streek van 's Heerenberg, terwijl het verband van deze laatste hoogten met de Veluwe is verbroken door het dal van den IJssel en een deel der Betuwe. Andere deelen van Nederland, waar diluvium wordt aangetroffen, komen vooreerst bij onze beschouwing niet in aanmerking.

In het profiel Goes-Amsterdam is door de verschillende arceering aangeduid, dat het diluvium uit verschillende lagen is samengesteld. Wij zullen echter van al die verscheidenheden voorloopig afzien en in de eerste plaats motiveeren, waarom al die lagen met de bovengenoemde onder den gemeenschappelijken naam: *diluvium* zijn samengevat.

De reden, waarom dit is geschied, is ten eerste hierin gelegen, dat het eene zoetwater-

(1) Men zie de soorten in de speciale beschrijvingen der putten te Goes, Gorinchem en Utrecht.

(2) M. P. FISCHER. Compt. rend. 1883, n°. 12 b, 799.

vorming is. In het geheele diluvium, op ons profiel geteekend, nòch in de Betuwe nòch in de Veluwe is eene enkele zeeschelp gevonden, die ter plaatse heeft geleefd, terwijl in het *alluvium*, dat bijv. te Amsterdam en in het Eemstelsel van HARTING het diluvium bedekt, talrijke zeeschelpen voorkomen, evenals in de zeeschelpen-formatie, waarop het diluvium is bezonken.

Men kan toch niet aannemen, dat zeeschelpen aanwezig waren en om eene of andere reden er uit verdwenen zijn. Men zou dan niet kunnen begrijpen, waarom die schelpen niet uit de lagen daarboven en daaronder mede verdwenen zijn; nog minder, waarom de fijne kalkslib, die beurtelings in de lagen van het diluvium voorkomt en zeker gemakkelijker dan harde schelpen door water oplosbaar is, is blijven bestaan. Daarbij komt nog, dat in het diluvium wel zoetwaterschelpen (zooals in de onderste lagen bij Gorinchem, die nog wel van een zeer teder maaksel zijn), in bijna ongeschonden toestand zijn aangetroffen.

De bezinking in zoetwater is derhalve boven allen twijfel verheven.

Eene tweede reden: het diluvium als een eigendommelijk systeem te beschouwen, is door zijne bijzondere ligging gegeven.

Hoe toch zou men kunnen begrijpen, dat dit systeem tot zoo groote diepte onder A. P. voorkomt, zonder met zeebezinksels vermengd te zijn, als het eene aanslibbing der rivieren in haren tegenwoordigen toestand ware? Hoe zou het mogelijk zijn, dat het tot de hoogte van over 100 m. in de Veluwe voorkomt?

Mocht men ook hypothesen verzinnen, om zich van deze feiten rekenschap te geven, het eigenaardig karakter kan men aan het diluvium niet ontnemen.

Wij kunnen thans overgaan, de geaardheid van het diluvium meer in bijzonderheden aan eene betrachting te onderwerpen, en wel in de eerste plaats de Veluwe, want daar is het diluvium op de meest in het oog loopende wijze vertegenwoordigd. Kunnen wij over het ontstaan van de Veluwe licht verkrijgen, dan volgt het andere van zelve.

Ik moet nu eene reeks van waarnemingen beschrijven, die voor ons doel misschien niet onbelangrijk zullen zijn.

De grint- en zandmassa's van de Veluwe worden zelden op de doorsnede ontbloot.

Eene gelegenheid, om eene versche doorsnede te observeeren, leveren de werken van de nieuwe Utrechtsche waterleiding aan den Soesterberg, waar de doorsneden nog zichtbaar zijn.

Wandelt men in het versch gegraven kanaal voor den wateraanvoer in de richting van oost naar west en omgekeerd, zoo merkt men ontelbare meer of minder fijne lagen, somtijds netvormig verbonden, op de doorsnede in het geelrood gekleurde zand op. Bij nadere beschouwing bevindt men, dat die lagen niet door bezinking zijn ontstaan; zelfs wanneer men de grenzen der lagen met de loup nagaat, vindt men niet het minste verschil van korrel in het zand. Het zijn slechts verkleuringen, en men bemerkt, dat het van boven ingezijpelde regenwater, dat eerst door eene dunne humuslaag van de heide-vegetatie moet dringen, die verkleuringen heeft te weeg gebracht. Terwijl het regenwater van den heidegrond een weinig organische stof oplost, werkt die reduceerend op het vrije ijzeroxyd, dat in dit geelzand nooit ontbreekt, en brengt zoo die kleurverandering voort. Verder merkt men veel golfvormige bochten, naar boven concav met scherpe toppen op, zoodat men zou gelooven, dat die door watergolven gevormd zijn. Voort wandelende, blijkt echter, dat die golven gevormd zijn door het ineenloopen van peervormige figuren, en meer dan tien zulke peervormen, waarvan de naar boven uitlopende halzen op het duidelijkst zichtbaar zijn, heb ik kunnen opmerken. Ook op de hellingen der filters vertoont zich hetzelfde verschijnsel. Deze peren stemmen nu juist overeen met het figuur, dat ik in de proeven over het indringen van het water in zand, figuur 13 heb beschreven; en die overeenstemming liet over het ontstaan dier peren door ingedrongen regenwater geen twijfel over; ook

de gelijkheid der korrel van het zand op de contouren der peren bevestigde deze wijze van vorming. De peren hebben eene grootte van één à twee meters middellijn en gaan ook niet dieper dan eenige meters. Wanneer het water van eene omschreven plaats van geringe afmeting in het zand dringt, dan spreidt het zich, zooals onze proeven bewijzen, peer-vormig uit en vertoont naar boven een steel of hals, die bij de peren in het kanaal en op de andere plaatsen slechts nagenoeg een halven meter breed was. Soms lijken de door verkleuring gevormde figuren op plooiën van lagen, en meer dan eens heeft men ze daarmee verward.

Dit verschijnsel is nu daarom bijzonder opmerkingswaardig, dat het aantoonde, welke uitwerking de regen op deze licht doordringbare zand- en grintlagen heeft. Inderdaad, het regenwater dringt onmiddellijk naar binnen, kan zich boven den grond niet verzamelen, geen stroomingen vormen en het zand niet vervoeren. Men ziet dan ook nergens in het gebied der grintheuvelen een begin van eene dalvorming, noch voren, door regenwater voortgebracht, van de hellingen der heuvelen afkomen, zooals bij ondoordringbare of weinig doordringbare aardsoorten altijd het geval is. Zelfs in de diepten tusschen de grintheuvelen is van uitspoelingen door water niets waar te nemen. Men ziet wel gebogen, maar gelijkmatig verloopende vlakten. En des niet te min komen toch voren tusschen die grintheuvelen voor.

Wanneer men den Soesterberg opwandelt vlak op het waterbassin toe, dan merkt men eene reeks van voren op, nauwelijks een derde of een halven meter diep, evenwijdig met de strijklijn van den Soesterberg, die, zooals bekend is, nagenoeg in de richting oost-west zich uitstrekt; de weg snijdt deze voren onder een rechten hoek. De oorsprong en betekenis van die voren schenen eenigszins raadselachtig. Konden zij door regenwater zijn ontstaan? Wat de regen hier vermag, hebben wij zooeven gezien. Moesten de voren, als zij door regenwater waren ontstaan, niet in de richting van den talus des bergs afloopen? Zij loopen echter waterpas en evenwijdig met den berg.

Kon het mogelijk zijn, dat die voren door menschenhand waren gegraven, bijv. om dennen daarin te planten? Maar dan zou men die van gelijke breedte en diepte hebben getrokken; zij worden echter naar het noorden toe hoe langer hoe breder en ondieper, van $1\frac{1}{2}$ successievelijk tot 10 meter breed, en verdwijnen dan; zij hebben eene lengte van meer dan 100 meters.

Zou de wind het gedaan kunnen hebben? Maar zij bestaan uit zand en grint. De wind kan zand tot duinen opwerpen, doch deze regelmatige voren kan hij niet trekken. Ongetwijfeld zijn dit de grebben, die zich ook bij onze proeven over bankvorming tusschen de banken vertoonden.

Ik heb die grebben sedert op vele plaatsen terug gevonden; gaat men van Apeldoorn zuid-westelijk door de heide tot aan den spoorweg, zoo zal men vele malen die grebben aan de voeten der heuvels altijd op den noordkant vinden, altijd van dezelfde richting ten opzichte van den talus des heuvels.

Zou men voor mogelijk kunnen houden, dat deze voren, door een waterstroom in weinige seconden opgeworpen, duizendtallen van jaren bewaard zijn gebleven en dat de oppervlakte van de grintlagen der Veluwe de bodem van eene reuzenrivier was, waarvan de bedding nog heden zoo onveranderd voor ons ligt, als op het oogenblik, toen het water die bedding voor altijd vaarwel heeft gezegd? Dan moesten immers die grintheuvels banken zijn van die rivier. Dit zullen wij nader aantonen.

Er zijn twee bewijzen even afdoende:

1°. Toen van het waterreservoir op den Soesterberg de pijp naar beneden gelegd werd, was de kam van den berg loodrecht op zijne strekking in de richting van zuid naar noord doorsneden. En wat zag men daar? In het midden zand; daarover eene laag grint, niet

dikker dan een dm. met eene dunne zandlaag bedekt; naar den noordkant helde de grintlaag onder een hoek van ongeveer 30° en werd naar de diepte, zoo ver zij bloot lag, tot een halven meter dik, daarover weër zand. Op den zuidkant helde de grintlaag onder een hoek van nagenoeg 50° en werd evenzeer naar de diepte toe dikker, insgelijks met zand bedekt.

