

VIII 3. Geldersche Vallei.

Na de behandeling der stroomgebieden aan de noordelijke rand van de Veluwe zullen hier de eveneens in bijlage XVI aangegeven terreinen V, VI, VII en VIII besproken worden. De opmerking kan gemaakt worden, dat deze gebieden ten deele tot de Veluwe of tot de Utrechtsche heuvelrug behooren. Dat zij zijn samengevat onder de naam "Geldersche Vallei" vindt zijn oorzaak hierin, dat uit de hydrologische gesteldheid dezer stroomgebieden kan worden afgeleid, welke ondergrondse afstroming uit de Geldersche Vallei in het IJsselmeer plaats vindt, een grootheid, die voor het doel dezer studie van veel belang is. Deze afstroming is reeds vroeger ter sprake gekomen; in het bijzonder kan verwezen worden naar het reeds meermalen genoemde "Rapport-Plannen Kuipers" (lit. 26). Met de conclusie daar uitgesproken, dat "slechts een betrekkelijk kleine hoeveelheid water ondergronds in den mond van de Geldersche Vallei naar de Zuiderzee afvloeit" wordt dezerzijds ingestemd; uit het voorgaande moge reeds gebleken zijn, hoe gecompliceerd de situatie is, vooral in het oostelijk deel.

Zooals de bespreking van het Veluwe-gebied begonnen is met het beschouwen van stroomgebied III, zoo zal hier het stroomgebied van de Barneveldsche beken (VI) het eerst in oogenschouw worden genomen. Van dit stroomgebied zijn de meeste gegevens voorhanden, het is dan ook reeds meerdere malen bestudeerd (lit. 9 en 16) en ook hier lijkt de geotechnische bouw eenvoudiger dan in de naburige stroomgebieden V en VII.

De grens van het stroomgebied der Barneveldsche beken, d.w.z. de begrenzing der terreinen, die hierop afwateren, is aan de hand der plaatselijke situatie vrij eenvoudig vast te stellen. In bijlage XVI is deze grens door een streep-stippellijn weergegeven. Deze en de scheiding tusschen de gebieden met zichtbare en onzichtbare afwatering zijn ontleend aan het rapport inzake de afwatering der Geldersche Vallei (lit. 29) en vallen practisch samen met de door de commissie-van Dissel gegeven begrenzingen. Zij zijn echter niet bruikbaar, wanneer men een verband wil leggen tusschen denbovengrondschenen ondergrondse waterafvoer, daar laatstgenoemde steeds loodrecht op de isohypsen verloopt. De grenzen van het hier te bespreken "stroomgebied VI" zijn - onder voldoen aan deze voorwaarde - zò gekozen, dat zij nagenoeg hetzelfde oppervlak omsluiten als de bovengenoemde stroomgebiedgrenzen. Daar de naburige gebieden noch geologisch noch hydrografisch van het onderhavige verschillen lijkt dit een aanvaardbare benadering.

Ten aanzien van de vaststelling van de grens van het kwelgebied kan het volgende worden opgemerkt. In het zuid-

lijk deel bij Otterlo valt deze ongetwijfeld praktisch samen met de grens van het gebied met zichtbare afwatering. Dit bewijzen de stijghoogtebepalingen in het naburige Harskamp, waar het diepe grondwater boven den grondwaterstand stijgt. Bovendien reiken tot hier de verste uitloopers van de Grootte Valksche beek.

Tabel 22.

PEILINGEN BOERDERIJ "HARSKAMP" TE HARSKAMP.

no in bij- lage	diepte put resp. filter	maai- veld	waarnemingsperiode	aan- tal pei- lingen	gem. stijg- hoogte t.o.v. N.A.P.
179	7,65 -	21,90 +	23-5-'27/10-10-'28	22	21,28 +
180	8,75 -	21,00 +	23-5-'27/10-10-'28	25	21,54 +

In het noorden is de vaststelling moeilijker bij gebrek aan een gedetailleerde terreinverkenning. Aangenomen zijn derhalve twee tracé's a en b. Het eerste (infiltratiegebied a) valt samen met de grens van zichtbare afwatering; het tweede (infiltratiegebied b) loopt tot nabij Voorthuizen. Een nog westelijker ligging leek niet aannemelijk.

Met een nuttig neerslag van 300 à 350 mm/jaar komt men tot de volgende waarden voor de voeding van het grondwater: infiltratiegebied a (11 600 ha): 9,5 à 11,1 x 10⁴ m³/etm;
" b (13 500 ha): 11,1 à 13,0 x 10⁴ m³/etm.
Per strekkende meter langs de isohypsen dus 10 à 13 m³/etm.

Men beschouwe nu den ondergrondse en bovengrondse afvoer van dit stroomgebied nabij Amersfoort (aangegeven door een stippellijn bij punt E in bijlage XVI). Het opgewelde water brengt in punt E volgens V 5 een bovengrondse afvoer teweeg van 0,9 m³/sec of 7,8 x 10⁴ m³/etm. Naar een mededeeling van de commissie van Dissel moet een onzekerheid van 10% hierin zeker mogelijk worden geacht. Echter is dit niet de totale bovengrondse afstroming van het gebied, daar de afvoer van de Modder- en de Moorserbeek hierin niet begrepen is. Uit een enkele meting, verricht in de droge periode October 1943 bleek, dat deze afvoer evenredig met het oppervlak van het stroomgebied kan worden aangenomen¹⁾. Brengt men dit in rekening, dan komt men - de onzekerheid in aanmerking nemende - tot een totale bovengrondse afvoer van 9 à 10 x 10⁴ m³/etm. Uit deze cijfers blijkt, dat het grootste deel van de voeding van dit stroomgebied tenslotte bovengronds wordt afgevoerd. Voor de bepaling van het kleine resterende deel, dat ondergronds wordt afgevoerd, zijn deze cijfers niet geschikt, daar dit deel gevonden zou worden als verschil tusschen twee nagenoeg ge-

¹⁾. Dat van de Modder- en Moorserbeek is 4 100 ha, van de Barneveldsche beken 17 500 (b) à 19 400 ha (a).

lijke waarden, die elk een belangrijke onzekerheid vertoonen. Uit de gemiddelden zou volgen, dat deze ondergrondse afvoer zou bedragen $1 \text{ à } 2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{etm}$.

Uit het algemeen verloop der isohypsen ter plaatse volgt een verhang van $1/3500$, zoodat, gezien de breedte van 5600 m van het doorstromingsprofiel, voor dezen ondergrondse afvoer zou volgen: $1/3500 \times 4000 \text{ à } 6000 \times 5600 = 0,6 \text{ à } 1,0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{etm}$.

Deze cijfers verdienen meer vertrouwen dan de bovengenoemde en zullen daarom aangehouden worden. De afvoeren van het Barneveldsche bekensysteem zijn echter behandeld, omdat zij aansluiten bij de bespreking van de kwel in andere randgebieden en omdat zij duidelijk aantoonen de overheerschende beteekenis van den bovengrondse afvoer. Omgerekend op de grootte van het infiltratiegebied wordt hier ca. 90% van den nuttigen neerslag bovengronds afgevoerd ').

Het is nu ook mogelijk te taxeeren de sterkte van den ondergrondse stroom in dit gebied van de Geldersche Vallei naar het IJsselmeer. Bij punt E is deze stroom $1,1 \text{ à } 1,7 \text{ m}^3/\text{m}' \text{ etm}$. Noordwaarts neemt de breedte van het stroomgebied nog af, daarbij komen de isohypsen op nog groter afstand (aan de kust heerscht nog een zekere overdruk). Dit in aanmerking nemende lijkt de afvoer bij de kustlijn aangenomen te kunnen worden op $0,5 \text{ à } 1,0 \text{ m}^3/\text{m}' \text{ etm}$.

Er is nog een andere reden, waarom het stroomgebied van de Barneveldsche beken zoo uitvoerig besproken is. Men kan hiermede een inzicht krijgen in den weerstand der Eemlagen, die in de hydrologie van het zuidelijk randgebied zoo'n belangrijke rol spelen.

De overdruk t.o.v. het ondiepere grondwater, gemiddeld over de oppervlakte van het stroomgebied, blijkt bij vergelijking van isohypsen en hoogtelijnen aangenomen te kunnen worden op $1 \text{ à } 1\frac{1}{2} \text{ m}$. Deze is het grootste in het westen en neemt af tot nul bij de grens van het kwelgebied. Enkele gegevens van putten in Barneveld zijn verzameld in onderstaande tabel; de gemiddelde overdruk t.o.v. het maaiveld is hier $0,31 \text{ cm}$.

'). Dat de commissie-van Dissel tot een bedrag komt van ca. 50% (blz 67), vindt zijn oorzaak - zooals zij zelf reeds vermeldt - in een te groote aanname van het infiltratiegebied ($26\ 700 \text{ ha}$). Dit is namelijk bepaald uit de topografische hoogtelijnen.

Tabel 23.

GEBORDE BRANDPUTTEN KOM VAN BARNEVELD.

no in bij- lage	diepte filter in m t.o.v. N.A.P.	maai- veld	waarnemingsperiode	aan- tal pei- lingen	gem. stijg- hoogte
174	28,78-	10,50+	5-4-'27/28-8-'28	16	10,90
175	29,72-	9,50+	" "	16	9,25
176	31,85-	9,60+	" "	16	10,33
177	29,26-	9,50+	" "	16	10,06
178	24,52-	8,80+	" "	16	8,91

De gemiddelde kwel bedraagt:

$$\frac{7,8 \times 10^4}{17\ 500 \text{ à } 19\ 400 \times 10^4} = 0,0004 \text{ à } 0,00045 \text{ m/etm} =$$

$$= 0,4 \text{ à } 0,45 \text{ mm/etm.}$$

Bij een overdruk van 1 à $1\frac{1}{2}$ m komt dit neer op een weerstand c:

$$\frac{1,0 \text{ à } 1,5}{0,000425} = 2400 \text{ à } 3500 \text{ etm.}$$

Deze waarde lijkt laag voor een zoo machtige marine kleilaag als het II 8' in de Geldersche Vallei. Men bedenke evenwel, dat een aanzienlijk deel van de doorlatendheid toe te schrijven is aan de nortonputten, zoodat voor de ongestoorde kleilaag het cijfer waarschijnlijk veel hooger ligt. Bij een geo-hydrologisch onderzoek van Marken en omgeving bleek, dat de weerstand der afdekkende lagen tengevolge van de perforatie door gasbronnen daalde tot $1/10$ à $1/20$ van zijn oorspronkelijke waarde. Gezien de naar verhouding mindere opbrengst zal de teruggang hier niet zoo sterk zijn, maar een belangrijke afname is zeer waarschijnlijk.

Stroomgebied V.

De hydrologische toestand in den mond der Geldersche Vallei wordt mede bepaald door de voeding, kwel en ondergrondse afstroming van stroomgebied V. Zoowel de geotechnische bouw als de waterstaatkundige inrichting zijn vrij gecompliceerd. Het eerste is gebleken bij de geologische inleiding en bij de bespreking van stroomgebied IV, terwijl de waterstaatkundige toestand van het kwelgebied ingewikkelder is dan elders, daar het hier bestaat uit laaggelegen polders, door dijken van het IJsselmeer afgescheiden, welke deels natuurlijk door uitwateringssluizen

deels door gemalen op het IJsselmeer loozen (vergelijk het poldergebied ten noorden van Elburg). Indien in dergelijke polders de kwel klein is, maalt men in droge tijden niet steeds door, maar laat een kleine stijging toe van het polderpeil. Het is daarom de vraag, of de afvoermetingen, verricht in Maart 1943 op enkele punten waar natuurlijke loozing optrad (V 5) wel de kwel in deze streek aangeven. Men zou van de diverse polders nauwkeurig den waterbalans moeten kennen en hiervan is dezerzijds geen sprake.

Aangaande den algemeenen vorm van het stroomgebied valt op te merken, dat het infiltratiegebied vrij klein is (4 600 ha), het kwelgebied daarentegen vrij groot (9 300 ha); bovendien verwijdt het stroomgebied zich buitenwaarts sterk, zoodat de per eenheid van kustlengte in het IJsselmeer ondergronds afstromende hoeveelheid wel gering zal zijn.

Over een lengte van ca 7 km langs de kust is van opkwalling van deze hoeveelheid in den bodem van het IJsselmeer geen spoor te vinden. Zeer waarschijnlijk echter is de opkwalling benoorden het nulgebied uit dit stroomgebied afkomstig, hetgeen een hoeveelheid van ca $0,47 \times 10^4 \text{ m}^3$ per etmaal zou kunnen beteekenen (zie stroomgebied IV). Daarnaast kan men zich voorstellen, dat een deel van het water uit dit stroomgebied opkwelt bij Nulde aan de kust of nabij Spakenburg. Een gezamenlijke ondergrondse afvoer van meer dan 1 à 2 m^3 per etmaal is uitgesloten. Over de 11 km lange kust (gemeten volgens de isochypsen) beteekent dit een ondergrondse afvoer, die hoogstens $1\frac{1}{2}$ à 2 $\text{m}^3/\text{m}'\text{etm}$ is.