Vergelijken wij nu deze doorsnede van den Soesterberg met onze proef, die ook eene doorsnede van eene bank vertoont, dan blijkt uit de volkomen overeenstemming, dat de Soesterberg eene bank is door een stroom gevormd, die uit het zuiden kwam; want in het zuiden ligt het grofkorrelige grint, dat de stroom onder de steile helling tegen de bank heeft opgeworpen, terwijl het over de bank voor een deel werd weggevoerd en op den anderen kant van de helling nêerviel. Vervolgens heeft het zand de grintlaag bedekt, zoo als deze op dit oogenblik daar nog aanwezig is.

Ook op de doorsnede, die op de evengenoemde rechthoekig staat in het oost-westloopend kanaal, toont zich het bankachtig karakter van den bodem. In dit kanaal merkt men over zijne geheele lengte, waterpas voortlopende, grintlagen op van eenige decimeters dikte, afwisselende met zandlagen, waarin slechts enkele keien voorkomen, zoodat de grintlagen in afstanden van 1 à 2 meters boven elkander liggen. Dit stemt weër met onze proeven overeen, die aantoonen, dat bij de bankvorming zand en keien beurtelings worden verplaatst. Soms vertoont zich hier in het kanaal het verschijnsel, dat grintstrooken vrij steil de zandlaag doorsnijden, alsof het grint daar plotseling, bijna loodrecht, naar beneden gezakt was. Dit schijnt eenigszins raadselachtig, daar men niet begrijpt hoe dat grint zoo steil in het zand kan afgezet zijn. Daar zulke plaatsen slechts enkele malen zijn opgemerkt, zullen wij in het midden laten, waaraan zij haren oorsprong verschuldigd zijn; maar het is zeer waarschijnlijk, dat daar ijsblokken gezeten hebben. Men ziet wel: hier is geen verschijnsel zoo onbeduidend, of het heeft eene bepaalde beteekenis.

2°. Op de hierbij gevoegde kaart heb ik een vijftigtal grintheuvels, volgens de kaart van den generalen staf, op maat geteekend en vele van deze ken ik uit eigen aanschouwing; hunne gedaante is in wezenlijkheid nog karakteristieker dan zij zich in de teekening voordoen. Zij zijn meestal rechtlijnig en hebben eene lengte van soms vijf kilometers, hetgeen misschien door aaneensluiting van twee heuvels is te weeg gebracht. Dat dit banken zijn, is uit hare gedaante en uit hare opeenvolging achter elkander duidelijk, en wel zijn het axiale banken, want laterale banken vindt men slechts zelden. Zij wijzen de richting van den stroom rechthoekig op de strekking der banken, die wel niet geheel parallel, maar toch eene gemeenschap van richting vertoonen. Sedert heb ik de tegenovergestelde naar zuid en noord hellende uiteinden van doorgesneden diluviale banken nog vele malen opgemerkt.

Aan duinen valt hier in het geheel niet te denken; duinen bevatten geen grint, hebben niet het effen verloop der kamlijnen en volgen niet over zoo groote uitgestrektheden, als de Veluwe, achter elkander. Er komen wel in het lager gedeelte van de Veluwe uitgestrekte overstuivingen voor, waartoe ook de Biltse duinen behooren, waar stuifzand over grintheuvels is heëngestoven, terwijl het grint is blijven liggen en over groote vlakten aan de oppervlakte ligt; somtijds ziet men op die vlakten evenwijdig liggende strooken van grint, die doorsneden van grintlagen zijn en zich naar de diepte toe voortzetten. Op een afstand gezien, gelijken zij op sporen van rijtuigwielen. Die opgestoven zandheuvels bevatten nooit een enkelen kei. In het gebied der hoogere grintheuvels zijn overstuivingen eene uitzondering.

Maar men zal zeggen: dit is een onbegrijpelijk iets. Welk een stroom zal het toch geweest zijn, die twee strooken, twee gaffelvormige systemen van opeenvolgende banken van

zoo reusachtige afmetingen in de Veluwe kon afzetten? Dit heeft in het geheel geen analogie. Zijn niet onze hedendaagsche rivieren ware dwergen bij zulk een stroom? En welk eene diepte, welk eene hoogte van waterspiegel moet die stroom gehad hebben, die tot 100 m. hoogte banken kon opwerpen? Moet zijn waterspiegel niet op zijn minst tweemaal zoo hoog geweest zijn? En hoe hoog zal dan de zeespiegel gestaan hebben, waarin die stroom zich uitstortte? Waar zijn de oevers van dien stroom te vinden?

De grootte van de fluviatile keien in de Veluwe wijst niet eens op eene zeer groote snelheid van het water; misschien op niet meer dan twee meters per seconde. Het grint is meestal ter grootte van noten of eieren en slechts nu en dan vindt men afgeronde keien van een d.M.gemiddelden diameter welke onder gunstige omstandigheden bij die snelheid vervoerd kunnen worden.

Hoe is dit te verstaan en met elkander te rijmen?

Wij kunnen na de vermelde feiten reeds van de hypothetische tot de categorische redeneerwijze overgaan.

Het is de Rijn, die de Veluwe heeft gevormd.

Dit blijkt uit de grondsoorten.

Het materiaal, waaruit de Veluwe is opgebouwd, is van tweeledigen aard: erratisch en fluviatiel.

Erratische blokken van groote afmetingen en ook erratisch gruis liggen deels nog op de oppervlakte, deels in het zand bedolven, doch meestal niet op grooter diepte dan omstreeks een meter. Van den oorsprong der erratische gesteenten kunnen wij voor het moment afzien. De hoofdmassa echter, die de gronden samenstelt, is van bepaald Rijnlandschen oorsprong. Al de soorten van keien, die boven beschreven zijn, worden in de Veluwe teruggevonden: De leisteenen en kwartsen van de grauwwakken-formatie en de kwartsachtige zandsteen; de kiezelschiefers en porphieren van de Lahn; de eivormige kwartsen van het bekken van Mainz; de laven van den Eifel. Het roodgele, kalkvrije zand vormt de grondmassa van het geheel.

Een deel van de keien is echter bepaald van de Maas afkomstig, zooals de drie vuursteensoorten overtuigend bewijzen.

Hoe het komt, dat wel vuursteen en keien, die aan het gebied van Rijn en Maas gemeenschappelijk toebehooren, maar geen kalk van de Maas in de Veluwe gevonden worden, verdient nog eene nadere overweging.

Wij moeten vooreerst de feiten nog verder vervolgen.

Wanneer het waar is, dat de Rijn gedurende de vorming van het diluvium zoo ongehoorde watermassa's afvoerde, dan begrijpt men, dat dit zoetwater al spoedig het zeewater uit de eenigszins boezemvormige zee, waaruit Nederland nog niet ontwoerd was, moest verdringen. Men ziet iets van dien aard bij hedendaagsche rivieren. De Po bv. verandert bij hoogen waterstand het water van de Adriatische zee tot ver van haren mond in zoetwater. Van den Amazonen-stroom beweert men, dat hij 50 mijlen ver van zijn mond de zee in zoetwater verandert. In het klein ziet men het bij Kampen van den IJssel. De diluviale Rijn moest al spoedig de schelpen in die zee in zijne bezinksels begraven, waardoor litorale met pelagische schelpen vermengd werden, en daarop vervolgens de zoetwater-bezinksels, die het diluvium vormen, neêrzetten. Het diluvium bezonk dus in de zee en toch is het eene zoetwatervorming; want de zee bevatte aan den mond van den diluvialen Rijn zoetwater. De geweldige waterstroom vervolgde zijnen weg binnen het gebied van dit met zoetwater gevulde gedeelte van de zee tot in de streek van de tegenwoordige Zuiderzee, zonder nog oevers boven den waterspiegel te vertoonen. Dit veronderstelt nu ook een enorm hoogen stand van den zeespiegel en schijnt eene volkomen onmogelijkheid; want onze hoogste

getijden gaan wel tot vier meters, maar niet tot tweehonderd meters of daaromtrent; of onze geheele redeneering stuit op dien hoogen zeestand af, of er moet een ander wonder zijn, dat het eerste verklaart.

Dit wonder is voorhanden en beide lossen zich op in een derde verschijnsel, dat de beide eersten tot eene bekende natuurlijke oorzaak herleidt, zonder dat wij noodig hebben ons van de aarde te verwijderen en tot kosmische oorzaken onze toevlucht te nemen.

Wij zullen echter onze beschouwing niet vooruit loopen

Gaan wij eens na, hoe het met den Rijn in zijn midden- en bovenloop gesteld was en hoe het elders in Europa er uitzag.

Vervolgen wij de twee breede strooken van grintheuvelen, die den mond van den diluvialen Rijn vormen in de richting van hare langste uitgestrektheid, dan treffen wij de diluviale hoogten weêr aan bij 's Heerenberg en Nijmegen. Van Nijmegen zetten zich die hoogten langs den linkeroever van den Rijn voort; op den rechteroever is het diluvium lager. Zien wij nu, of in het gebergte eveneens de sporen van een zoo hoogen waterstand van den Rijn aanwezig zijn.

Bij Rolandseck ligt op den linker Rijnkant de bekende Roderberg, een vulkaan van 590 voet rl. hoogte, ongeveer 440 v. loven den Rijnspiegel. De hellingen van dien vulkaan zijn bedekt met Rijnbezinksels, rolsteenen en löss, en de krater is gevuld met eene laag van löss, die meer dan 20 m. dik bevonden werd.

Van alle hypothesen afgezien, is het dus zeker, dat die krater is ondergelopen en de Rijnspiegel daar bij de 200 m. hooger moet geweest zijn dan tegenwoordig.

Wilde men nu vooronderstellen, dat ook de bedding van den Rijn toen zeer hoog gelegen was en eene buitengewoon groote watermassa dus niet noodzakelijk behoeft te worden aangenomen, dan zou het onmogelijk zijn, dat de rivier over den krater gevloeid was; want de vulkaan is uit vulkanische uitwerpselen van slakken opgestapeld en moest dus boven zijne omgeving uitsteken, zooals dit feitelijk ook het geval is; want de berg is aan den steilen kant door den Rijn en overigens door eene diepe ketelvormige inzakking omgeven, waarin geen water vloeit. Dit keteldal is dus niet eerst later door water uitgesleten. Er volgt derhalve evident uit, dat een buitengewoon hooge waterstand de oorzaak van die overstroming was. Bijzonder merkwaardig is het feit, dat gedurende de overstroming eene eruptie van vulkanische uitwerpselen heeft plaats gehad; want de diluviale lagen zijn voor een deel door de slakken bedekt, zooals reeds VON DECHEN heeft vermeld en waarvan men zich door eene bezichtiging ten volste kan overtuigen. Misschien staat deze uitbarsting met den hoogen waterstand in een causaal verband. Die eruptie heeft dus onder den waterspiegel plaats gehad, daar de löss-bezinking natuurlijk na de eruptie gebeurd is. Ook in het Brohlthal vindt men een soortgelijk verschijnsel.

De rolsteenen van den Rijn, geheel overeenstemmende, wat de soorten betreft, met onze Nederlandsche keien, strekken zich over het geheele Rijngebied tot eene hoogte van circa 600 voet in eene bijna onafgebroken laag uit. Zij bedekken de bruinkolen-formatie, het trachyt-conglomeraat en de devonische gesteenten en liggen op beide oevers van den Rijn in gelijk niveau. Men vindt die in het bekken van Neuwied, vervolgens van Friesdorf tot Brohl en verder. Beneden den Ahr verspreiden zij zich kilometers ver in de breedte naar Rijnbach en Duren, zoodat VON DECHEN zegt, dat die verspreiding elke betrekking tot eene rivier verliest en alleen met de kustvorming der zee kan vergeleken worden, terwijl zij in het nauwere bovengedeelte van den Rijnloop, waar de keien meer smalle terrassen vormen, nog voor eene riviervorming zou kunnen gehouden worden.

Van Bonn uit ziet men aan het Zevengebergte die laag van keien op 500 à 600 voet hoogte als eene onafgebroken effen laag hellen in de richting van den loop van den Rijn;

en VON DECHEN noemt in zijn » Geognostische Führer » door het Zevengebergte een 17tal vindplaatsen van Rijn-rolsteenen, op hoogten tusschen 500 à 600 par. voet boven A. P. op beide zijden van den Rijn. Waren die rolsteenen eene zeevorming, dan moesten zij zee-schelpen, die ter plaatse geleefd hebben, bevatten, die echter nooit daarin gevonden zijn; wel komen enkele schelpstukken daarin voor, uit het bekken van Mainz afkomstig.

De verspreiding van keien, over een horizont van gelijke hoogte en groote uitgestrektheid wijst dus zeer duidelijk de werking van den diluvialen Rijn aan; en men zou niet kunnen begrijpen, hoe die keien van Mainz, het Taunusgebergte en verder op tot Bonn en tot de Zuiderzee waren vervoerd, wanneer men wilde aannemen, dat zij geene betrekking tot de rivier hadden.

Werpen wij nog een oogopslag op de verspreiding van het löss en het puimsteen in het Rijngebied.

Het eigenlijke diluviale kalkhoudende löss moet van het kalkvrije leem en van de jongste alluviale kleibezinkingen onderscheiden worden. Dit berglöss is in het Rijngebied zeer verspreid en komt ook aan de Neckar, Main en Lahn voor; in het Zevengebergte bedekt het de hoogst gelegen keien-lagen en in den Eifel wordt het bijv. aan den Scheidsberg en Bausenberg en elders op hoogten van 500 à 600 voet gevonden, terwijl de boven die hoogte uitstekende toppen der vulkanen geheel vrij van löss zijn. Men vindt het löss over het geheele Rijngebied tot Basel; ook in het gebied van andere rivieren, zooals de Rhone en Donau, vindt men het hoogliggende löss.

VON DECHEN zegt: » de condities, waaronder het löss gevormd is, moeten in een groot gedeelte van Middel-Europa hebben plaats gehad ». De hooge waterstand wordt door het löss dus evenzeer geconstateerd als door de rolsteenen.

Aan den boven-Rijn verheft zich het löss tot nog grooter hoogte, zelfs tot 1000 voet; en het komt mij niet onwaarschijnlijk voor, dat het uit het Juragebergte afkomstig is; binnen Zwitserland komt geen löss voor.

Het puimsteen is een vulkanisch product, waarvan de oorsprong niet met zekerheid bekend is. In den Eifel komt puimsteen in het geheel niet voor; daarentegen in menigte in de omgeving van de Laacher-zee; maar ook in het bekken van Neuwied en over het Westerwald in het gebied van de Lahn en de Wied is het verspreid; het bedekt daar groote vlakten en ligt kransgewijze om de toppen der basalten, die zelve daarvan geheel vrij zijn.

VON DECHEN (1) meent, dat het puimsteen voor een lid van de tertiaire lagen in het Westerwald is aan te merken, dus daar oorspronkelijk te huis behoort en dat het ouder dan het basalt is. Indien dit waar is, zou het uit een krater afkomstig moeten zijn, die tot nog toe geheel verborgen gebleven is. Mocht men deze zienswijze aannemen of meer de meening zijn toegedaan, dat het uit het gebied van de Laacher-zee afkomstig is, in elk geval is het later door de waterstromingen vervoerd en op de basalten en elders, waar het geheel aan de oppervlakte ligt, afgezet. Zijn hoog gelegen voorkomen, veelal in gelijk niveau, bewijst ontegenzeggelijk een hoogen waterstand. Men begrijpt licht, wanneer de groote watermassa den Rijn afkwam, dat daar, waar deze nauw is, bijv. bij Unkel, de afvoer moest belemmerd worden en de Rijn zijdelings over zijne oevers stroomen moest uitzenden, die over het Westerwald circuleerden. Specifiek licht puimsteen moest door het water medegevoerd en over de oevers van den Rijn en over groote uitgestrektheden verslibd worden. Dat dit op grooter afstanden op den rechteroever plaats had dan op de linkerzijde van den Rijn, is een gevolg van de configuratie van het gebergte. Wanneer onze

(1) Ueber Bimstein im Westerwalde. Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft 1881.
Zie ook G. Angelbis in Jahrbuch der geol. Landesanstalt zu Berlin.

onderzoekingen in Nederland er noodzakelijk toe leiden een buitengewoon hoogen waterstand van den diluvialen Rijn aan te nemen, dan zien wij uit de aangehaalde feiten, dat de verschijnselen in het hooger gelegen gedeelte van het Rijngebied hiermede niet in strijd zijn, maar integendeel die gevolgtrekking alleszins afdoende bevestigen. Ik heb mij hierbij opzettelijk tot het noodzakelijkste en tot verschijnselen, die ik uit eigen aanschouwing ken, beperkt; eene uitvoeriger behandeling zou alleen het getal, niet het gewicht der bewijzen vermeerderen. Slechts één verschijnsel moet hier nog aangevoerd worden, omdat het licht werpt op den oorsprong van de groote watermassa, die speciaal de Rijn in den diluvialen tijd heeft afgevoerd.

In de verhandeling » Die Klimate der Gegenwart und der Vorwelt » van SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN, bekroond door de Hollandsche Maatschappij van Wetenschappen te Haarlem, wordt uitvoerig het groote binnenmeer tusschen Alpen en Jura beschreven. Wij zouden een groot gedeelte van dit werk hier moeten inlasschen, om een recht begrip van dit meer te geven.

Het Alpenmeer besloeg eene oppervlakte van om en bij 6 millioen hectaren; was dus nagenoeg dubbel zoo groot als Nederland. Zijn spiegel bereikte in den diluvialen tijd eene hoogte van 3914 voet boven de zee of 2760 voet boven het meer van Genève; want op die hoogte zijn b. v. op den Mont Salève bij Genève blokken van Protogin van den Mont Blanc afgezet en de erratische blokken van den M. Blanc strekken zich uit tegen den Mont de Sion tot aan de plaats, waar de Rhone door den Jura breekt bij het fort de l'Ecluse.

Aan den M. Tendre is de erratische grens 3300 voet boven de zee of 2146 voet boven het meer van Genève.

Aan den Chasseron liggen de blokken op 3719 voet of 1208 m. hoogte in bijna gelijk niveau met dat van de Salève, en die erratische blokken, meestal van Walliser oorsprong, liggen aan den rand van den Jura tot Solothurn en zijn over het geheele terrein van het binnenmeer en de dalei verspreid. Dit meer is eens tusschen de Alpen en den Jura opgesloten geweest en zijn waterspiegel heeft die enorme hoogte bereikt, eer de oevers waarschijnlijk in de drie richtingen van Rhone, Donau en Rijn in den diluvialen tijd zijn doorbroken, hoewel smalle afwateringen op die plaatsen reeds vroeger mogen hebben bestaan. Men zal wel begrijpen, — wanneer een meer, tweemaal zoo groot als Nederland, met zijn spiegel 1200 m. boven onze hoofden staande en 700 m. diep, door zijne oevers brak — waar van daan de watermassa van den diluvialen Rijn kwam; want dit meer is afgevoerd, daar het thans, op de tegenwoordige Zwitsersche meren na, droog staat. En toch is dit slechts een klein gedeelte van den geheelen diluvialen vloed. Dat de waterstand in dit meer zesmaal hooger was dan van den Rijn is te begrijpen, omdat het een binnenmeer was en niet direct met de zee in verbinding stond.