Deze waarde is niet in strijd met wat uit het verhang van het diepe grondwater zou volgen. Dit is vrij sterk in het noordelijk deel van V, aangegeven door V', flauw daarentegen in het zuidelijk deel (V"). Stelt men in V" $\text{kH} = 4\ 000 \text{ m}^2/\text{etm}$ (het watervoerende pakket begint eerst onder de Eemlagen), dan komt men tot ca 1,0 $\text{m}^3/\text{m}'\text{etm}$. In V' is het verhang veel grooter n.l. ongeveer 1 : 1250 en zou men tot een sterkere afstroming besluiten. Echter is hier het watervoerende pakket in nog veel sterker mate samengeknepen dan in V". De onderkant van de ondoorlatende geulopvulling reikt hier tot ongeveer 100 m - N.A.P., zoodat de hoogte van het watervoerende pakket 100 à 150 m minder is dan onder de Veluwe. Hier lijkt een kH -waarde van 2000 à 3000 m^2/etm en (door de fijnheid van het resteerende pakket) nog lager mogelijk. Dit zou een afstroming van $1/1250 \times 2000$ à 3000 = 1,6 à 2,4 $\text{m}^3/\text{m}'\text{etm}$ beteekenen, hetgeen bevredigend bij genoemde waarden aansluit.

Een poging deze afstroming uit de waterbalans van het draineerende gebied vast te stellen, stuit op de naar verhouding ingewikkelde inrichting hiervan.

De grootte van het infiltratiegebied (de grens met het draineerende gebied is globaal vastgesteld uit een terreinverkenning) is 4600 ha. Met een nuttigen neerslag van 300 à 350 mm/jaar en rekening houdende met een onzekerheid van 10 à 20% in de grootte van het oppervlak komt men tot een voeding van 3 à 5 $\times 10^4 \text{ m}^3/\text{etm}$. Daar hiervan 2 à

$4 \times 10^4 \text{ m}^3$ in de polders zou opkwellen per etmaal, zou de kwel hierin $2 \text{ à } 4 \times 10^4 / 9390 \times 10^4 = 0,22 \text{ à } 0,43 \text{ mm/etm}$ zijn, wat gering is, vergeleken met de kwel in de stroomgebieden II, III en IV. Een dergelijke hoeveelheid kan geruimen tijd als een kleine stijging van het polderpeil geborgen worden.

Uit de waargenomen afvoeren van Schuitenbeek ($0,13 \text{ m}^3/\text{sec}$) en Laak ($0,063 \text{ m}^3/\text{sec}$) in Maart 1943 kan men concludereen, dat van deze hoeveelheid nog $1 \text{ à } 2 \times 10^4 \text{ m}^3$ per etmaal zichtbaar bovengronds afstroomde, zoodat de geborgen hoeveelheid nog geringer was dan boven afgeleid.

Bovenstaande redeneering overziende, moet geconcludeerd worden, dat de ondergrondse afstroming uit de Geldersche vallei in het IJsselmeer niet exact kan worden bepaald. De opkwellingsverschijnselen in het IJsselmeer, de verhangen van de isohypsen en - tot op zekere hoogte - de waterbalans van het draineerende gebied maken het waarschijnlijk, dat het hier om een bedrag gaat van hoogstens $1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ etm}$.

Stroomgebieden VII en VIII.

Na de vrij uitvoerige bespreking van stroomgebied VI kan wat den hydrologischen toestand van VII en VIII betreft met enkele opmerkingen worden volstaan.

Hoewel genoemde gebieden op vrij grooten afstand van het IJsselmeer liggen en slechts van weinig belang hiervoor zijn, dienen zij toch in oogenschouw te worden genomen bij een geo-hydrologische studie; de isohypsen in dit gebied verlopen zoodanig, dat een waterdeeltje even ten noorden van Wageningen in het diepe grondwater gerakend, het IJsselmeer kan bereiken.

Overigens is de ondergrondse afstroming der infiltratiegebieden naar het IJsselmeer zeker niet van belang: evenals bij VI wijzen hierop duidelijk de naar het noorden steeds grooter wordende afstand der isohypsen en het eveneens naar het noorden steeds kleinere profiel, dat voor ondergrondse afvoer beschikbaar is, bij VII en VIII wordt dit zelfs praktisch nul. Men kan aannemen, dat de nuttige neerslag van de infiltratiegebieden geheel bovengronds wordt afgevoerd.

Een globale contrôle, zooals bij de Barneveldsche beken mogelijk was, stuit hier op onvoldoende afvoerwaarnemingen. De afvoeren in de Luntersche beek bij de Fliert (F in bijlage XVI) hebben betrekking op een te klein gebied om conclusies mogelijk te maken, bovendien liggen zij niet voldoende ver stroomafwaarts: de isohypsen ter plaatse toonen aan, dat de grondwaterstroom daar nog niet is uitgeput, zooals ook een vergelijking van den vrij kleinsten minimalen beekafvoer ($0,05 \text{ m}^3/\text{sec}$) met de vermoedelijke grootte van het bijbehorende infiltratiegebied doet zien.

Zooals opgemerkt doen echter de vorm van isohypsen en stroomgebiedgrenzen tusschen Scherpenzeel en Amersfoort

- evenals bij de Barneveldsche beek - wel zien, dat van hier uit practisch geen ondergrondsche afstrooming naar het IJsselmeer optreedt.

Dit geldt evenzeer voor stroomgebied VIII. Bovendien valt hier op de geringe grootte van het infiltratiegebied: de Utrechtse-Geldersche heuvelrug is smal, vergeleken met de Veluwe. Daarmee vergeleken is het kwelgebied zeer groot. Hierop duiden ook de isohypsen, die in het geheele gebied op grooten afstand van elkaar liggen. Dat onder die omstandigheden vrijwel niets ondergronds het IJsselmeer zal bereiken ligt voor de hand.

VIII 4. Gooi.

Stroomgebieden IX en X.

Bij geen enkele der tot dusver behandelde stroomgebieden treedt in zoo sterke mate naar voren de invloed van den mensch als geologische en hydrologische factor als dit in de Gooistreek het geval is. Reeds in de inleiding tot dit hoofdstuk is hierop gewezen.

In concreto dienen blijkbaar twee hydrologische toestanden beschouwd te worden:

- a. de tegenwoordige, gekenmerkt door de onttrekking van drinkwater en het voorkomen van de diepe en ondiepe polders tusschen Vecht en Gooi;
- b. de vroegere, dus vóór deze hydrologische veranderingen.

Van toestand a staan ter beschikking de stijghoogten van het gebied en de waterbalans van bepaalde deelen daarvan. Van de afstroming naar het IJsselmeer, te beginnen van de kust af, is evenwel niets bekend. De kwelsnelheden, gemeten in het IJsselmeer hebben immers grootendeels op toestand b betrekking. Zij mogen niet zonder meer met a in verband worden gebracht.

Ten aanzien van een verdere verwerking dezer heterogene gegevens dient het tweeledige doel dezer studie voor oogen worden gehouden. Eenerzijds ging het om de waterbeweging van de hooge infiltratiegebieden naar het IJsselmeer in den huidige toestand, anderzijds was doel het verzamelen van geotechnische gegevens, zooals weerstand afdekkende en diepere lagen, vooral onder het IJsselmeer. Voor dit laatste vormen de kwelsnelheden het belangrijkste gegeven. Het is dus noodzakelijk ook toestand b te beschouwen.

Bij de reconstructie hiervan zou men kunnen uitgaan van het tegenwoordige isohypsenbeeld en door wegneming van de drinkwateronttrekking en de diepe en ondiepe polders aan de westzijde de "oorspronkelijke" toestand terugvinden. Deze methode stuit op groote moeilijkheden, voornamelijk ten gevolge van de onbekendheid met den geotechnischen bouw der grensgebieden van het Gooi. Bij het

doorvoeren zou men derhalve niet meer dan een voorstelling verkrijgen, die de algemeene trekken aangeeft.

Een dergelijke doelstelling bereikt men even goed door een veel eenvoudiger weg te bewandelen, n.l. het ontwerpen van den vroegeren toestand uit de topografische begrenzing van het infiltratiegebied en den nuttigen neerslag. Blijkt nu, dat de tegenwoordige toestand hieruit bevredigend is te verklaren door het aanbrengen van de twee in den aanhef genoemde hydrologische veranderingen, dan is het ontwerp van den vroegeren toestand aanvaardbaar te achten.

a. Oorspronkelijke toestand.

Het Gooi, voorzoover van belang, kan, met uitzondering van het deel bij het IJsselmeer, geschematiseerd worden tot een strookvormig gebied met een breedte van ca. 2×4250 m. De as loopt ongeveer NtE - StW. In bijlage XVI is dit gebied in geel aangegeven.

Het valt onmiddellijk op, dat deze as, die dus de voormalige waterscheiding aangeeft, zich goed aansluit bij het beeld der kwelsnelheden, in tegenstelling tot de tegenwoordige waterscheiding, die een duidelijk excentrische ligging vertoont.

Het deel in het noorden, dat de afstroming naar het IJsselmeer bepaalt, is minder eenvoudig te schematiseren. Men zou dit kunnen voorstellen door een halve cirkel met straal $R = 4250$ m, aansluitende op bovengenoemde strook (\sphericalangle). Ook kan men zich indenken, dat de afstroming in noordwaartsche richting beheerscht wordt door den nuttigen neerslag op een strook, diep van NtE naar StW b.v. 3000 m (). Bij een nuttigen neerslag van 300 à 350 mm/jaar komt men tot de volgende waarden voor de afstroming:

1. in oostelijke en westelijke richting:

$$\frac{0,3 \text{ à } 0,35}{365,25} \times 4250 = 3,5 \text{ à } 4,1.$$

2. in noordelijke richting:

$$\times \frac{1}{2} \times \frac{0,3 \text{ à } 0,35}{365,25} \times 4250 = 1,75 \text{ à } 2,04$$

$$\approx \frac{0,3 \text{ à } 0,35}{365,25} \times 3000 = 2,47 \text{ à } 2,88,$$

dus globaal 2 à 3 m³/m' etm.

Men kan rekenen, dat voor een 3 à 4 km lange strook ongeveer 2 km bewesten Huizen, dit ook de hoeveelheid voorstelt, die destijds onder den IJsselmeerbodem toestroomde. Aan weerszijden hiervan treft men lagere terreinen aan (meentgronden en polders bij Naarden) waar mogelijk opkwalling heeft bestaan, zoodat ter plaatse de naar het IJsselmeer afvloeiende hoeveelheid veel minder kan zijn.

Voor de bepaling van den weerstand der afdekkende lagen kan nu naast de kwelsnelheden in het IJsselmeer de afstroomende hoeveelheid als bekend worden beschouwd. Niet gegeven is de overdruk aan de kust, zoodat, vergeleken met de probleemstelling bij stroomgebied III, ditmaal deze waarde, naast den weerstand der afdekkende lagen, als onbekende optreedt.

De waargenomen kwelsnelheden in den IJsselmeerbodem wijzen ook hier op een vrij regelmatig bouw der afsluitende lagen, indien althans in aanmerking wordt genomen, dat hier de afstroming in veel mindere mate dan bij stroomgebied III als twee-dimensionaal kan worden beschouwd. Bovendien is hier te rekenen met de vermoedelijke aanwezigheid van in sterke mate afsluitende plistoene lagen in het oosten, terwijl het kwelgebied in het westen geleidelijk over gaat in de invloedssfeer van de diepe droogmakerijen in Noordholland : In een hierop betrekking hebbende studie (lit. 43) is aangetoond, dat over een vrij groot gebied om Marken de weerstand van het Holoceen (vnl. een dunnen band I ov) zeer groot zijn moet: ca 10 000 à 15 000 etm. Het is mogelijk, dat de ombuiging in noordoostelijke richting van de 0,005 en de 0,01 m/jaar lijnen hiermede samenhangt.

Overigens wijst de groote afstand tusschen de lijnen van 0,01 en 0,02 m/jaar eveneens op een vrij hooge c-waarde: men kan zich deze verspreiding moeilijk voorstellen zonder een weerstand van 4000 à 6000 etmalen. Deze waarde is veel grooter dan langs de Veluwe op dezelfde afstand uit de kust en sluit meer aan bij de waarden, gevonden voor de lagen benoorden het nulgebied.

Een vergelijking met de z.g. relatieve weerstandscijfers (bijlage VIII) maakt deze conclusie volkomen aannemelijk: de twee genoemde gebieden liggen juist daar, waar volgens deze cijfers de afsluitende werking van het Holoceen het sterkst zou zijn (inschakeling van het hier sterke kleihoudende Oud-Holoceen I o en de Jong-Holocene oude zeeklei I 3 k.').

De geotechnische gegevens wijzen hier zeer duidelijk op het bestaan van een meer doorlatende strook langs de kust. Deze is smaller dan elders (ca. 1000 m) en gaat vrij plotseling in de meer afsluitende lagen over. Echter niet in weerstanden van 4000 à 6000 etm.; de lijnen van 0,04 en 0,02 m/jaar wijzen op ca. 2000 m breede strook met een weerstand van ongeveer 1000 etm.

Een exacte berekening, zooals bij stroomgebied III toegepast stuit op het niet geheel één-dimensionaal zijn van de afstroming en heeft daardoor een meer benaderend karakter.

Daarbij krijgt men - aannemende, dat $\epsilon_2 = 2 \text{ à } 3 \text{ m}^3$ per m' etm - aansluiting aan de waargenomen snelheden, wanneer de weerstand der meer doorlatende strook aangenomen

'). De zeer groote weerstand in het gebied om Marken blijkt niet uit de relatieve weerstandscijfers, daar dit is toe te schrijven aan de bijzondere gesteldheid van het I ov.

wordt op 200 à 300 etm. De overdruk aan de kust moet 0,5 à 0,7 m zijn geweest.

b. Huidige toestand.

Thans overgaande tot de vraag hoe de huidige toestand zich uit de hierboven beschreven heeft ontwikkeld en in het bijzonder, welke veranderingen zich daarbij voltrokken hebben voor de afstroming naar het IJsselmeer, dienen de beide in de laatste eeuwen opgetreden veranderingen zoo mogelijk quantitatief te worden nagegaan. Hiertoe zullen eerst eenige opmerkingen betreffende den huidige toestand worden gemaakt.

Wat de wateronttrekking door prises d'eau op het Gooi betreft, komen gegevens voor in de rapporten van de gemeente Amsterdam (lit. 7) en ir. van Leening (lit. 33). In beide is de waterbalans opgesteld van een deel van het Gooi. In het eerste is dit de geheele westelijke helling van den grondwaterheuvel vanaf de kust tot 10 km landwaarts; in het tweede is dit het centrale deel dezer helling, lang 3250 m, waar juist de prises d'eau geconcentreerd zijn. Bij een stationnaire toestand moeten beide balansen sluiten.

Het is merkwaardig, dat beide rapporteurs, die van een nuttigen neerslag uitgaan van 225 mm/jaar, tot de conclusie komen, dat de voeding van het infiltratiegebied te laag is aangenomen. Amsterdam schrijft dit toe aan een interen van den grondwatervoorraad, doch ir. van Leening, overwegende, dat uit waarnemingen deels teruggaande tot 1886 geen doorgaande verlaging is gebleken, meent, dat de nuttige neerslag te laag is aangenomen en dat dit minstens 280 mm/jaar moet zijn, welk bedrag hij zeker niet te hoog acht om aannemelijk te doen zijn. Men komt tot een nog hooger bedrag hiervoor, wanneer men voor de KH-waarde van het watervoerende pakket niet 3200 à 3500 m²/etm aanneemt, zooals in beide rapporten, doch 4000 à 6000 m²/etm.

Voor een deel berusten de lage waarden op de aanname van een tongvormige binnendringing van zout water onder het Gooi, waardoor het doorstromingsprofiel beperkt is. Het is niet mogelijk door waarnemingen dit te contrôleren, doch dezerzijds wordt gemeend (zie VIII 6), dat deze voorstelling onjuist is en de volle hoogte van het doorlatende pakket voor doorstroming beschikbaar is (zie VIII 6).

Voert men nu in de bovenbesproken balansen voor KH in 4000 à 6000 m²/etm, dan komt men tot de waarden voor den nuttigen neerslag, welke in dit rapport aangehouden zijn. Het blijkt dus, dat hiermede in deze vrij nauwkeurig bestudeerde gebieden een sluitend geheel kan worden verkregen.

Onder het aanbrengen nu van bovenbedoelde wijzigingen blijkt uit genoemde rapporten, dat de tegenwoordige ondergrondse afstroming naar het westen kan worden aangenomen op 2,6 à 3,3 m³/m' etm voor de 10 km lange helling, 1 à 2 m³/m' etm voor het centrale deel hiervan.

De waarden zijn lager dan die, welke voor den oorspronkelijken toestand werden afgeleid (3,5 à 4,1 m³/m' etm).

Wat de hydrologische veranderingen ten westen van het Gooi betreft, kan opgemerkt worden, dat deze bestaan uit het droogleggen van de Horstermeer (p.p. 3,40 m - N.A.P.) in 1883, van de Bethune (p.p. 3,65 m - N.A.P.) in 1878 en uit het bemalen van de overige daaromheen gelegen polders (p.p. gem. 1,00 m - N.A.P.). Het is niet bekend, wanneer dit laatste is geschied, doch het is wel zeker, dat deze in de Middeleeuwen op gemiddeld zeeniveau lagen en hun huidige lagere ligging verband houdt met de algemeene relatieve bodemdaling en hoogere ontwateringseischen. Het is niet bekend, welke kwel in deze gebieden uit het Gooi optreedt. De kwel in de Horstermeer is ten deele van elders afkomstig, terwijl een deel van den grondwaterstroom uit het Gooi in de hoogere polders geraakt.

c. Verband tusschen beide toestanden.

In den aanhef werd vooropgesteld, dat het ontworpen beeld van den vroegeren toestand aanvaard kon worden, indien de huidige daaruit kon worden afgeleid. Nadere bestudeering doet zien, dat het voldoende is aan te toonen, dat de grens van de waterscheiding zich naar het oosten heeft verplaatst over een afstand van ca. 2750 m (afstand tusschen de beide lijnen in bijlage XVI).

Twee oorzaken kunnen hiervoor worden genoemd: de prises d'eau en de peilsverlaging in het westen. De invloed van de eerste is in rekening te brengen door een dienovereenkomstige vermindering van den nuttigen neerslag; bij de tweede doet zich de vraag voor, welke peilsverlaging in te voeren. In aanhangsel D is een nadere uiteenzetting van de berekening gegeven, welke analoog is aan die voor het Veluwe-terrein opgesteld. Hieruit blijkt, dat inderdaad een zoo groote verschuiving van de waterscheiding in oostwaartsche richting door beide oorzaken kan zijn ontstaan als in bijlage XVI is aangegeven. Het ontworpen beeld van den vroegeren toestand kan dus voor bovengenoemd doel voldoende betrouwbaar worden geacht.

d. Conclusies.

De vraag werd gesteld, hoe de afstroming naar het IJsselmeer - welke voor den oorspronkelijken toestand becijferd werd op 2 à 3 m³/m' etm over een breedte van 3 à 4 km - zich heeft gewijzigd. Hoewel het hydrologisch ingrijpen zich beperkt heeft tot het centrale deel van de westelijke helling van het Gooi, is het waarschijnlijk, dat ook de afstroming naar de Zuiderzee verminderd is, al zal deze vermindering niet zoo sterk zijn als naar het oosten en westen. Wellicht is deze stroom in den huidige toestand slechts 1 à 2 m³/m' etm, overeenkomende met een overdruk van 0,3 à 0,4 m aan de kust. Gezien het verloop der isohyusen bij de kust lijkt dit laatste bedrag zeer wel mogelijk ').

'). Zoo werd op 24 September 1941 op het terrein der gasfabriek aan de Havenstraat te Huizen in een put een stijghoogte waargenomen van 0,524 m + N.A.P. De stand van de peilschaal aan de haven was 0,277 m - N.A.P. De overdruk in dit ca 625 m van de kust verwijderde waarnemingspunt was dus 0,80 m.

Evenals vroeger, treedt ook deze afstroming slechts over een klein gebied op en neemt aan weerszijden hiervan sterk af; het centrum van dit gebied heeft zich, met de waterscheiding, naar het oosten verplaatst.

Van belang voor waterstaatkundig ingrijpen is nog de hydrologische toestand van het kustgebied tusschen de Eemmondning en een punt X (bijlage XVI) 1 à 1,5 km ten oosten van Huizen. Het betreft dus de afstroming van de oostelijke helling van het Gooi.

Beziet men eerst den voormaligen toestand, waarbij de afstroming 2 à 3 m³/m' etm moet zijn geweest, dan kan uit de gemeten snelheden in het IJsselmeer worden geconcludeerd, dat het grootste deel van deze hoeveelheid in het vasteland moet zijn opgekweeld. De opkweeling in het IJsselmeer toch was van de grootte van 0,15 à 0,25 m³/m' etm. Hieruit conclusies te trekken omtrent den weerstand der afsluitende lagen is niet goed mogelijk, daar behalve de holocene lagen ook Eemlagen als zoodanig optreden. Wat de eerste betreft wijzen de relatieve weerstandscijfers er op, dat de weerstand tegen doorkweeling, althans voor het deel onder het IJsselmeer, aanzienlijk moet zijn: zeker 1000 etm. Een meer doorlatende strook langs de kust ontbreekt (zie ook de boringen 54 - 63 in bijlage VI). Ook op het land zijn deze lagen goed ontwikkeld in vergelijking met de kuststrook van de Valuwe. De geologische gesteldheid (bijlage V en VI, profiel AB) wijst op het voorkomen van ononderbroken jonge zeeklei en laagveenafzettingen. Neemt men aan, dat de weerstand der afsluitende lagen overal constant zou zijn, dan krijgt men een kloppend geheel:

- a. wanneer de Eemlagen volkomen afsluitend zouden zijn met een weerstand der jongere lagen van 2000 à 3000 etm.
- b. wanneer de Eemlagen in hun doorlatendheid niet afwijken van het overige Plistoceen, met een weerstand van 400 à 600 etm van de bovenste weerstand biedende laag. Beide veronderstellingen zijn als onwaarschijnlijk te beschouwen; de eerste, omdat de in het voorgaande verkregen aanwijzingen betreffende den weerstand der Eemlagen wel duiden op een zeer groote, maar geenszins volkomen afsluitende werking; tegen de tweede verzetten zich geologische argumenten.

Na het ingrijpen van den mensch in de hydrologie van het Gooi moet de ondergrondse afstroming naar het IJsselmeer nog veel kleiner geworden zijn door de verplaatsing in oostwaartsche richting van de waterscheiding onder het Gooi. Hierdoor is de grootte van het infiltratiegebied tot ongeveer 1/3 afgenomen. Indien er nog grondwater onder het IJsselmeer treedt, is dit hoogst waarschijnlijk minder dan 0,1 m³/m' etm.

De geringe grootte van het infiltratiegebied verklaart ook, waarom in de kuststrook geen afvoer van kwelwater in droge tijden is waargenomen: de kwel is van de orde van grootte van 0,2 à 0,3 mm/etm en kan dus door een minieme stijging van het polderpeil in den Eemnesserpolder geborgen worden.

In aansluiting op de berekeningen der vorige paragrafen, waarbij, als vervolg op de beschrijvingen van IV 5, de weerstand der moeilijk doorlatende lagen quantitatief kon worden aangegeven, mogen hier nog enkele algemeene beschouwingen volgen, welke zich opdringen bij het overzien der verkregen resultaten.

Zoowel de gevonden betrekkelijk hoge weerstanden, als het beeld der kwelsnelheden (bijlage XVI) duiden op een zeer gelijkmatigen bouw der oppervlakkige afsluitende lagen in het IJsselmeer. Niets wijst op het bestaan van eenigszins uitgestrekte gebieden, waar de bouw belangrijk van de omgeving zou kunnen afwijken.

Een dergelijke toestand kan in het Nederlandsche Holocene geenszins regel worden genoemd. Afgezien van de gebieden, waardoor de jongere lagen zeer dun zijn of plaatselijk geheel ontbreken (Horstermeer b.v.) is het gebleken, dat ook daar, waar over een groot oppervlak de dikte der alluviale lagen van dezelfde orde van grootte is als gemiddeld in de IJsselmeerkom, het beeld der weerstanden en daarmee - bij aanwezig potentiaalverschil - dat der kwelsnelheden in naburige deelen daarvan belangrijk kan wisselen. Met name is dit gebleken voor de Lekstreek en sommige Zeeuwsche eilanden en het is wel zeker, dat dit ook voor andere deelen van het Hollandsche polderland geldt.

De oorzaak hiervan is toe te schrijven aan bijzondere gebeurtenissen in de geologische geschiedenis.

In de Lekstreek b.v. werd het land tijdens de vorming der holocene lagen doorsneden door een stelsel conservatieve breede stroomen en vloedgeulen. Bij de latere verlanding werden deze met meer doorlatend materiaal opgevuld, waardoor zij geotechnisch geheel afwijken van de aangrenzende klei- en veenlagen.

Het is duidelijk, dat in een laaggelegen polder met dergelijke verlande stroombanen - mits deze een aanzienlijk deel der gezamenlijke oppervlakte beslaan - niet meer met een gemiddelde waarde voor den weerstand kan worden gerekend. Het beeld van kwelsnelheden en stijghoogten, dat bij kleine openingen in de afsluitende lagen nog met de berekening in overeenstemming kan zijn, zou dan geheel hiervan afwijken.

Dat zulks, gelijk boven betoogd, niet het geval zou zijn in de IJsselmeerkom behoeft - lettend op de verschillende geologische geschiedenis van het Holocene - niet te bevreemden.