Het is hier onze taak niet, den hoogen waterstand in den diluvialen tijd ook bij de overige hoofdstroomen van het Europeesch continent aan te wijzen, hoewel deze op kolossale wijze in het oog loopt. Geheel Noord-Duitschland is uit diluviale banken samengesteld, welker beloop bij voorkeur op de richting der groote rivieren rechthoekig staat. Reist men van z. w. naar n. o. door Duitschland, dan blijft men nagenoeg altijd in de strijklijn, terwijl men golf op golf doorsnijdt, wanneer men van zuid naar noord reist; en dikwijls ziet men in het laatste geval op doorsneden het tegenovergestelde vallen van den ascensie- en descensie-kant der banken, en het geheele terrein helt van het gebergte naar de zee. De gesteldheid is door geheel Noord-Duitschland in dit opzicht van gelijken aard als onze Veluwe; maar dit moet door afzonderlijke behandeling van ieder riviergebied nader in het licht gesteld worden. Wij zullen slechts nog aantoonen, dat ook de duidelijkste sporen voorhanden zijn, die tot een waterstand der zee van ± 200 m. + A.P. doen besluiten.

Die hooge zeespiegel is vooral op de kusten en deels ook in het binnenland van Zweden en Noorwegen aan te wijzen.

Volgens ERDMANN (1) is het glaciale leem in Zweden over enorme uitgestrektheden, zonder dat de onderliggende lagen in het minst in hare ligging gestoord zijn, verspreid.

ERDMANN toont aan, dat dit leem niet, zooals vroegere auteurs hebben beweerd, altijd in een permanent niveau van 500 à 600 voet boven de zee voorkomt, maar met hetzelfde physicale karakter bijv. in het dal van de Viska en de Ätra zelfs eene hoogte van 700 voet bereikt; in de buurt van Bräuningen in het westen van het Wettermeer eene hoogte van 800 voet, en evenzoo in de streek tusschen de steden Grenna, Ekeshö en Iönköping; zuidwestelijk van Ekeshö bereikt het de grootste hoogte van 800 voet.

Wanneer nu ook in hoog gelegen dalen, waaruit dit leem voor een deel voortkwam, de grens van het leem boven 600 voet ligt (even als wij dit ook in het hooger gelegen deel van het Rijndal voor het löss hebben aangewezen), zoo vormt toch de hoofdmassa een waar geologischen horizont op een merkbaar gelijk niveau van tusschen 500 en 600 voet. Zeer opmerkelijk is het echter, dat de banken van schelpen, die in dat leem, voornamelijk op de westkust van Zweden, voorkomen, nooit op eene grootere hoogte dan 500 voet gevonden zijn. Onder die zeeschelpen zijn bijv. gevonden: *Astarte arctica*, *Yoldia arctica*, *Cyprina Islandica*, *Pecten isl.* *Tellina proxima*, *Natica clausa* en andere, waaronder de *Yoldia* als echt arctisch is aangemerkt, terwijl tegenwoordig op die kust eene andere fauna wordt aangetroffen. Dezelfde arctische fauna is ook in équivalente lagen van Engeland en Schotland en het noorden van Rusland, zelfs in Canada en de omstreken van New York gevonden.

Het voorkomen van zeeschelpen op eene hoogte van 500 voet in Zweden in quataire lagen wijst echter op eene hoogte van den zeespiegel, die althans niet minder kan geweest zijn.

Wat Noorwegen betreft vinden wij in het werk van KJERULF GURLT van pag. 1-24 het materiaal, waaruit de hooge stand van den zeespiegel boven den tegenwoordigen op het duidelijkste blijkt.

In de oudere hoog gelegen schelpbanken, die op vele plaatsen zijn aangewezen, vinden wij op eene hoogte van 540 voet bij Sververud bij Eidsberg, op 516 voet bij Nordby aan het Ödgeren-meer, op 520 v. bij Auke in Røken (waar ook een walvisch is gevonden) de arctische fauna met *Yoldia arctica* en andere arctische schelpen, geheel overeenstemmende met de fauna in Zweden, waarvan reeds melding is gemaakt.

Verder vindt men aan de kusten van Noorwegen eene menigte van oude strandlijnen, bijv. op 516 voet hoogte aan de Ilsvig bij Trondhjem volmaakt evenwijdig aan den tegenwoordigen zeespiegel loopende, en over eenen afstand van meer dan één kilometer, bij andere zelfs 6 kilometers ver, zich voortzettende.

KJERULF zegt: » De betrachtingen over de waarschijnlijke waterstanden leiden ons tot een waarschijnlijk niveau in de hoogte van ongeveer 600 voet. Dit is te meer opvallend, als het ook in de terrassen wordt teruggevonden, namelijk in de bovenste vrij liggende terrasse ». KJERULF verklaart echter de vorming der terrassen door sprongsgewijze rijzing van den bodem en evenzoo ook de hooggelegen strandlijnen. Hoe daarbij echter die strandlijnen volmaakt waterpas konden blijven, daar toch bij gerezen gebergten de menigvuldigste plooiingen, verwerpingen en kantelingen der lagen altijd en bij voorkeur in Noorwegen worden opgemerkt, dit heldert de auteur niet op, noch geeft hij ons de minste aanduiding van eene oorzaak, waaruit men die nog wel sprongsgewijze rijzing van den bodem zou kunnen verklaren. De vorming van terrassen hebben wij in het tweede deel opgehelderd.

Nadat in het bovenstaande het diluviale phenomeen op verscheidene plaatsen is gecon-

(1) Exposé des formations quaternaires de la Suède. 1868.

stateerd, waarbij uitvoerigheid niet in onze bedoeling lag, kunnen wij er toe overgaan de oplossing er van voor te bereiden.

Boven, toen wij het diluvium een wonder noemden, is van een tweede wonder sprake geweest, dat den sleutel tot die oplossing zou leveren. Dit tweede wonder is de ijstijd of glaciaal-periode.

Toen AGASSIZ de hypothese van de glaciale periode vestigde, nam hij aan, dat de geheele noordelijke hemisfeer tot aan den 40sten breedtegraad met ijs was bedekt. SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN heeft later op goede gronden de hypothese over de verspreiding van het ijs beperkt, terwijl de nieuwere geologen er toe overhellen tot de zienswijze van AGASSIZ terug te keeren.

Men vindt de sporen van den ijstijd bij voorkeur in Europa; oostelijk van het Uralgebergte in Azië, zooveel men weet, heeft ijstijd noch diluvium bestaan. Daarentegen zijn in het oosten van Noord-Amerika de sporen daarvan wel bekend.

Wij achten het overbodig de verschijnselen van de glaciaal-periode hier nader te beschrijven en moeten daaromtrent op de speciale littérature verwijzen.

De oude morainen en gestreepte rotsen zijn zoo onbedriegelijke kenteekenen van de verspreiding der gletschers, dat men met zekerheid kan aannemen, dat de dalen van Rhône, Aar, Reuss, Linth en Rijn in Zwitserland geheel met gletschers waren gevuld.

Eenzoo herhalen zich op den zuidkant van de Alpen soortgelijke verschijnselen; maar zelfs in Midden-Duitschland zijn door CREDNER (1) de diluviale gletschers ontwijfelbaar aan getoond. (2) Bij Döbitz-Dewitz, noordoostelijk van Leipzig is het porphyr onder het diluvium door een gletscher, die van zuid naar noord helde, glad afgeslepen en van krassen en voren voorzien.

Te Rüdersdorf bij Berlijn zijn de glaciale verschijnselen reeds sedert 1836 bekend. De Muschelkalk is door een gletscher geraserd en gepolijste vlakken, glad uitgeholde gletscherpotten en krassen in het gesteente zijn in menigte voorhanden. Ook hier zijn de gletschersporen door diluviale banken en leem bedekt. Men ziet hier de glaciale, diluviale en erratische verschijnselen zelfstandig ontwikkeld.

Eveneens zijn bij Uelzen in het Hannoversehe de uithollingen in de mergellaag, met diluviaalzand gevuld, niet zonder eene tijdelijke bedekking met ijs te verklaren, hoewel hier geen vast gesteente bestaat.

In het noorden van Frankrijk liggen bij Dôle, zuidelijk van de bocht van St. Michel, enorme morainen-blokken, en het blijkt, dat over de dalen van alle gebergten van Middel-Europa gletschers waren uitgebreid; dit wordt dagelijks meer openbaar, sedert de aandacht der geologen op deze verschijnselen gevestigd is.

In Scandinavië vulden de gletschers een groot deel der fiörden en bereikten den spiegel der zee. De gletschers waren in het noorden van Europa van zoo groote afmetingen, dat reeds AGASSIZ en latere schrijvers aannemen, dat de geheele Bothnische zeeboezem met één gletscher gevuld was. Men begrijpt, dat onder deze omstandigheden het pak- en drijfijz, waarvan de grens tegenwoordig in Europa op de breedte van 70 graden ligt, toen zeker tot aan Schotland en de Noordzee of ongeveer tot 55° N.B. was doorgedrongen, en dit wordt ook door de arctische fauna bevestigd, die in de hoog gelegen schelpbanken tegenwoordig fossiel in het zuiden van Zweden en Noorwegen wordt aangetroffen.

Eene opmerkelijke bijzonderheid is het echter, dat ook in Nederland de sporen van de glaciaalperiode niet ontbreken. Hierbij heb ik niet de erratische blokken, over het noorden

1) Zeitschr. der d. geol. Gesellsch. 1880 en Verhandl. der Ges. für Erdkunde.

2) Zie verder FELIX WAHNSCHAFFE. Ueber Gletscher bei Velpke und Danndorf

van Nederland verspreid, op het oog; want deze, hoewel zij met de glaciaal-periode in nauw verband staan, beschouwen wij als een bijzonder phenomeen van het diluvium, dat door den ijstijd wordt voorafgegaan.

Ook zijn in Nederland noch morainen noch gestreepte rotsen te vinden, want Nederland was toen eene diepe zee.

De ijstijd echter verraadt zich bij ons door de fauna van onze schelpgruis-lagen, en hier is de plaats, om aan te vullen, wat wij bij de bespreking van die fauna in het midden lieten. Die fauna van de schelpgruislaag is geen arctische, maar men mag haar een sub-arctische, boreale of noordsche fauna noemen. Terwijl zij bij ons voor altijd is vernietigd, leeft die fauna met hare voornaamste vertegenwoordigers voort op de breedte, waar gedurende den ijstijd eene arctische fauna bestond, in de zee van Scandinavië en IJsland. Het is mogelijk, dat op de verspreiding van eene zee-fauna vele omstandigheden van invloed zijn, zooals de diepte van de zee en tengevolge daarvan de werking van het licht, zeker is echter daarvoor het klimaat d. i. de temperatuur een voorname factor.

Het blijkt dus, dat het klimaat van Nederland van den ijstijd tot heden veranderd is, zooals door het voorkomen van de noordsche fauna wordt aangewezen. Het bedrag der verandering kan op ± 15 breedtegraden geschat worden, wat gelijk staat met een temperatuurverschil van nagenoeg 10 graden C.

Met dit bedrag is de gemiddelde temperatuur bij ons sedert den ijstijd toegenomen; terwijl tegenwoordig de gemiddelde warmtegraad te Amsterdam $9,5^\circ$ bedraagt, mag men aannemen, dat gedurende den ijstijd die temperatuur ten naastenbij gelijk nul was.

Neemt men in aanmerking dat ons klimaat in zekeren zin kunstmatig is, omdat de golfstroom daarop invloed heeft, terwijl in andere landen, die op de breedte van Nederland liggen, bijv. in Labrador, waar de golfstroom geen directe uitwerking heeft, de temperatuur gemiddeld nul is, dan ziet men, dat het bestaan van den golfstroom met de temperatuur van den ijstijd bij ons niet te vereenigen is. Stelt men zich voor, dat de golfstroom op het klimaat van het westen van Europa geen invloed had, dan zou bij ons de temperatuur gemiddeld met een bedrag van bij de 10 graden C. dalen.

Volgens de berekeningen van MAURY, (1) is de hoeveelheid warmte, die de golfstroom op een winterdag over den Atlantischen Oceaan verspreidt, voldoende, om de luchtkolom, welke op Groot-Brittannië en Frankrijk rust, van het vriespunt tot de gewone zomerwarmte te verheffen. Evenzoo is de hoeveelheid warmte, die elken dag aan de Caraïbische zee en de golf van Mexico wordt onttrokken, groot genoeg, om geheele gebergten van ijzer van 0° tot het smeltpunt te verhitten en een stroom van dit metaal, grooter dan de dagelijksche watermassa van den Mississippi, in vloeibaren staat te houden.

Gedurende den ijstijd bestond de golfstroom in zijne tegenwoordige uitgestrektheid ten minste niet, en het is zeer waarschijnlijk, dat, kon de golfstroom, die het westen van Europa verwarmt ophouden, wij weder eene ijsperiode zouden intreden.

Wij weten niet hoe lang de ijstijd in Europa heeft bestaan; of wij dien na 1000 of millioentallen van jaren moeten meten. Men moet echter een zeer lang tijdsverloop wel aannemen, en ook HEER (2) onderscheidt zelfs verscheidene vormingen in de glaciale periode, waarvan de eerste gekenmerkt is door gekraste steenen en blokken, die nog onder de molasse van Zwitserland berusten.

Het is voor ons doel van minder belang te weten, hoe lang de ijsperiode heeft bestaan, dan wel gedurende welken tijd zij is ten gronde gegaan.

(1) MAURY, directeur van het observatorium te Washington: on the golfstream and currents of the Sea. 2 Apr. 1844, overgedrukt in Southern literary messenger. July 1844.

(2) Urwelt der Schweiz.

Nu is het een onlerscheid, of men wil aannemen, dat het niet bestaan van den golfstroom de oorzaak is geweest, dat zich de ijsperiode vormde, of wel dat het ontstaan van dat gedeelte van den golfstroom, hetwelk op de kusten van Europa van invloed is, als de oorzaak van haren ondergang zou kunnen worden aangenomen. Dit laatste is echter geenszins onze meening.

Vooronderstellen wij eens dat de golfstroom, die onze kusten verwarmt, gedurende den ijstijd ook plotseling ware ontstaan, dan zou de temperatuur van nul tot onze tegenwoordige gemiddelde temperatuur van het jaar gerezen zijn; dan zou het effect wel geweest zijn, dat het ijs van de gletschers, zoo als ook tegenwoordig, langzamerhand was afgesmolten, maar die afsmelting had niet zooveel zoetwater kunnen vormen, dat de rivieren van Europa en de zee tweehonderd meters waren gewassen, noch dat het meer van de Alpen tot een stand van 1300 m. \pm A.P. had kunnen rijzen. Dit loopt ook, zonder dat wij het aan eene berekening onderwerpen in het oog, daar het water toch spoedig weer zou moeten afvloeien.

Ik beweer echter, dat de glaciale periode plotseling, dat wil zeggen: gedurende een enkelen zomer is ten gronde gegaan; dat de ondergang van de ongehoorde massa's ijs de zee en de rivieren voor slechts een korten tijd tot die enorme hoogte van \pm 200 m. heeft opgezet, en dat al de aanslibbingen, die wij diluvium noemen, met name het geheele gedeelte van Nederland, dat uit diluviale aanslibbingen bestaat, in een enkelen zomer is gevormd. Men meende tot nog toe, daarvoor duizendtallen van jaren te moeten rekenen.

Wij zullen nu aantonen, dat de vorming van het diluvium een catastrofe en wel de ondergang van de glaciaal-periode is geweest.

Op de richting van eene zeestrooming is zeker voor een deel de reliefvorm van den zeebodem van invloed, verder de temperatuur van het water, (1) voor een deel ook de richting van den wind. Wij zien ook, dat de golfstroom over zijne geheele uitgestrektheid de windrichting volgt. Uit den boezem van Mexico tot ons komende vervolgt hij zijnen weg evenwijdig aan de windrichting van z. w. naar n. o., die in den Atlantischen Oceaan de heerschende is, en de waterdamp die de golfstroom en de z. w. wind medevoeren, slaat als regen op de kusten van Europa neder, hetgeen bijv. op de kusten van Noorwegen, waar het haast altijd regent, bijzonder sterk is. De toestand van Europa, tengevolge van de neerslagen, de richting van den golfstroom en den wind, zoo als hij tegenwoordig is, zou echter den plotseligen ondergang van eene glaciaal-periode niet kunnen verklaren.

Wanneer wij nu op den weg, dien de golfstroom volgt, eene oorzaak vinden, die dien ondergang wel kan verklaren, dan is het meer dan waarschijnlijk, dat dit de oorzaak van de catastrofe is.

Wij moeten nu in de eerste plaats aan een verschijnsel herinneren, dat meer in onze nabijheid ligt.

Wanneer men bij Napels over de bocht van Bajae vaart, dan ziet men onder het heldere water de oude straatwegen en gebouwen, die hier eens onder den waterspiegel zijn weggezonden; ziet men nu tevens den op den oever staanden vulkaan, den Monte Nuovo, die in het jaar 1538 in zeven dagen uit vulkanische uitwerpselen is opgeworpen, dan is het onmogelijk, om deze twee buitengewone verschijnselen die zoo nabij elkander zijn, niet in verband te brengen. Het stemt ook geheel met de nieuwere zienswijze over de vorming van vulkanen overeen, dat zulke zeeboezems, op wier rand zich vulkanen bevinden, voor een zakkingssterrein van die vulkanen zijn te houden, zoodat, wanneer op de eene plaats iets uitgeworpen is, daar naast iets anders moet weggezakt zijn.

Die bochtvormige inzakking in de buurt van vulkanen vindt men zeer algemeen, en

(1) Zie PETERMANN'S Mitth. 1883 I. pag. 49.

ook bij den Vesuvius doet zich hetzelfde verschijnsel voor; het heeft zelfs wel eenige analogie met onze bochtvormige oevervallen, die op kleine schaal en in los zand een soortgelijk verschijnsel vertoont, als die vulkanische inzakkingen van vaste gesteenten.