Van overwegende beteekenis in het hier behandelde randgebied der IJsselmeerkom - afgezien van het westelijk deel met de vele meters dikke I 0 en I 3 k vormingen - is het I 10 k, dat Burck zich voorstelt als een afzetting deels ontstaan vlak vóór het tot stand komen van een ruime verbinding tusschen het meer Flevo en de Noordzee (en wel het belangrijkste deel), deels tijdens en deels na het ontstaan dezer verbinding. In de landperiode daarvóór, toen uitgestrekte deelen van de kom met veen waren bedekt, stroomde hier geen belangrijke rivierarmen door, uitgezonderd de IJssel in het uiterste noorden. Het onderzoek

van zandmonsters uit het Laagterras in de Geldersche Vallei, aanvankelijk door Crommelin en later door Edelman en het algemeene onderzoek door Pannekoek van Rheden (lit. 27) heeft immers uitgewezen, dat er tijdens het Jong-Plistoceen en Holoceen geen machtige Rijnarm door de Geldersche Vallei stroomde ¹⁾. Belangrijke fluviatiele afzettingen zijn dus niet te verwachten. Bovendien werd dit veen in historische tijden grootendeels weggespoeld en vervangen door het reeds beschreven I 10 k.

De afsluitende holocene lagen, met inbegrip van de Oud-Holocene en oude-zeekleiafzettingen in het westen, zijn dus overwegend limnisch en marien. Dat zulke lagen, die in het centrale deel van de kom een dikte van 5 à 10 m hebben, een weerstand tegen doorkwellen vertoonen van eenige duizenden etmalen, is zeer aannemelijk. (Men vergelijk de mariene holocene kleilagen in het zuiden van de Wieringermeer en West-Friesland, waarvan de weerstand volgens het Driemaandelijksch Bericht van den Dienst der Zuiderzeewerken van October 1942 aangenomen moet worden op 3000 à 4000 etmalen; zie ook paragraaf IV 5).

¹⁾. Het Laagterraszand in de Eemvallei is dan ook zeker niet door den Rijn gebracht, maar moet beschouwd worden als afgeblazen en afgespoeld (solifluctie) van de eertijds door fluvioglaciale zand bedekte stuwwallen (Faber).

VIII 5. Samenvatting der verkregen uitkomsten.

In de tabellen 23, 24 en 25 zijn de resultaten der voorafgaande hydrologische beschouwingen samengevat.

Tabel 23.

OPPERVLAKTEN EN LENGTEN VAN STROOMGEBIEDEN.

Stroom- gebied	totale oppervlak- te	oppervlakte infiltratie- gebied	oppervlakte kwel- gebied	lengte infiltra- tie-ge- bied	kustlengte kwel- gebied
	in ha.			langs de isohypsen in km.	
I	-	4600	∞	8,3	-
II	13150	8100	5050	8,7	9,1
III	22200	19300	2900	14,5	14,5
IV	16650	15250	1400	14	14
V	13900	4600	9300	4,4	11,1
VI	35250	11600/13500	23650/21750	10,0	1,3
VII	22150	10600	11550	10,5	-
VIII	18950	5250	13700	-	-
IX	6050	1750	4300	13	8,0
X	-	-	∞	13 à 14	-

Tabel 24.

ONDERGRONDSCH EN BOVENGRONDSCH AFVOEREN VAN STROOMGEBIEDEN.

Stroom- gebied (bijlage I)	Stroom uit infiltra- tiegebied	Stroom uit de kust- lijn in het IJsselmeer	Kwel in kwelgebied	Kwel in kwelgebied
	uit mattige neerslag	uit chloor- gehalten en overdruk	uit beek- afvoeren	uit beek- afvoeren
		m ³ /m' etm		mm/etm
I	4,6 à 5,4	0	-	-
II*	7,7 à 9,0	0,7 à 1,5	4 à 8	1,1 à 2,3
III	10 à 14	3 à 7	6 à 8	3 à 4
IV	9,0 à 10,5	8 à 10	0,5 à 1,0	0,5 à 1,0
V'	8,6 à 10,1	1,5 à 2	-	0,2 à 0,4
VI	10 à 13	0,5 à 1,0	-	0,4 à 0,5
VII	-	-	-	-
VIII	-	-	-	-
IX	-	1 à 2 pl.	-	-
X	-	"	-	-

Tabel 25.

WEERSTANDEN EN OVERDRUKKEN IN HET KUSTGEBIED.

Stroom- gebied (bijlage I)	Weerstand doorlaten- de strook meerbodem langs de kust	Weerstand kwelgebied op het land langs de kust	Weerstand IJsselmeer- bodem buiten door- latende strook	Overdruk t.o.v. IJsselmeer- peil in de kustlijn
		etm		m
I	-	-	-	0
II*	750 à 3000?	200 à 450	2000 à 3000	0,4 à 0,6
III	175 à 600	100 à 150	1500 à 2250	ca. 1,0
IV	100 à 250	-	II 8'	ca. 1,5
V'		II 8'	-	1,5 à 2,0
VI	-	2400 à 3500	-	-
VII	-	-	-	-
VIII	-	-	-	-
IX	200 à 300	-	(1000) 4000 à 6000	0,3 à 0,4
X	"	-	-	"

VIII 6. Zoutgehalten van het diepere grondwater.

Bij elk geo-hydrologisch onderzoek ten behoeve van toekomstige inpolderingen of watervoorzieningen dienen gegevens ter beschikking te komen betreffende het zoutgehalte van het diepere grondwater. Hieronder is dan te verstaan het verloop van het gehalte over de volle diepte van het watervoerende pakket, daar dit zout, vroeg of laat, in den polder verwacht kan worden.

Jammer genoeg zijn deze gegevens uiterst schaarsch. Wel is het verloop van het zoutgehalte in de holocene lagen punt voor punt nauwkeurig bekend, doch betreffende het zoutgehalte der diepere lagen in het studiegebied staat alleen ter beschikking de boring op den kop van den westelijken havendam te Elburg, waarbij een grootste diepte werd bereikt van slechts ca. 130 m - N.A.P.

In fig 21 is het daarin aangetroffen chloorgehalte in mg Cl' per liter aangegeven.

Omtrent het gehalte op grotere diepten en op andere plaatsen kan slechts een prognose worden gedaan, gegrond op theoretische overwegingen. Op dit punt zal elders worden teruggekomen.

In dit verband moge de volgende werkhypothese geponeerd worden, gegrond op de voorloopige resultaten van een dezerzijdsch opgezette studie: Overal waar de afstroming boven een bepaalde grens ligt (om de gedachten te bepalen 1 à 2 m³/m' etm), is het grondwater over de diepte van het watervoerende pakket praktisch zoet (chloorgehalte < 500 mg/liter).

De consequentie van deze uitspraak is, dat onder de geheele kustlijn van de omgeving van Elburg tot voorbij Nulde alsmede onder een stuk nabij Huizen het grondwater praktisch zoet zou zijn. Voor de monding van de Geldersche Vallei, de kust benoorden Elburg en de overige kuststrook van het Gooi staat dit nader te bezien. Ongetwijfeld zout is het diepere grondwater ten westen van Muiderberg (zoute kwel in een deel van de Horstermeer).

Hoe de overgang is van het zoete water onder de kust naar het zoute water onder de kom is niet bekend, vermoedelijk is dit zeer geleidelijk. Van dit laatste zijn vrij veel gegevens beschikbaar (diepe boringen Marken, Urk, kom IJsselmeer en Schokland). Zij toonen alle hetzelfde beeld. In fig 21 is het verloop van het gehalte voorgesteld in de diepe boring in de kom, die representatief geacht kan worden voor den algemeenen toestand.

De motiveering dezer werkhypothese vormt een studie op zichzelf. Zij is niet los te maken van de verklaring van het diepere zout in de kom en maakt een teruggrijpen noodig in de geologische geschiedenis van het tertiair en quartair van de kom en het Veluweterrein en dit voert ver buiten het bestek dezer verhandeling.

Ook moeten dus buiten beschouwing blijven de voorstellingen, welke men in de literatuur aantreft omtrent het zoutgehalte der diepere lagen in het hier besproken

gebied en welke afwijken van het dezerzijds ontwikkelde beeld. Zoo is de genoemde studie te beschouwen als een definitieve weerlegging van de door van der Hoeven in "De Ingenieur" geuite hypothese omtrent een toevoer van sterk zouthoudend water uit formaties, ouder dan quartair. Ook het bestaan van zoutwaterertongen onder het afvloeiende infiltratiewater, waar men in analogie met het duinterrein aan zou kunnen denken (zie b.v. Rapport 1940 Amsterdam blz. 97) wordt in deze studie ontkend.

Met bovenstaande mededeelingen moet worden volstaan; een geo-hydrologische studie is echter niet volledig, wanneer het probleem van het zoutgehalte der diepere lagen niet naar voren is gebracht.

VIII 7. Slotwoord.

Reeds bij den aanvang dezer studie werd naar voren gebracht, dat een indeeling in landschapstypen uit topografisch, waterstaatkundig, geologisch en hydrologisch standpunt tot dezelfde onderscheiding voerde, waaruit tot een nauwen samenhang werd besloten. Uit het voorgaande moge dit reeds genoegzaam gebleken zijn.

Voorts werd de gedachte uitgesproken, dat deze factoren in sterke mate het uiterlijk beeld van het landschap bepalen, zoodat een aardrijkskundige verkenning het inzicht ten zeerste kan verdiepen. Hierop moge nog in het kort worden ingegaan in het bijzonder voor de eigenlijke Veluwe-kuststrook.

Wanneer men ter hoogte van Nunspeet in noordelijke richting van de Veluweheuvelds daalt, valt ongeveer ter hoogte van den spoorlijn een verandering in landschap op. Het bosch- en heideterrein wordt hier en daar door perceelen bouwland onderbroken, welke verder noordwaarts zich tot aaneengesloten bouwlanden vereenigen. In tegenstelling tot het eigenlijke Veluweterrein, waar de afwatering onzichtbaar geschiedt - behoudens een enkele beek - zijn deze perceelen door greppels gescheiden. Behalve bij zwaren regenval liggen deze meestal droog.

Nog verder noordwaarts komen tusschen de perceelen bouwland stukken weiland voor. In het stelsel greppels, dat hier wijder vertakt is dan meer zuidwaarts, staat meestal water. Waar het land nog lager ligt is het geheel weiland en doet - mede door zijn betrekkelijke vlakheid - sterk aan het Hollandsche polderlandschap denken. Daarbij valt echter op, dat de "weteringen", waartoe deze greppels zich vereenigen meer het karakter van beekjes dragen; er heerscht een aanmerkelijke strooming in en hun bodem is hard en zandig. Op enkele plaatsen bereiken deze beekjes door een insnijding in den strandreep het IJsselmeer.

Zoo blijkt dus in het uiterlijk beeld van het landschap en in het gebruik van den bodem zich niet alleen de geologische gesteldheid af te teekenen, maar ook de hydrologische toestand. De grenzen van het kwelgebied en infiltratiegebied en de daartusschen gelegen overgangszone, waar ten deele gelegenheid bestaat voor zichtbare afwatering, zijn dus door een terreinverkenning vrij nauwkeurig te bepalen. Men kan dus ook nagaan, waar het kwelgebied grooter of kleiner is, waarmede een indruk van den ondergrondschen afvoer is te verkrijgen. Dit geldt des te meer, omdat - behalve door afvoermetingen - ook van de grootte van de kwel uit bepaalde verschijnselen iets is op te maken.

Het nut van een zuiver aardrijkskundige verkenning voor geo-hydrologische studies moge hier dan nog eens onderstreept worden.

Hoewel minder voor de hand liggend, is er een analogie met het algemeen aanvaarde beginsel, "dat bij de studie

van jonge gronden aardkunde en geografie niet te scheiden zijn, feitelijk één geheel vormen en dat juist daarbij de twee richtingen der aardrijkskunde, de natuurkundige en de economische tot één harmonisch geheel worden". (Vink).

Niet ieder landschap, waar de geo-hydrologische gesteldheid van den ondergrond moet worden nagegaan, leent zich zoozeer voor een dergelijke aanvullende studie als het noordelijk deel van Veluwe, Geldersche Vallei en Gooi met hun afwisseling van hogere en lagere gronden en varieerend uiterlijk aspect. Een nadere studie hiervan is ook noodzakelijk voor hem, die zich de hydrologie van het IJsselmeerterrein in engeren zin ten doel stelt en in deze overtuiging is voorgaande verhandeling dan ook geschreven.

HOOFDSTUK IX.

NADER TE ONDERZOEKEN PUNTEN IN VERBAND MET DE DOELSTELLING.

IX 1. Boringen en stijghoogtenbepalingen.