Men wil zelfs in Zeeland bij eene oeverafschuiving eens eene sterke zwavellucht, ja zelfs een vlam hebben opgemerkt. Daar echter zulk een verschijnsel slechts kortstondig kan geweest zijn en de vallen ook zelden in flagranti worden opgemerkt, wil ik volstrekt niet beweren, dat het verhaal waarheid behelst; voor onmogelijk heb ik het echter toen niet gehouden, en te meer, daar in Zeeland in den bodem zeer groote massa's zwavelwaterstof, welke door de werking van zeewater op de derrielaag ontstaan, voorkomen. (Dit slechts tusschen twee haakjes.) Zien wij nu den zeeboezem van Mexico iets meer van nabij, dan vinden wij op den vasten wal eene reeks van tegenwoordig uitgebluschte vulkanen, waarbij de in Europa bekende vulkanische verschijnselen, slechts zeer onbeduidend schijnen.

PIESCHEL (1) beschrijft uitvoerig 12 groote vulkanen in Mexico, behalve eene menigte kleinere, en hij komt altijd terug op de zeer groote lava-massa's en uitwerpselen, die van de vroegere werking dezer vulkanen getuigen.

De vulkanen zijn:

Pic van Orizába 5345 m., Popocatepetl 5403 m., Cofre de Peróte 4090 m., de Malinche, Ixtacihuatl 4786 m., Cerro de Ajusco 3675 m., Nevado de Toluco 4620 m., Pic van Tancitaro 3200 m., de vulkaan van Ahuacatlan, de vulkaan van Tepic, de vulkanen van Tuxtla 1560 m., de Iorulla 1277 m., de vulkaan van Colima 2800 m., en behalve deze komen nog 50 groote vulkanen in Centraal-Amerika voor, gedeeltelijk met kraters van kilometers in omtrek. (2)

Al deze vulkanen vormen een samenhangend systeem; zij zijn tegenwoordig bijna geheel uitgebluscht. Het is waarschijnlijk, dat zij eens eene gelijktijdige uitbarsting hadden en zulk eene gebeurtenis kon niet zonder ver reikende gevolgen blijven.

Gaan wij eens na, wat er gebeuren moest, wanneer door eene geweldige inzakking de boezem van Mexico, alsmede de vulkanen, óf zich voor het eerst vormden óf, wanneer de boezem reeds bestond, door eene verdere zakking van den bodem eene groote uitbarsting der vulkanen veroorzaakt werd.

Men weet, dat het hoofdbestanddeel, hetwelk door vulkanen uitgestooten wordt, waterdamp is en dat zulk eene uitbarsting maanden en langer kan voortduren. Moest dan de golfstroom, die zich in den boezem uitstortte en waarschijnlijk toen voor het eerst den arm, dien hij tegenwoordig naar Europa uitzendt, vormde, niet in verband met den zuidwesten wind dien waterdamp vervoeren en op het van ijs starende Europa neerslaan?

De warmte kan door het vervoer over den Oceaan eigenlijk niet verloren gaan, al slaat ook onderweg veel regen neêr; de vrij wordende warmte moet altijd weêr waterdamp oplossen en de luchtstroom moet met waterdamp verzadigd blijven. Nemen wij eens aan, dat de vulkanische uitbarsting tijdens het bestaan van den ijstijd in Europa plaats had; het gevolg van de uitbarsting der vulkanen moest dan zijn, dat eene ongehoorde regenmassa zich over Europa uitstortte. De daardoor vrij geworden warmte kwam weêr aan de ijssmelting ten goede, tot dat zij meerendeels daarvoor besteed was. Hiermede stemt overeen, dat de kracht in Europa werd uitgeput; daar in Azië, oostelijk van het Uralgebergte, het phomeen niet meer te bespeuren is, zoo als reeds boven werd vermeld.

Oostelijk van de Ural bestond ook geen glaciaal-periode; want het is waarschijnlijk, dat dezelfde oorzaak, waardoor gedurende de vulkanische uitbarsting de ijstijd onderging, d. i.

(1) Die Vulkane in Mexico in Zeitschrift für allgemeine Erdkunde. Bd. 4, 5 en 6.

(2) Zie NAUMANN, Lehrbuch der Geogn.

de vochtige westewind, vóór die catastrofe de ophooping van ijs heeft doen ontstaan en al de waterdamp in Europa als ijs heeft neêrgeslagen.

Was het ijs door eene kosmische oorzaak ontstaan en verdwenen, dan zou dit niet te begrijpen zijn.

Het verdient ook opmerking, dat het glaciële en diluviale phenomeen (dat van het oosten van Noord-Amerika er onder begrepen), onder het bereik van den aequatorialen windstroom gelegen is.

Vergelijkt men dit op de windkaart in STIELERS Atlas en de kaart van den ijstijd, bijv. op die van J. QUAGLIO, dan ziet men, dat de ruimten van de ijsperiode en den heerschenden Atlantischen wind genoegzaam op elkander sluiten. Die windstroom matigt tegenwoordig zelfs het klimaat in het oosten van Noord-Amerika, omdat hij door den golfstroom verwarmd wordt. Het is waarschijnlijk, dat de ondergang van den ijstijd in de zomermaanden gebeurde, waarvoor wij straks nog eene bijzondere reden zullen leeren kennen. Wanneer men nu ziet, hoe somtijds door eene enkele stortbui de rivieren opzwellen en hoe een enkele voorjaarsregen eene sneeuwlaag als in een oogwenk doet verdwijnen, dan begrijpt men, wat het gevolg moest zijn, wanneer het één à twee maanden aan een stuk regende.

Nemen wij ook slechts voor de temperatuur van den regen onze gemiddelde zomertemperatuur van 18° C, dan was die voldoende, om het ijs tot smelten te brengen.

De temperatuur van gletscherijs is althans aan de uiteinden der gletschers slechts nul graden, daar gletschers reeds in toestand van smelten verkeerden.

Terwijl door regen en ijssmelting de rivieren gingen wassen, het meer in Zwitserland uit zijne oevers trad en in het noorden het pakijs los kwam, zoo moest ook de zeespiegel rijzen; de gletschers gingen echter in het noorden van Europa tot aan de zee. Door het rijzen van den zeespiegel werden zij opgelicht, en gletschers zoo groot als provinciën stortten in zee en verplaatsten $\frac{1}{10}$ van hun eigen volum van het water, en dit nederstorten van ijs in het water had in het noorden plaats met geheele gebergten van pakijs, waardoor de zeespiegel nog meer moest rijzen. De menschelijke voorstelling is niet toereikend, om zich een denkbeeld te maken van de ijsmassa, die in het noorden gedurende de glacialperiode was verzameld.

Men behoeft niet aan te nemen, dat de hoogste waterstand van tweehonderd meters langen tijd heeft aangehouden; al had die slechts een dag, ja slechts één uur geduurd, dan was die voldoende, om ijsschollen met erratische blokken, waarmede de zee bedekt was, op hoogten, boven het water uitstekende, te doen aanlanden. Eveneens is het licht te begrijpen, dat de in het noorden losrakende zeer groote ijsmassa's tegen de kusten van Noorwegen werden gedrongen en daar strepen in het gesteente geschuurd hebben.

De watermassa's konden niet zoo gauw afvloeien. De uit het zuiden van de Alpen en Zuid-Duitsche gebergten komende watermassa's ontmoetten die van het noorden in de streek van het Noord-Europeesch vlak, waarvan nog heden de Baltische landrug getuigt; de stroom moest naar het westen uitwijken en stuwde het water in de Noordzee op, al bestond ook reeds het Engelschkanaal, wat wegens de tertiaire lagen, daarin voorkomende, waarschijnlijk is.

Nemen wij eens aan, dat in den Atlantischen Oceaan op den 50sten breedtegraad de zeespiegel gelijk 200 M. was en onder den evenaar nul, dan maakt dit per kilometer een verhang van 3.6 centimeter, dat is slechts een derde van het verhang van onze groote rivieren. Daarbij werkten de kracht van den golfstroom en den wind nog tegen. Men kan dus niet aannemen, dat de snelheid van afvoer der watermassa zeer groot is geweest.

Stellen wij eens, dat de snelheid van afvoer gemiddeld $\frac{1}{3}$ M. per sec. was geweest, dan vindt men, dat, om van 200 M. tot 0 te dalen, een tijd van 192 dagen noodig zoude zijn.

Het is zonderling, dat de sporen van het diluviale phenomeen nog zoo versch vóór ons

liggen, dat zij tot de jongste geologische periode moeten gerekend worden, die de geschiedenis van de aarde heeft te boek te stellen en onwillekeurig worden wij hier aan de traditie herinnerd, dat nog een ooggetuige dit phenomeen heeft bijgewoond.

In Gen. VII van den Staten-Bijbel leest men:

- » 12. Ende een plasregen was op de aerde veertigh dagen ende veertigh nachten.
- » 17. Ende de wateren vermeerderden ende hieven de arcke op, zoodat ze oprees boven de aerde.
- » 21. Ende alle vleesch dat zich op de aerde roerde, gaf den geest.
- » 24. Ende de wateren hadden d'overhant boven d'aerde hondert en vijftig dagen."

VIII:

- » 4. Ende de arcke rusten de in de zevende maent op den zeventienden dagh op de bergen van Ararat.
- » 13. Ende het geschiedde in het zeshondert en eerste jaar in de eerste maent op den eerste derzelve maent, dat de wateren droogden van boven der aerde."