Het behoeft geen betoog, dat bij een onderzoek als het onderhavige, dat de geologische en hydrologische gesteldheid van een zeer groot en zeer heterogeen studiegebied in oogenschouw neemt, ten aanzien van vele punten onzekerheid blijft bestaan. Men zou dan ook een uitgebreid en gevarieerd programma van aanvullend onderzoek kunnen opstellen. Men kan ook vragen naar de essentiële punten, waarbij de doelstelling van het onderzoek, te weten het verzamelen van hydrologische gegevens ten behoeve van toekomstige werken in het IJsselmeer, als richtsnoer wordt gekozen.

In dit verband dient de aandacht gevestigd te worden op de voorgenomen diepe boring (tot 300 à 400 m) te Harderwijk, welke door omstandigheden niet tot uitvoering is gekomen. Deze zou opheldering kunnen verschaffen betreffende de volgende drie punten:

1. De totale dikte van het doorlatende pakket. De boring op den kop van den westelijken havendam te Elburg (reikend tot 128,65 m - N.A.P.) heeft te dien aanzien geen uitsluitel gegeven, terwijl ook geen voldoende diep reikende boringen in de onmiddellijke omgeving ter beschikking staan.
2. De gemiddelde doorlaatcoëfficiënten van grondmonsters op verschillende diepten moeten worden vastgesteld. Tezamen met 1 kan hieruit de kH -waarde met vrij groote zekerheid worden vastgesteld. Een bezwaar is, dat deze waarde alleen een plaatselijke beteekenis heeft.
3. Het verloop van het zoutgehalte in de pliocene en jong-tertiaire lagen. Dit maakt een toetsing mogelijk van de dezerzijds opgestelde theorie betreffende het te verwachten zoutgehalte der diepere lagen.

Ten slotte dient nog te worden gewezen op het algemeen-wetenschappelijk belang, dat volgens het oordeel van dr. P. Tesch voor de geologie van Nederland aan deze boring verbonden is.

Als tweede punt, waaromtrent aanvullend onderzoek gewenscht moet worden geacht, komt naar voren de geotechnische bouw van het Holoceen, waar dit uitwigt tegen de hogere pliocene gronden. Wel zijn hierover reeds vele boringen aanwezig en werd de hieruit getrokken conclusie geheel bevestigd bij een kwantitatief onderzoek der kwelverschijnselen, doch het groote belang, dat voor technische toepassingen aan deze kwestie verbonden blijkt te zijn, maakt een nader onderzoek gewenscht.

Daartoe zouden ondiepe boringen kunnen worden verricht in raaien, loodrecht op de kust. De afstand tusschen de boringen zou nabij de kust 150 à 250 m kunnen zijn, op grooteren afstand b.v. 500 m. De lengte van iedere raai 4000 à 5000 m. Men zou van dergelijke raaien kunnen afboren:

- een tweetal benoorden Elburg;
- een drietal tusschen Elburg en Harderwijk;
- een drietal tusschen Harderwijk en Nulde;
- een tweetal nabij Huizen.

Gaat men na op welke punten de beschikbare gegevens betreffende de stijghoogten van het grondwater in de eerste plaats aangevuld dienen te worden, dan moeten waarnemingen van de potentiaal aan de kust van het Gooi als de belangrijkste worden beschouwd. Men zou op de plaats waar in den huidigen toestand de ondergrondse afstroming naar het IJsselmeer het sterkst is, een tweetal ondiepe boringen kunnen verrichten op dezelfde wijze ingericht als de boringen N₁ en N₂ tusschen Elburg en Harderwijk. Hierbij ware dan op te nemen de reeds in paragraaf VIII 4 genoemde waarnemingsput aan de Havenstraat te Huizen op het terrein der gasfabriek.

Ook heeft zich de behoefte doen gevoelen aan gegevens over de stijghoogte van het grondwater in de streek tusschen Nulde en Harderwijk ten noorden van de plaats, waar de grens van Eemlagen de kust van het IJsselmeer snijdt. Ook hierbij zou op overeenkomstige wijze tewerk kunnen worden gegaan als bovengenoemd.

Tenslotte moge nog gewezen worden op het in paragraaf IV 2 aangekondigde nadere onderzoek naar de stijghoogten in de nortonoutten tusschen Spakenburg en Putten (bijlage VII). De grens van het gebied, waar de watervoorziening nog op deze wijze kan geschieden, is slechts zeer globaal, op grond van voorloopige inlichtingen van derden, bekend. Een scherpere vaststelling kan - in verband met de ligging van het maaiveld - een nader inzicht verschaffen in het verloop der isohypsen in dit gebied.

IX 2. Bepaling beekafvoeren.

Eén der voornaamste grootheden, waarmede de hydrologie van het zuidelijk randgebied der IJsselmeerkom is vastgelegd, betreft de ondergrondse afstroming uit de Veluwe. Van belang hiervoor is de opkwalling in een smalle strook van het land langs de kust. Deze opkwalling te bepalen uit beekafvoeren bleek geen eenvoudig probleem, daar omtrent van invloed zijnde factoren, zooals verdamping en berging, weinig gegevens beschikbaar zijn. In hoofdstuk V is getracht door een bijzondere keuze van het tijdstip der waarnemingen deze moeilijkheden te vermijden.

Teneinde beter gefundeerde gegevens te verkrijgen, is besloten tot het doen van dagelijksche afvoermetingen aan de monding van één der grootere beken op de noordelijke helling van de Veluwe. Hiervoor is gekozen de Bijsselsche beek. Bij de keuze was beslissend, naast de mogelijkheid van het vinden van een geschikten waarnemer, de overweging, dat de te onderzoeken beek door een eenvoudige gesteldheid van het stroomgebied, zoowel in topografisch als in geologisch en hydrologisch opzicht, in een direct verband moest staan tot de opkwalling in de kuststrook. Van de grootere beken voldeden bij een nadere studie noch de Hierdensche beek, noch de Schuitenbeek of de Puttener beek aan dezen eisch (zie b.v. voor de Hierdensche beek aanhangsel B). De keuze van de Bijsselsche beek heeft nog het voordeel, dat deze daar ligt, waar de breedte van de kuststrook nagenoeg met de gemiddelde waarde overeenkomt. Evenwel zullen eerst de resultaten van een nadere studie uitwijzen, in hoeverre deze keuze geheel geslaagd mag heeten.

De dagelijksche afvoermetingen aan de monding van de Bijsselsche beek zijn begonnen 27 October 1943. De bedoeling is deze uit te strekken over minstens een geheel jaar. De metingen geschieden in een vast 15 m lang traject, in welks midden een peilschaal is geplaatst. Door bij enkele verschillende standen aan de peilschaal zoo nauwkeurig mogelijk de doorsneden van een elftal profielen binnen dit traject te bepalen, kan uit elke peilschaalaflezing het bijbehorende gemiddelde profiel onmiddellijk worden afgeleid. De gemiddelde stroomsnelheid wordt gevonden uit den drijftijd over het 15 m lange traject van in het midden van de breedte geworpen oppervlakte-drijvers; daarbij wordt elke meting 3 x verricht. Bij de bepaling van de profielen moet rekening worden gehouden met een smalle strook langs de kant, waar door waterplanten, ondiepten en dergelijke geen strooming optreedt; bij de bepaling van de gemiddelde snelheid dient bedacht te worden, dat deze kleiner is dan de oppervlakte-snelheid in het midden van de breedte.

Het doel dezer afvoermetingen is drieledig.

In de eerste plaats kunnen uit een vergelijking van dagelijksche afvoeren en meteorologische grootheden (in de eerste plaats de neerslag), waarbij in het bijzonder gelet wordt op het gedrag van de beek na het begin en einde van regenperioden, belangrijke conclusies getrokken worden omtrent den invloed van berging en verdamping op het bovengronds tot afvloeiing komende deel van het grondwater. Omtrent het deel van den beekafvoer, dat een gevolg is van de opkwalling kan aldus meer zekerheid worden verkregen; zoo ook betreffende de vraag, of de z.g. karakteristieke minimale afvoer hiermede samenvalt.

In de tweede plaats kan vervolgens uit een vergelijking van afvoeren op enkele tijdstippen in droge perioden van de Bijsselsche beek en van alle andere Veluwe-beken

aan de noordelijke en westelijke rand worden berekend de opkwalling in de kuststrooken der diverse landschapstypen.

Tenslotte zullen de bovenbeschreven waarnemingen in staat stellen de waterbalans over een geheel jaar op te maken, waaruit de kwel als sluitpost volgt. Deze balans kan in de eerste plaats voor het stroomgebied van de Bijsselsche beek zelf worden opgesteld; de daartoe noodige karteering is in voorbereiding. Door den afvoer van de Bijsselsche beek te vergelijken met die van de overige beken tijdens enkele regenperioden, kan een zoodanige rekening ook voor het geheele Veluwe-kustgebied worden opgesteld.

De resultaten dezer metingen zullen met de gegevens betreffende de topografische en geologische gesteldheid in de verschillende landschapstypen indirect een nader inzicht geven in de ondergrondse afstroming op verschillende plaatsen naar het IJsselmeer.

Bij het verschijnen dezer studie kon hiermede nog geen rekening worden gehouden; de verwachting lijkt gerechtvaardigd, dat geen principiële wijzigingen zullen moeten aangebracht en de nog te verrichten afvoermetingen alleen de onzekerheidsmarge zullen verkleinen.

Minder urgent schijnt het, nadere gegevens te verzamelen omtrent den afvoer van de beken aan de westelijke rand van de Veluwe. Vooreerst zijn deze voor de hydrologie van de IJsselmeerkom slechts van indirect belang. Daarnaast zijn door de werkzaamheden van diverse commissies hieromtrent reeds meer uitgebreide waarnemingen beschikbaar. Tenslotte stuit het verrichten van nieuwe metingen op enkele praktische bezwaren.

Het lijkt daarom aangewezen eerst de resultaten der afvoermetingen aan de Bijsselsche beek af te wachten, alvorens de waarnemingen ter bepaling van de kwel in de Veluwe-randstrooken uit te breiden. Deze conclusie geldt ook ten aanzien van de polders benoorden Elburg en in de monding der Geldersche Vallei. Daarentegen verdient het zeker aanbeveling, voort te gaan met het inwinnen van inlichtingen over den waterstaatkundigen toestand der betreffende gebieden van Veluwe, Geldersche Vallei en Gooi.

IX 3. Diversen.

In het voorwoord tot deze studie wordt de opmerking gemaakt, dat dit rapport niet op zichzelf staat, doch een deel vormt van een meer algemeene studie van de geo-hydrologische gesteldheid der IJsselmeerkom. Eenerzijds worden hierbij onderwornen in oogenschouw genomen van meer theoretische en algemeene geldigheid, anderzijds wordt op grond hiervan de regionale hydrologie van eenige deelen van het studiegebied nagegaan. Noch de desbetreffende studies, noch het daarvoor noodige onderzoekingswerk zijn echter geheel afgesloten. Het is zeer wel mogelijk, dat de

resultaten hiervan ook voor de geo-hydrologische gesteldheid van het zuidelijk randgebied der IJsselmeerkom - althans in detailkwesties - nieuwe gezichtspunten zullen opleveren.

In dit verband moet de aandacht gevestigd worden op het volgende:

1. Een aanvullend onderzoek is ingesteld naar de grootte van den z.g. diffusiecoëfficiënt k (zie VII 2). Hoewel de hiervoor aangehouden waarde bepaald is volgens uiteenlopende methoden werd het noodzakelijk geoordeeld deze waarde te contrôleeren door het diffusie-verschijnsel te bestudeeren aan ongeroerde monsters uit de afdekkende lagen in de IJsselmeerkom. De berekende kwelsnelheid is afhankelijk van de aangenomen diffusie-coëfficiënt en deze dient dus nauwkeurig bekend te zijn. Bij de vroegere proefnemingen bleek nog een vrij groote spreiding in de gevonden k -waarden aanwezig. De resultaten der nieuwere proefnemingen waren bij het voltooiën dezer studie nog niet beschikbaar.

2. De opwaartsche kwelsnelheid in den IJsselmeerboden nabij Veluwe en Gooi kon worden afgeleid uit het feit, dat in 1938 (zie VII 2) de chloorgehalten van het grondwater ter plaatse door de gezamenlijke werking van zoete opwaartsche kwel van beneden uit en ontzilting door het zoete IJsselmeerwater van boven af relatief geringer waren dan op andere plaatsen. Het ware belangwekkend na te gaan of thans - nu sedert de boringen van 1938 weer eenige jaren verstreken zijn - het nog in het grondwater aanwezige chloorgehalte overeenstemt met de berekening, waarbij de in deze studie gevonden kwelsnelheid als bekende wordt ingevoerd. Een dergelijke contrôle schijnt wenschelijk, daar uit de kwelsnelheden in den IJsselmeerbodem belangrijke conclusies getrokken zijn. Daar het een contrôle betreft, ware te volstaan met eenige meetpunten in een raai, loodrecht op de kust tusschen Elburg en Harderwijk, gecombineerd met enkele punten in het nulgebied - waar alleen diffusie optreedt - en in het ten noorden daarvan gelegen kwelgebied van de Knar. Het is voldoende het verloop van het chloorgehalte na te gaan tot een diepte van 1 à $1\frac{1}{2}$ m onder den meerbodem.

Het hierboven genoemde meetprogramma is nog niet tot uitvoering gekomen.

3. Bij de bespreking van het zoutgehalte van het diepere grondwater (VIII 6) is het verschijnen van een afzonderlijke uitvoerige studie betreffende dit onderwerp in het vooruitzicht gesteld. De resultaten hiervan zijn niet alleen als feitenmateriaal van beteekenis, maar kunnen ook van belang zijn voor de mathematische behandeling van het ondergronds afstromen van Veluwe-water naar het IJsselmeer en het opkwellen in den bodem (vergelijk de hydrologie van het duingebied). Het zou te ver voeren hier uitvoeriger op in te gaan.

Blijkbaar dient nog een vrij uitvoerig aanvullend onderzoek te worden afgewerkt voor en aler definitieve conclusies kunnen worden getrokken '). Dat hierop bij het samenstellen dezer studie niet is gewacht, wordt gerechtvaardigd door het feit, dat de geo-hydrologische gesteldheid van het zuidelijk randgebied der IJsselmeerkom in hoofdtrekken reeds nu bekend mag worden genoemd. Uit de voorgaande hoofdstukken is wel gebleken, hoe gevarieerd het onderzoek van dit uitgebreide studiegebied is en dit alleen reeds maakt het gewenscht alle thans ter beschikking staande gegevens logisch te ordenen teneinde bij nader onderzoek een leidraad te hebben.

'). Een belangrijk deel kon ondanks beperkende oorlogsomstandigheden op korten termijn tot uitvoering komen.

NASCHRIFT JUNI 1947.

Sedert November 1943 zijn ten behoeve van de geo-hydrologische studie der IJsselmeerkom nog aanvullende onderzoeken verricht.

Deze betreffen:

1. Het verrichten van een 354 m diepe boring te Harderwijk met bepaling van stijghoogten en zoutgehalten van het grondwater;
2. Het inrichten van een drietal waarnemingsputten te Nijkerk ter metingen van grondwaterpotentialen;
3. Het meten van de overdruk onder de afsluitende lagen in de IJsselmeerbodem buiten de kustlijn op een 8-tal plaatsen;
4. Het bepalen in 1946 van het zoutgehalte van het grondwater in de IJsselmeerbodem in de snijpunten der diagonalen van het in 1938 afgeboorde net;
5. Het uitvoeren van dagelijkse afvoermetingen aan de mond van de Bijsselsche beek;
6. Het uitvoeren van enige 20 m-boringen in de IJsselmeerbodem langs de Veluwe-kust.

Deels zijn hierdoor de belangrijkste conclusies van deze nota bevestigd; deels zijn betreffende detailkwesties gegevens ter beschikking gekomen.

A. Volker.

A A N H A N G S E L S .



BEKNOPTE BESCHRIJVING DER GEOLOGISCHE RESULTATEN VAN DE BORINGEN H₁, H₂, H₃, N₁, N₂ en E₁.

Van de in den titel genoemde boringen zijn bij de eerste vijf slechts diepten bereikt van 20 à 25 m. De boring E₁, die is blijven steken op 128,65 m - N.A.P., zal afzonderlijk worden besproken. De tijdens het boren verzamelde grondmonsters werden onderzocht door den Geologischen Adviseur van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, dr. J.F. Steenhuis, aan wiens rapport het hierna volgende grotendeels is ontleend.

Stratigrafische gegevens betreffende de boringen H₁, H₂, H₃, N₁ en N₂ zijn verzameld in tabel 1.

Tabel 1.

Stratigrafie (m - N.A.P.).					
	H ₁	H ₂	H ₃	N ₁	N ₂
Opgebraacht materiaal	-	0,75+ -0,05	0,05- 1,35	-	-
I 10 k	-	0,05- 0,80		-	-
I 6 v	-	-	-	1,95+ -1,05+	-
II 8	3,15+ -1,65	-	-	1,05+ -14,05	1,95+ -9,25
II 4	1,65- 17,85	0,80- 24,25	1,35- 20,05	14,05- 23,55	9,25- 21,55

Het blijkt, dat alle boringen reiken tot in den fluvio-glacialen mantel II 4. De bouw hiervan is ter plaatse van de vijf boringen ongeveer dezelfde: slechts zand is aanwezig, dat middelgrof (zelden), matig grof, matig fijn of middelfijn (zelden) van korrel is, slibvrij of slibarm en meestal min of meer talrijke grindkorrels van gemengde, grotendeels zuidelijke herkomst bevat.

Het fluvio-glaciaal wordt, behalve bij H₂ en H₃, bedekt door het Laagterras II 8, dat bij N₂ en H₁ tot de oppervlakte reikt en bij N₁ door een dunne laag moerasveen I 6 v bedekt wordt. Het Laagterras bestaat over het geheel uit matig fijn, slibarm zand met weinig fijn grind van gemengde herkomst. Leem- en kleilensjes zijn eenige malen waargenomen.

Bij H₂ en H₃ wordt het fluvioglaciaal direct door de jonge Zuiderzeeklei I 10 k bedekt.

De 1,30 m dikke laag "opgebracht materiaal en I 10 k" in H₃ bestaat uit onzuiver zand met kleibrokjes.

De stratigrafie van boring E₁ is vermeld in tabel 2.

Tabel 2.

Boring E₁ Geologische gegevens.

Boven- grens in m	Onder- grens toev NAP	Gewichts- percentage kwarts grind	
1,35+	0,75-		Opgebracht materiaal.
0,75-	2,80-		Jonge zeeklei I 10 k.
2,80-	3,00-		Laagveen I 5 v.
3,00-	7,15-		} Laagterras of } Jong-Pleist. dalopvulling II 8.
7,15-	15,05-	48,7	
15,05-	19,50-	48,6	Eemlagen II 8'.
19,50-	28,40-	47,2	Fluvioglaciale mantel II 4.
28,40-	34,65	63,4	Hoogterras van den Rijn II 1.
34,65-	38,65-		} Praerissien II 0.
38,65-	73,90-	gem 55	
73,90-	110,90-	74,9	
110,90-	127,40-	83,6	
127,40-	128,65		

Het mariene Oud-Plistoceen of Icenien is in den ondergrond van den havendam van Elburg beneden ca. 145 m - N.A.P. te verwachten. Het wordt bedekt door de fijnzandige, grindvrije lagen aan de basis van het fluvia-tiele Praerissien II 0 (onderste fijne afdeeling van Lorié, Tégélien of Günz-Mindel-interglaciaal) ter dikte van vermoedelijk ca 20 m. Deze zullen beneden 127,40 m - N.A.P. juist aangeboord zijn.

Hierboven tot 42,40 m - N.A.P. is een grofzandig grindhoudend niveau aanwezig, dat in zijn geheel bij het Praerissien II 0 is in te deelen en als de onderste grove

afdeeling van Lorié is te beschouwen. Op grond van het kwartspercentage van het grind zijn het tweetal niveau's te onderscheiden, die reeds van vele plaatsen uit den ondergrond van Nederland bekend zijn.

De grens ligt bij 110,90 m - N.A.P.

De fijnere, nagenoeg grindvrije zandlagen tusschen 42,40 en 34,65 m kunnen als een onduidelijke middelste fijne afdeeling volgens Lorié worden samengevat en ingedeeld.

Op grond van de kwartsgehalten zou men de afscheiding tusschen Hoogterras en Praerissien op 73,90 m - N.A.P. moeten leggen. Dit heeft echter zijn bezwaren, aangezien in de wijdere omgeving deze grens op ruim 30 m - N.A.P. is gelegen. Beneden 34,65 m - N.A.P. is inderdaad fijner materiaal aanwezig, hetgeen eveneens volgens den regel is. Bovendien verlagen enkele groote kwarsietkeien het kwartspercentage volgens de gewichtverhoudingen. Eindelijk spreekt het operculum van Bithynia meer voor Praerissien dan voor Hoogterras. Derhalve is voor Elburg de grens tusschen het Praerissien II 0 en het Hoogterras II 1 op 34,65 m - N.A.P. gelegd.

Het gestuwde Praeglaciaal van de Veluwe II 2 is vermoedelijk in niet gestuwden vorm als normaal Hoogterras II 1 van den Rijn (Riss-glaciaal I, bovenste grove afdeeling van Lorié) tusschen 34,65 en 27,40 m - N.A.P. aanwezig, dus bij de erosie in het Riss-interstadiaal en het Riss-glaciaal, gespaard gebleven. Van een residu van de grondmoreene van het Scaninavische landijs II 3 is niets teruggevonden. Het Hoogterras wordt onmiddellijk bedekt door den fluvio-glacialen mantel II 4 (de grens is aangenomen op grond van het kwartsgehalte), waarop in normale volgorde het Riss-Würm-interglaciaal of de mariene Eemlagen II 8', het Laagterras of de Jong-Plistocene dalopvulling II 8 - beneden in grofzandige, grindhoudende, boven in normale facies - het laagveen I 5 v en de jonge zeeklei I 10 k volgen.

DE HIERDENSCH E BEEK.

Onder alle beken, welke van de Veluwe op het IJsselmeer uitkomen, neemt de Hierdensche beek een afzonderlijke plaats in door de groote lengte van zijn stroomloop en het verschillend karakter der terreinen, die door deze beek worden doorsneden.

Zooals bijlage I aangeeft, stroomt de beek vanaf de omgeving van het Uddeler meer door een breed dal tusschen den westelijken en den oostelijken Veluwerug. Dit dal is zeker niet door de beek gevormd; de geologische gesteldheid (bijlage V, fluvio-glaciale dekmantel II 4) wijst er op, dat dit dal reeds in den glacialen, wellicht reeds in den prae-glacialen tijd bestond (zie ook rapport Hoogesteger, lit. 17).

Vanaf verschillende punten in de omgeving (o.a. vanaf het Sol nabij Garderen) heeft men een schitterend overzicht over dit dal, dat zich als een laaggelegen groene band uitstrekt tusschen de glooiende heide- en boschtereinen der omgeving.

Er heerscht veel misverstand omtrent de voeding van de Hierdensche beek. De nog steeds gangbare voorstelling is deze, dat de oorsprong en ook de voeding zou gelegen zijn in het Uddelermeer, dat in verbinding staat met het grondwater onder de Hooge Veluwe. Vandaar uit zou de beek naar het IJsselmeer stroomen zonder eenigerlei verband met de boschtereinen aan weerszijden van zijn loop. Hoewel deze voorstelling van zaken reeds door de commissie van Dissel (lit. 16) en door Moerman (lit. 20) is weerlegd, blijken hun uiteenzettingen toch op vele punten voor uitbreiding vatbaar.

Een aardrijkskundige verkenning leidt tot het onderkennen van vier verschillende deelen langs den stroomloop en zooals ook bij de onderscheiding der zes "landschapstypen" langs de zuidelijke IJsselmeerkust bleek, is deze indeeling tevens voor de hydrologische gesteldheid door te voeren. In fig 1 en tabel 1 zijn deze vier deelen resp. met P, Q, R en S aangegeven.

Ten eerste (P) heeft men de onmiddellijke omgeving van Uddelermeer en Bleeke meer (fig 1) tot waar de verste vertakkingen van de Hierdensche beek reiken. Dit terrein, dat vroeger veel boschrijker geweest is, is thans hoofdzakelijk als bouwland in gebruik, waartoe de betrekkelijk hooge ligging en de bodemgesteldheid (zand en lichte zavel) aanleiding geven.

Het tweede deel (Q), dat van hier over Staverden zich tot nabij Leuvenum uitstrekt, valt onmiddellijk op door het voorkomen van vele perceelen weiland aan weerszijden van de beek. De bodemgesteldheid is hier anders dan in het eerste deel (I 6 v volgens de Geologische kaart; hierop wijst ook de benaming het Veendertje onder Leuvenum) en door vele slooten en greppels doen deze terrein-

nen soms sterk aan een polder denken. Op vele plaatsen is deze groene strook smal of afwezig en loopt de beek tusschen loofhout- en soms naaldhoutboschcomplexen. In het algemeen zijn de laagste gedeelten door weiland ingenomen.

In het derde deel (R), vanaf Leuvenum langs den Poolischen weg tot enkele honderden meters ten noorden van het station bij de stuw van Hulshorst, stroomt de Hierdensch beek geheel door bosschen, zoowel loof- als naaldhout. Behalve enkele kleinere zijtakken en een omlegging om de stuw, blijkt geen verband te bestaan met de omgeving.

De beek toont in deze middenloop gemiddeld het sterkste verhang, verminderd door de stuwen bij Hulshorst en de Zandmolen.

Het laatste deel (S) vanaf stuw IV onderscheidt zich in niets van de vele andere beken, welke op het IJsselmeer uitkomen. Evenals b.v. de naburige Nod- en Bijsselsche beek vormt hij de collecteur van een wijd vertakt stelsel sloten en greppels (bijlage III). Op dit laaggelegen weidelandschap langs de IJsselmeerkust, dat in II 4 met "landschapstype B" is aangeduid is reeds uitvoerig ingegaan.