Zou iemand wel kunnen gelooven, dat men zoo iets kon verzinnen? Moet men niet verbaasd staan over de juistheid, waarmede hier in korte woorden het phenomeen wordt beschreven? Wanneer wij door eene aaneenschakeling van feiten en conclusien tot een resultaat komen, hetwelk zoodanig overeenstemt met het verhaal van MOZES, dan weegt dit zwaar. (1)

Wanneer het diluvium plaats had in het zeshonderdste jaar van de Hebreuwsche tijdrekening, dan is het thans, zoo ver men die tijdrekening mag vertrouwen, rond 5000 jaren geleden, en wij hebben in de geologie een vast punt, waaraan men kan aansluiten. Wanneer NOACH in Klein-Azië leefde, dan is het zeer goed mogelijk, dat het phenomeen zich daar in de dalen nog voor een deel deed gevoelen, omdat de windstroom gedurende de catastrofe bijzonder veel waterdamp medevoerde, hoewel het voornaamste van het verschijnsel meer in het noorden en westen van Europa plaats had. Inderdaad beschrijft de Atlantische windstroom een grooten omtrek en keert over Rusland, Klein-Azië en Noord-Afrika naar den oceaan terug. Misschien heeft ook eene groote uitbarsting van de Europeesche vulkanen, tengevolge van den hoogen waterstand, even als bij den Roderberg nog iets er toe bijgedragen.

Het is vreemd, dat in den Bijbel verhaald wordt, dat de Heer NOACH waarschuwde. Men neme het voor eene symbolische spreekwijze; maar het is toch wel mogelijk, dat eene gebeurtenis er aan ten grondslag ligt. Het kan mogelijk zijn, dat een praeludium plaats had. Reeds in de grondboringen van Zeeland wees ik er op, dat de groenzand-vorming plotseling was aangeslibd. Onze groenzandlaag werd gevormd en vervolgens viel misschien de winter in; de schelpen, die wij boven het groenzand vinden, keerden nog eens terug, eer het hoofdbedrijf werd afgespeeld. Wij kunnen hierover nog niet beslissen.

Mogen sommigen van onze verklaring zeggen: » het is niet waar", of: » wij wisten het reeds lang", dat zij met den Bijbel strijdt, zal men ten minste niet kunnen zeggen. Het zou echter een misverstand zijn, wanneer men meende, dat wij aan de overeenstemming met het Bijbelsche verhaal in alle bijzonderheden het volle gewicht van een natuurkundig feit hechtten; het is meer eene subjectieve overtuiging, waarvan de feiten onafhankelijk zijn.

(1) Zie ook Rawlinson, *The five great monarchies*. I. p. 145.

en Butt. *hebd. de l'assoc. scient. de France* 1883, p. 331:

„Recit légendaire du déluge plusieurs siècles avant la naissance de Moïse qui a été trouvé récemment dans des ruines du palais de Ninivé par M. Layard."

Wij zien daaruit de bevestiging, dat de vloed door sterken regen werd ingeleid; dat hij een zoetwatervloed was en in den tijd van eenige maanden was voltooid en afge-loopen. (1)

Wij zullen thans beproeven meer in bijzonderheden na te gaan, hoe de diluviale formatie in Nederland, zoo ver zij hier in aanmerking komt, successievelijk werd aangeslibd.

Onmiddellijk vóór de diluviale catastrophe was de toestand ongeveer als volgt:

Geheel Nederland, met uitzondering van Limburg en enkele tertiaire gronden in Twente, was één breede zeeboezem. De zeespiegel stond gelijk met den tegenwoordigen. De monden van Maas en Rijn lagen in zuid-oost, ongeveer op de grenzen van het tegenwoordig Nederland. Van de riviermonden af vormde de zeebodem een hellend vlak op eene diepte, die door de onderste grenzen van ons diluvium wordt aangewezen; dus bij Gorinchem op het minst 117.5 m., bij Utrecht op 135 m., bij Amsterdam op 172.64 m. De zeeboezem was bevolkt door de Noordsche schelpfauna.

De Isotherme 0, die tegenwoordig zuidelijk van Spitsbergen loopt, ging over Nederland en Noord-Duitschland.

Noord-Duitschland was voor een groot deel eveneens zee, doch staken de Trias-, Krijt-, Wealden- en Tertiair-formatie boven water uit.

Men mag aannemen, dat alle gebergten van Europa »Firn" en gletschers bevatten en het landschap een nagenoeg polaar karakter vertoonde.

Dat sluit niet uit, dat de planten- en dierenwereld vrij sterk vertegenwoordigd was. Wij vinden in het diluvium boomstammen van coniferen en beenderen van de voorwereldlijke dieren, die door den vloed voor altijd in Europa verdelgd werden. Men kan zulke overblijfselen wegens hun voorkomen diluviaal noemen; maar eene eigenaardige diluviale fauna en flora, die op eene langdurige diluviale periode zouden wijzen, kunnen volgens onze uiteenzetting niet bestaan en zijn ook niet bekend. Het voorkomen van zeeschelpen, zoetwater-slakken en landdieren in diluviale lagen is juist wegens de verschillende geaardheid dier overblijfselen met eene catastrophe zeer goed te vereenigen.

De dalen der rivieren waren sedert onheugelijke tijden geërodeerd en met zeer groote massa's van detritus gevuld. Men moet nu van den diluvialen vloed drie perioden onderscheiden: de Ascensie, de Culminatie en de Descensie, die wel in elkander overgaan, maar die wij afzonderlijk zullen bespreken.

Toen de catastrophe door storm uit zuid-west en geweldige plasregens werd ingeleid, moesten tengevolge daarvan, ook door het loskomende en smeltende ijs, de rivieren en de zee sterk opzwellen.

Maas en Rijn begonnen nu groote massa's van detritus af te voeren; maar omdat dit gruis in eenen breeden en diepen zeeboezem werd uitgestort, kon in dien boezem geen hevige stroom ontstaan, zoodat de keien, het grove grint en de vuursteenen van de Maas aan de monden der rivieren bleven liggen, terwijl het zand zich in den boezem verspreidde; bij Gorinchem tot op 55.3 m. ÷ A.P., bij Utrecht tot op 123 m. De zee fauna werd zodoende reeds in het begin bedolven en het zeewater naar de Noordzee verdrongen.

Op de genoemde diepte ligt de grens van het kalkhoudend zand. Wanneer wij aan de onderscheiding vasthouden, dat het kalkhoudend zand bij voorkeur Maasbezinksel is, dan schijnt het, dat de Maasbezinksel in den beginne de bovenhand gehad hebben. (Zie het profiel Goes-Amsterdam.)

Misschien is dit zoo te verklaren, dat de oorzaak der catastrophe meer uit het westen kwam en het Maasgebied dus vroeger trof dan het Rijngebied.

(1) „Auch für den Geologen ist die Bibel das Buch der Bücher. Selbst Geologen unserer Zeit wollen noch jedes Wort darin vertheidigen". QUENSTEDT. Sonst und Jetzt.

Opmerkelijk is het, dat in de onderste lagen van het Maasdiluvium onder Gorinchem veel zoetwater-schelpen gevonden zijn. (1) Men begrijpt, dat wat van landslakken, enz. in het Maasgebied aanwezig was, eerst in zee gespoeld werd en vervolgens bezonk, terwijl later daarvan niets meer voorhanden was, zoodat de hoogere lagen van zoetwater-schelpen vrij zijn. Langzamerhand won het echter de Rijn boven de Maas, omdat de Rijn grooter rivier is en dus meer zand en water moest afvoeren dan de Maas.

De Rijn drong nu het Maaswater ter zijde en voerde eene groote massa wit kalkvrij zand met bruinkoolbrokjes af, den zeeboezem meer en meer met zand opvullende. Terwijl de zeeboezem opgehoogd werd, moest het Rijnwater, daar de aanvoer niet ophield, meer eene zekere stroomrichting in den boezem aannemen. Die strooming ontwikkelde zich langzamerhand in de richting naar de tegenwoordige Zuiderzee, zoodat tijdelijk zelfs eenig Maasbezinksel tot Utrecht kon komen en ook wegens de toenemende snelheid grint tot Utrecht werd vervoerd. (2)

Hoe meer echter met afnemende helling van den zeebodem de stroomrichting naar de Zuiderzee toe zich afbakende, des te meer moest daarnaast het water tot eene betrekkelijke rust komen. Het gevolg was, dat op de breedte tusschen Gorinchem, Utrecht en Amsterdam eene dikke leemlaag kon bezinken.

De oppervlakte der bezinksels kwam daardoor op de lijn Gorinchem-Utrecht-Amsterdam ten naastenbij in gelijk niveau van ± 50 m. \div A.P. te liggen, eenigszins naar Amsterdam hellende. (2) Eenige variatie in richting, snelheid en hoeveelheid van aanvoer zal daarbij wel plaats gehad hebben; maar men zou te ver gaan, als men ieder brokje klei of grint, dat hier en daar voorkomt, afzonderlijk wilde verklaren. Tot zoover strekt zich de periode uit, die wij Ascensie genoemd hebben.

Zoo geweldig als deze eerste periode van de catastrophe op zich zelve ook was, blijft zij toch ver achter bij de vreeselijke gebeurtenis, die thans plotseling plaats greep en die wij de culminatie-periode zullen noemen.

Terwijl de algemeene oorzaak der ijssmelting uit het westen voortwerkte, was eindelijk het Alpenmeer tot 1200 à 1300 m. waterhoogte gerezen, brak door zijne oevers gelijk een reusachtige cataract en stortte, door de bres in het Juragebergte, de watermassa uit in het dal, dat tusschen Schwartzwald en de Vogesen sedert lang met het gruis der bonte zandsteen-formatie was opgevuld.