Ten aanzien van de afvoeren van de Hierdensch beek dient weer onderscheid gemaakt te worden tusschen het constante deel in den afvoer, dat ook in regenarme tijden aanwezig blijft en het met den neerslag variabele deel. Wat dit laatste aangaat, vormt de Hierdensch beek de natuurlijke afwatering van de aangrenzende terreinen. Vanzelfsprekend is dit vooral van belang in het tweede en laatste deel, waar greppels en sloten een snelle afwatering waarborgen, terwijl in het deel langs den Poolischen weg meer in den grond zal wegzakken en het diepere grondwater zal voeden.

Hydrologisch belangwekkender is de constante component in den afvoer.

Hiernaar is een onderzoek ingesteld aan het einde van de reeds eerder besproken droge perioden medio Maart, einde Juli en einde October 1943, toen afvoermetingen zijn verricht op verschillende punten langs den loop. De resultaten hiervan zijn aangegeven in tabel 1.

Tabel 1.

AFVOERMETINGEN HIERDENSCHER BEEK.

1943.

Plaats afvoermeting	No meet- plaats fig	Afvoer in m ³ per sec.		
		medio Maart	einde Juli	einde Oct.
Nabij de monding op het IJsselmeer	I)	0,34	0,10	0,18
Duiker onder den Mun- nikeweg	II) S	0,26	0,056	0,13
Boven den Esschenburg; Rijksstraatweg	III)	0,14	-	-
Stuw Hulshorst	IV)	-	0	-
Brug bij "Witte Zand"	V)	-	0	0,061
Brug in het "Herten- bosch"	VI) R	-	0,0080	-
Stuw bij "de Zandmo- len"	VII)	{0,070	{0,018	-
"Noordbeek"	VIII)	{0,070	{0,003	-
Even bovenstr. split- sing ten N. van "De Zwarte Boer"	IX)	0,14	0,034	0,073
Brug bij Kasteel Sta- verden	X)	-	0,024	-
Brug bij "Berkenhof"	XI) O	-	0,016	0,030
Zie fig 1	XII)	-	0,020	-
Brug bij "Veenhoven"	XIII)	-	0,0080	-
Zijtak uit Bleeke Meer	XIV)	-	0,005?	0,010?
De Oude Beek	XV) P	-	0	0

Gecombineerd met andere gegevens leiden deze resultaten tot de volgende beschouwingen.

De constante componente in den afvoer, - welke blijkt na een voldoende lange droge periode (V 6) - wordt niet in enkele bepaalde punten aan de beek toegevoegd en zeker niet uit het Uddeler meer. De afvoerleiding hieruit ligt zelfs het grootste deel van het jaar geheel droog en alleen in zeer regenrijke tijden komt een deel van het overtollige water uit het Uddeler meer in de Hierdensche beek terecht. Dat in de genoemde waarnemingsperiode - toen de verdamping zeer groot was - wel water uit het Bleeke meer naar de beek afvloeide, zou kunnen wijzen op het voorkomen van wellen in dit meer. Volgens den eigenaar van het hotel "de Bleeke Hoeve" zou het Bleeke meer 's winters veel later bevroren dan het Uddeler meer, hetgeen eveneens in die richting wijst.

Is hier de voeding uit de omgeving van weinig belang, zulks kan niet gezegd worden van het deel tot aan "de Zwarte Boer". Juist in het als tweede onderscheiden landschap blijkt de afvoer naar beneden toe regelmatig toe te nemen. Uit de talrijke greppels tusschen de weidperceelen stroomt het water naar de beek toe en aan het einde van deze zône vertoonde de Hierdensche beek medio Maart 1943 een afvoer van 0,14 en in de abnormaal droge periode van einde Juli 1943 nog een afvoer van 0,034 m³ per sec. Men heeft hier ongetwijfeld te maken met kwelwater, dat in de laagste deelen van het dal te voorschijn treedt. Ook het frissche grasdek in Juli 1943, toen overal elders het gewas van de droogte te lijden had, wijst hierop.

Stijghoogtebepalingen in dit dal zijn niet bekend, maar vergelijkt men de hoogtelijnen met de gemeten potentialen in het naburige Uddel en Elspeet (fig 1), dan lijkt zeker de mogelijkheid tot opkwalling aanwezig '). Dat de watervoorziening der boerderijen in dit dal uitsluitend door opgepompt water geschiedt, bewijst hier niets tegen: deze toch liggen alle op de hoogere perceelen, waar in natte perioden geen overlast van water wordt ondervonden.

Waar de beek het derde landschapstype (R) langs zijn loop binnentreedt, veranderen ook zijn afvoeren, althans bij de metingen van einde Juli 1943. Zijdeling-sche voeding trad in dit gedeelte nergens op en daar de beek - vooral in het opgestuwde deel boven de Zandmolen - boven het grondwater ligt, zooals het landschap bewijst,

'). Op de stijghoogtebepalingen te Uddel en Elspeet wordt in VI 1 en 3 nog nader teruggekomen. Daarbij zal worden aangetoond, dat het niet waarschijnlijk is, dat deze toevoer zou zijn toe te schrijven aan een lang aanhoudend optreden van zakwater over de bankvormingen in den bodem, zooals een zegsman wou beweren.

verminderde haar afvoer in stroomafwaartsche richting. Voor een deel zal dit wegzakken naar het diepe grondwater zijn geweest; voor een deel opslorping door den uitgedroogden boschgrond. Medio Maart, toen de verdamping kleiner was en de grond vochtiger door den neerslagrijken winter 1942 - 1943, trad dit verschijnsel niet, althans niet merkbaar op, doch einde October 1943 na het zeer droge najaar viel het duidelijk te constateeren.

Door de commissie van Dissel zijn bij meetplaats VII wekelijksche afvoermetingen verricht van Mei 1928 tot en met Januari 1929.

In het bijzonder ging het hierbij om den karakteristieken minimalen zomerafvoer, welke met de grondwaterbeweging samenhangt. Uit de metingen in tabel 1 blijkt wel, dat de keuze dezer plaats aan bedenkingen onderhevig is. Niet bekend is, of bij deze afvoermetingen ook aandacht geschonken is aan den afvoer door een omlegging, de z.g. Noordbeek. Op de Waterstaatskaart van 1880 wordt vermeld, dat deze omlegging alleen bij groote afvoeren dienst doet. Tegenwoordig wordt bij lage afvoeren de Noordbeek afgesloten ') om de uit toeristisch oogpunt aantrekkelijke stuw met waterval bij de Zandmolen van water te voorzien, doch aan deze afsluiting ontbreekt wel eens wat (zie meetplaatsen VII en VIII in tabel 1). Daar in het rapport der commissie dienaangaande niets vermeld wordt, mag men wel aannemen, dat destijds (1928) deze stroomsplitsing niet bestond, waar ook vage mededeelingen (20 jaar geleden!) van zagslieden op zouden kunnen duiden. ") .

Nog voor de beek het einde van traject K had bereikt, was haar afvoer eind Juli 1943 tot nul terugge-loopen: uit de terreinen bezuiden den spoorweg trad dus geen bovenstroomsche afvoer op naar het IJsselmeer. Een uitzondering vormde een kleine spreng, het Zilverbeekje, (fig 1) ten zuidoosten van het station; de afvoer was echter onbeteekenend.

'). De beek heeft van nature de neiging de niet opgestuwde Noordbeek te volgen.

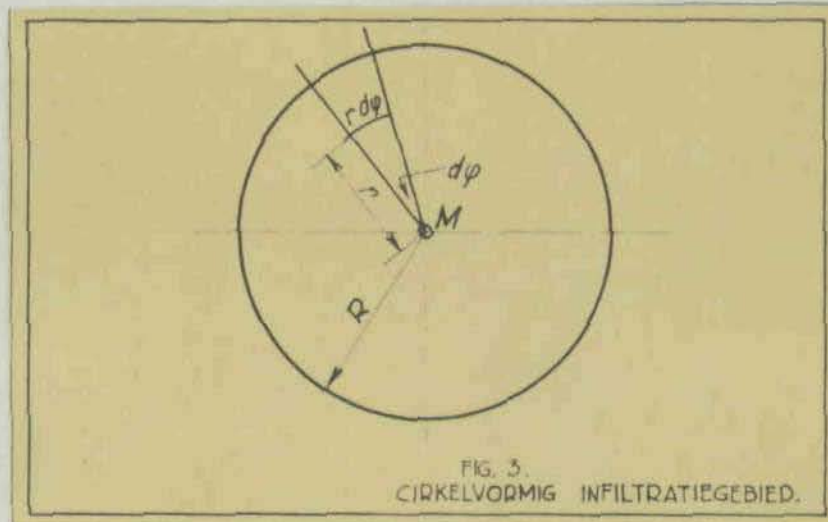
") . Een enkel woord nog over de talrijke kortere en langere zijtakken en stroomsplitsingen van de Hierdensche beek (fig 1). Deze doen vooral dienst bij sterken regenval voor afvoer van het oppervlaktewater. Volgens Moerman zijn sommige vervallen sprengen gegraven ter verbetering der beekafvoeren voor de molens langs zijn loop. Een enkele spreng (s) zou nog wat aanvoeren. Bij de metingen eind Juli 1943 lagen alle zijtakken geheel droog. Alleen de omlegging o voerde wat water af ca. 5 à 10 l/sec, hetgeen het verschil in afvoeren tusschen de meetplaatsen XI en XII kan verklaren.

In die droge periode toonde dus de Hierdensche beek in haar benedenloop enkel en alleen den gezamenlijken afvoer der vele greppels en slooten, die in dit kwelgebied op haar uitkomen. In niets onderscheidt zij zich daarbij van de vele andere beken, welke in het in tab. 1 van den tekst genoemde landschapstype B op het IJsselmeer afwateren. Hydrologisch is dit deel zeker belangrijker dan haar middenloop: het aanzienlijk verschil in afvoer tusschen de meetplaatsen I en IV of IX bewijst dit duidelijk.

REGENVAL IN MM.

Januari 1943			Februari 1943			Maart 1943				
Urk	Voorst	Lemmer	Urk	Voorst	Lemmer	Urk	Voorst	Lemmer		
1	2,2	3,6	2,4	1	2,3	3,2	3,1	1 0,05	0,0	0,0
2	10,8	15,7	13,6	2	1,9	3,0	2,9	2 0	0,0	0,0
3	4,4	2,4	0,9	3	8,7	6,2	12,9	3 0	0,0	0,0
4	4	1,8	0,8	4	5,5	5,1	7,9	4 0	0,0	0,0
5	1,2	0,8	0,85	5	0,15	0,2	0,2	5 0	0,0	0,0
6	0	0,0	0,15	6	2	2,5	3,4	6 0	0,4	0,0
7	0	0,0	0,0	7	8,1	11,2	6,4	7 0,55	0,2	0,6
8	1,7	0,5	1,0	8	0,65	0	0,1	8 0	0,0	0,0
9	0	0,0	0,0	9	0	0,0	0,0	9 0	0,1	0,0
10	0	0,0	0	10	4,7	5,5	5,0	10 0,2	0,3	0,3
11	0	0,0	0,0	11	3	4,0	4,5	11 0	0,0	0,0
12	0	0,0	0,15	12	0,4	0,3	0,7	12 0,25	0,3	0,2
13	1,1	0,1	0,0	13	2,5	3,5	2,5	13 0	0,0	0,0
14	3,5	4,3	3,7	14	1,2	1,2	0,9	14 0	0,0	0,0
15	7,3	7,2	8,0	15	2,75	2,3	2,9	15 0	0,0	0,0
16	1,2	1,5	1,95	16	3	3,4	3,2	16 0,1	0,1	0,15
17	0	0,0	0,0	17	0,2	0,4	0,6	17 0,05	0,0	0,0
18	0	0,0	0,0	18	0	0,0	0,0	18 0	0,0	0,0
19	0	0,0	0,0	19	0,5	0,4	0,5	19 0	0,4	0,0
20	1,6	1,1	3,0	20	0,15	0,1	0,1	20 0,5	1,4	0,3
21	1,4	0,7	1,1	21	0,2	0,1	0,2	21 0	0,0	0,0
22	0,8	0,5	1,2	22	0,1	0,1	0,2	22 0	0,0	0,0
23	2,4	3,4	2,1	23	0	0,0	0,0	23 0	0,0	0,0
24	1,6	1,5	1,1	24	0	0,0	0,0	24 0	0,0	0,0
25		0,0	0,0	25	0	0,0	0,0	25 2,5	2,5	2,3
26	4,2	3,1	4,5	26	0	0,0	0,0	26 0	0,8	1,1
27	0,1	0,3	0,0	27	0,05	0,1	0,0	27 1,7	2,5	1,9
28	1,4	0,6	2,4	28	0,3	0,3	0,2	28 1,2	1,5	
29	0,1	0,1	0,0					29 0	0,0	
30	3,2	3,5	4,4					30 3,5		
31	4,5	2,4	4,4							

Hiertegenover staat het probleem van het cirkelvormig eiland (fig 3).