De watermassa was echter zoo groot, dat zij niet even gauw, als zij aankwam, door de betrekkelijk nauwe passage, die de Rijn door het Tauuus- en Grauwwakkengebergte vormde, kon afstroomen. Een deel wendde zich dus zijdelings naar het Maingebied en vervoerde het roode zand in de richting naar Thuringen en Saksen; want in die streken wordt dit bontzanddiluvium, waarin ook de Mainzer kwartsen niet ontbreken, in ruime mate aangetroffen.

De hoofdmassa volgde echter de Rijn-straat, groote drijfzandbanken met blokken en gruis medevoerende, die tijdelijk het Rijndal en de nevendalen geheel opvulden. Dit water was troebel van slib uit het Zwitsersche tertiairmeer en Jurakalk. Die slib verspreidde zich tot groote afstanden van den hoofdstroom in het Rijngebied en moest, waar het water rustiger was, bezinken.

Ik meen, dat deze bezinksels het Rijn-löss vormen, dat in het Rijngebied zoo verspreid is; want zulk eene gelijksoortige slib bezinkt, zoo als het löss aantoon, zonder veel opeenvolgende lagen te vormen, als een geheel. Wat van organische overblijfselen, als: visschen,

(1) Zie HARTING l. c.

(2) Zie het profiel.

slakken, enz. daarin voorkwam, heeft zich later tot concretiën, zoogenaamde löss-poppen, vervormd.

Het meerendeel van al de zand- en grintmassa's moest natuurlijk in Nederland belanden en volgde de reeds aangewezen richting naar de Zuiderzee, bank op bank vooruitschuivende.

Men moet nu in aanmerking nemen, dat, gelijktijdig met den grooten aanvoer uit het gebergte, ook de zee door de in het water stortende gletschers en ijsgebergten van het noorden haar maximum van hoogte bereikte, zoodat hare oppervlakte met drijvende ijsbergen letterlijk bedekt was. Die met blokken en gruis bevrachte ijsbergen schuurden langs de kust van Noorwegen en krasten de strandlijnen in de rots; maar zij konden vooreerst het Nederlandsch grondgebied nog niet binnen dringen, omdat de hevige stroom van het Rijnwater dit tegenwerkte. Die transportschepen bleven dus eenigen tijd op de reede liggen. Op een zeker tijdstip vormde nu de diluviale Rijn gedurende den hoogsten waterstand in de buurt van Arnhem eene groote axiale bank. Tengevolge daarvan splitste zich de stroom gaffelvormig, en vervolgde zijnen weg in twee takken: de oostelijke slibde het banksysteem van de Veluwe aan, de westelijke het systeem van de Grebbe en het Gooiland.

Van de Rijn-löss-slib is niet veel in het hier besproken diluvium gebleven, hetzij dat zij door den hevigen stroom verder naar zee vervoerd is (misschien behoort een deel van de leemlaag op 52 m. onder Amsterdam tot het löss), hetzij dat het löss slechts in het begin van de culminatie-periode kwam en vervolgens door het nadringende water weer verder gevoerd is.

De keien en vuursteen, die in de eerste periode aan de monden der rivieren waren aangespoeld, werden in de tweede periode mede opgenomen en vermengden zich met den nieuwen aanvoer. Van daar dat wij in de Veluwe zooveel vuursteen van de Maas vinden, ofschoon Maaswater niet over die streek gestroomd heeft.

Wij treden nu de derde of descensie-periode in. Deze periode toont de meest samengestelde verschijnselen, is echter met voldoende zekerheid na te gaan.

Nadat de axiale bank van Arnhem en het Veluwsche terrein was aangeslibd, begon het water een weinig te dalen. Dit had tengevolge, dat de stroom op die banksystemen stuitte en zich voor den tweeden keer in twee takken splitste. Gedurende de culminatie-periode had de Rijn aan weerskanten twee laterale banksystemen gevormd, waar hij zich, als het ware tusschen twee oevers, hoewel deze nog onder water lagen, bewoog. Terwijl nu de watermassa opstuwde, werden die laterale banksystemen doorbroken. De eene tak van den stroom wendde zich noordoostelijk, in de richting van den tegenwoordigen IJssel, de andere grootere tak westelijk over het gebied van de Betuwe. Die doorbraak had zoodanig plaats, dat de laterale bank tusschen Rhenen en Nijmegen werd weggevoerd, terwijl zij van Nijmegen af en verder op de linkerzijde bleef staan. Op den rechter kant bleven de hoogten van 's Heerenberg staan, maar verder op schijnt op den rechteroever de doorbraak over eene groote breedte te hebben plaats gehad; want daar ligt het diluvium veel lager dan bij Roozendaal en 's Heerenberg. Dit gedeelte ligt echter buiten onze beschouwing. Terwijl de zandvloed nu over de geheele breedte tusschen Arnhem en Nijmegen zich westelijk wendde, werd van de bank, die wij de Arnheemsche genoemd hebben, een groot deel mede weggeslibd, zoodat de steile oever op den rechter Rijnkant van Arnhem en Wageningen en verder ontstond in de richting w. z. w. Deze stroom slibde het bontzandsysteem aan, hetwelk in de boringen n°. 59, 47 en 46 op de lijn Opheusden-Dodewaard zeer karakteristiek wordt aangetroffen en in ons profiel over Gorinchem als de doorsnede van een driezijdig prisma verschijnt, hetgeen bij Gorinchem tot 11.2 m. ÷ A. P. de zee opvulde, terwijl zuidelijk van die richting en noordelijk in de richting van Utrecht twee diepe geulen van \pm 40 m. overbleven.

Zoodra de Rijn de westelijke richting insloeg, hield natuurlijk de stroom over het gebied van de Veluwe, de Geldersche valei en het Gooiland op. Onmiddellijk begon nu ook de invasie van de ijsbergen met noordsche gesteenten over dit terrein.

Dit vooronderstelt dus eene tegenovergestelde stroomrichting. Die strooming was wel niet hevig, maar meer eene langzame drift, want het water drong nog altijd uit het noorden en noord-oosten voor.

Door deze ijsdrift is ook het terrein niet veel meer vervormd, maar de blokken en het gruis werden, toen vervolgens met afgaand water de ijsschotsen vastraakten en smolten, op de oppervlakte of op eene geringe diepte neer geworpen.

De afkomst van het erratisch materieel is nog niet met zekerheid uitgemaakt. Wij vinden bij STARRING de opmerking: » De opzettelijke vergelijking van de Nederlandsche gneisssoorten en Plutonische gesteenten met die van Noorwegen door de heeren KEILHAU EN HÖRBIJE te Christiania, heeft voldingend geleerd, dat geen enkel stuk van daar afkomstig is." (Bodem v. Ned. pag. 102.) In elk geval is nog een speciaal onderzoek omtrent de erratische gesteenten in de Veluwe noodzakelijk.

De blokken, die nog voorhanden zijn, toonen meestal sporen van gletscher-werking, zoo als afgeslepen vlakken, krassen en zelfs uithollingen, wat ook licht te begrijpen is, daar zij van gletschers afkomstig zijn. Toen die gletschers in het noorden van Frankrijk, Schotland en Skandinavië, welke laatste wel somtijds duizenden meters hooggelegen hadden, los kwamen, stortten zeker door de bergstroomen groote massa's gruis er op neder, zoodat zij veelal geheel met scherpe en ronde keien en blokken vol geladen waren, want de hoeveelheid van dit erratische gruis is zeer aanzienlijk. Ook is het zeer ongelijk verdeeld en ontbreekt veelal geheel; de verspreiding dient nog nauwkeuriger onderzocht te worden. Het erratische materiaal is meestal met zand vermengd; het eigenlijke geschiebeen, dat in Noord-Duitschland zoo veel voorkomt, schijnt in dit Rijn-systeem te ontbreken. Waar echter het IJsel-systeem begint, aan de uiteinden bij Hattum bijv., en vooral de oostelijke hellingen der Veluwe, daar vindt men kalkhoudende leembeddingen; zelfs tot Hoog-Soeren is eene kalkhoudende leembedding doorgedrongen (zie STARRING: Bodem van Nederland).

Keeren wij nu nog eens tot onze rivieren terug. De Rijnstroom verminderde meer en meer van kracht en begon zich weder met Maaswater te vermengen. Gedurende deze periode heeft zich echter in de geul over Utrecht in de richting van den tegenwoordigen Krommen Rijn nog eene vrij hevige strooming ontwikkeld; want zooals ons profiel aanwijst, is daar, behalve de met Maasbezinksel vermengde kalkhoudende zandlaag, nog eene zware grintlaag afgezet.

Tot deze sterke strooming gaf voor een deel de vorm van de geul zelf aanleiding, voor een ander deel moest de snelheid nog eens toenemen, omdat de zeespiegel meer en meer tot zijn normaal niveau terugkeerde en het verhang dus grooter werd. Zuidelijk van Gorinchem, in de richting naar Zeeland, werd de geul met meer zuiver Maaszand opgevuld, dat zich daar in het breede, naar zee toe, verspreidde, en zich meer of min met Scheldesand vermengde.

Onder het laatste bedrijf is over de Betuwe dan eens Rijnwater, dan eens Maaswater en beide vermengd gestroomd, zooals de afwisselende, kalkvrije en kalkhoudende lagen aantoonen. Juist de afwisseling bewijst, dat de kalkvrije lagen niet door latere uitwassching, ofschoon die eenigszins mag medegewerkt hebben, ontstaan zijn, maar dat zij voor eene primitieve aanslibbing moeten gehouden worden.

De diluviale stroom, in westelijke richting over de Betuwe, slibde de grintlaag aan, die wij in ons profiel zien. De snelheid overtrof reeds niet meer die van onze tegenwoordige