De waterscheiding is hier gereduceerd tot één punt M. De aequipotentiaallijnen of isohypsen zijn hier cirkels met M als middelpunt. Een overeenkomstige beschouwing als voor het lineaire geval leidt bij de berekening van den grondwaterstroom in een sector d tot de formule:

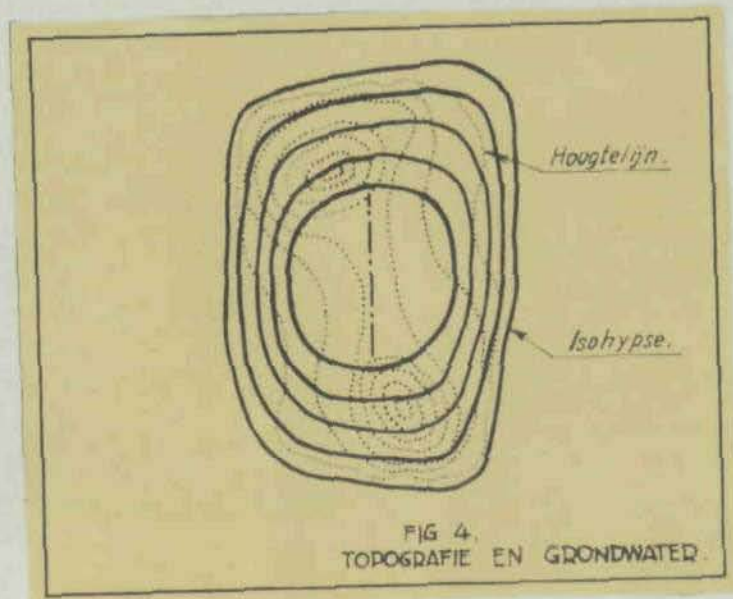
$$p = \frac{n}{4kH} (R^2 - r^2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3).$$

De grondwaterstroom aan den rand is per eenheid van lengte van den cirkelomtrek:

$$\frac{\gamma R^2 n}{2\pi R} = \frac{1}{2} Rn \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4).$$

De noordelijke uitlooper van het Gooi bestaat uit de helft van een dergelijken cirkel.

In het algemeen komen tusschenvormen voor. Zoo zal voor het in fig 4 geteekende grondvlak in het midden het lineaire probleem optreden, nabij de hoekpunten meer het cirkelvormige geval.



Van belang is nog op te merken, dat de vorm der isohypsen onafhankelijk is van het topografisch reliëf (in fig 4 zijn de hoogtelijnen van het reliëf gestippeld aangegeven). Dit geldt slechts, wanneer de isohypsen nergens de terreinoppervlakte snijden. Is dit wel het geval en treedt een deel van het grondwater als beken tevoorschijn, dan beïnvloedt dit den loop der isohypsen en wel des te sterker naarmate een grooter deel van het grondwater bovengronds wordt afgevoerd (fig 5).

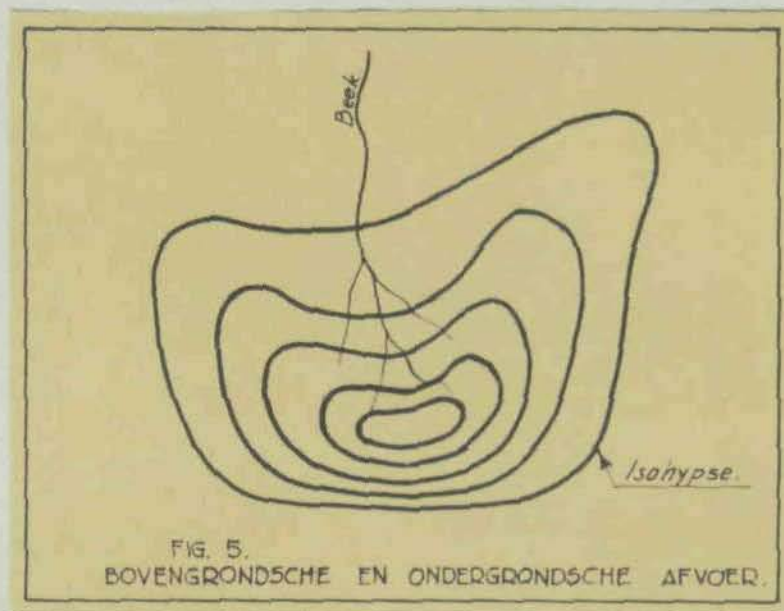
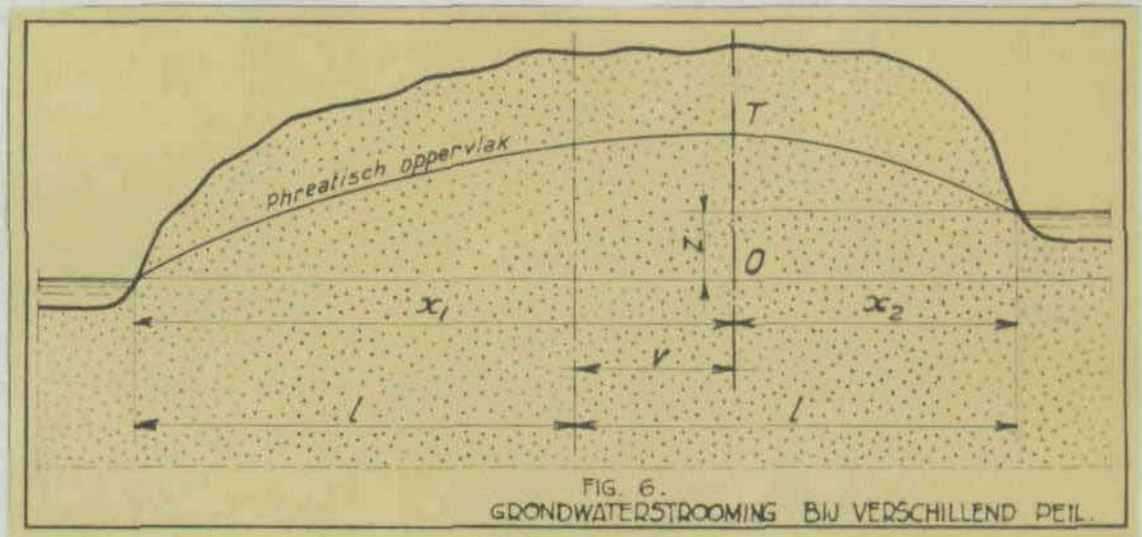


FIG. 5.
BOVENGRONDSCH EN ONDERGRONDSCH AFVOER.

Aldus moet men het gezamenlijke isohypsenbeeld beschouwen van Gooi, Geldersche vallei en Veluwe (bijlage XVI). Het vormt ook de motiveering van de in de literatuur vaak voorkomende, doch feitelijk onjuiste uitspraak, dat "de isohypsen van het grondwater alleen in hoofdtrekken de lijnen van het topografisch reliëf volgen".

Op deze stelling berusten ook de door ir. J.C. Ramaer nog vóór het verschijnen van het rapport der commissie van Dissel gepubliceerde isohypsen van de Veluwe (lit 23). Hierbij werd verondersteld, dat nergens beletselen tegen den waterafloop voorkomen. Zij hebben daarom alleen theoretische beteekenis.

Dat bij een langgestrekt infiltratiegebied de waterscheiding in het midden ligt, geldt alleen indien aan weerszijden het open water op gelijk niveau ligt. Is dit niet het geval, dan verschuift de waterscheiding naar de zijde met het hoogste niveau. Het bedrag dezer verschuiving v is zeer eenvoudig te bepalen (fig 6):



Uit de figuur volgt:

$$x_1 + x_2 = 2l, \quad v = \frac{x_1 - x_2}{2}$$

en

$$\frac{nx_1^2}{2kH} - \frac{nx_2^2}{2kH} = z.$$

Hieruit volgt:

$$v = \frac{kH}{2nl} z \quad \dots \quad (4).$$

In onderstaande tabel is voor een aantal waarden van z en l de grootte van v aangegeven.

Tabel 1.

WAARDEN VAN v IN FORMULE (4).

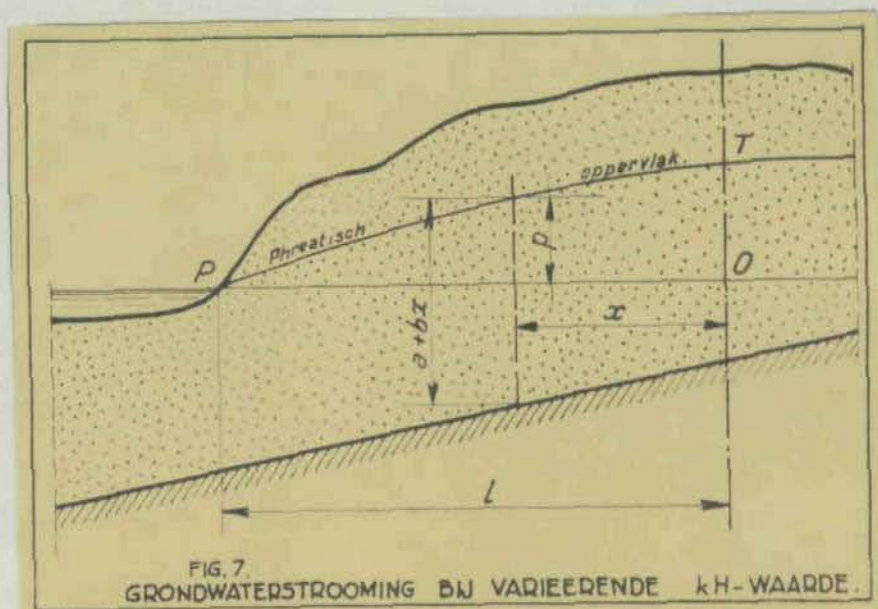
z \ l	Veluwe						Gooi					
	kH = 5000 m ² /etm		kH = 7500 m ² /etm		kH = 4000 m ² /etm		kH = 6000 m ² /etm		kH = 4000 m ² /etm		kH = 6000 m ² /etm	
	n = 350 mm/jaar		n = 300 mm/jaar		n = 350 mm/jaar		n = 300 mm/jaar		n = 350 mm/jaar		n = 300 mm/jaar	
20 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	4 250	4 500	4 000	4 250	4 500
25 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	4 250	4 500	4 000	4 250	4 500
30 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	0 000	4 250	4 500	4 000	4 250	4 500
6	782	626	522	1368	1094	912	1 111	1 111	1 111	1 111	1 111	1 111
7 1/2	978	782	652	1710	1368	1140	1 111	1 111	1 111	1 111	1 111	1 111
9	1174	938	782	2052	1642	1368	1 111	1 111	1 111	1 111	1 111	1 111
1	1 111	1 111	1 111	1 111	1 111	1 111	521	491	463	912	858	811
1 1/2	1 111	1 111	1 111	1 111	1 111	1 111	782	736	695	1368	1287	1216
2	1 111	1 111	1 111	1 111	1 111	1 111	1042	982	926	1824	1716	1622

De waarden voor l en z zijn zoo gekozen, dat zij - gelijk in het hoofd van de tabel is vermeld - betrekking hebben op den hydrologischen toestand van resp. Veluwe en Gooi. Hiermede wordt geduid op het volgende:

Het infiltratiegebied van de Veluwe eindigt in het noorden tegen het IJsselmeer en in het zuiden tegen den Rijn en de Over-Betuwe op niveau's, die 6 à 9 m in hoogte verschillen. Het valt te verwachten, dat de top van den grondwaterheuvel, wat de ligging in de richting noord - zuid betreft daardoor ten zuiden van het midden zal liggen. Inderdaad toonen de isohypsen van de Veluwe (bijlage XVI) dit beeld. Uit de tabel blijkt echter, dat deze verschuiving van weinig beteekenis is, zoodat de huidige ligging ver in het zuiden van den top niet uitsluitend aan bovengenoemde oorzaak kan worden toegeschreven. Hierop zal nog nader worden teruggekomen.

Bij de quantitative behandeling van den hydrologischen toestand van het Gooi (VIII 4), is gewezen op de verschuiving in oostelijke richting van de hier nagenoeg noord - zuid loopende waterscheiding als gevolg van het kunstmatig ingrijpen in den hydrologischen toestand door drinkwateronttrekking op de westelijke helling en de peilsverlaging van het "open water" in het westen door het bemalen van polders aan deze zijde. De invloed van den tweeden factor alleen is in de tabel aangegeven. Deze invloed is relatief belangrijk (van de orde van 1000 m), doch verklaart slechts een deel van de totale verschuiving, die bepaald werd op ca. 2750 m

Bij de studie van de grondwaterbeweging onder terreinen van groote uitgestrektheid, zooals de Veluwe, moet rekening worden gehouden met de helling van de ondergrens van het watervoerend pakket. Indien kH daardoor regelmatig toe- of afneemt, kan dit weer mathematisch worden uitgedrukt (fig 7).



Men heeft n.l.

$$kH = a + bx,$$

zoodat:

$$nx = -(a + bx) \frac{dp}{dx},$$

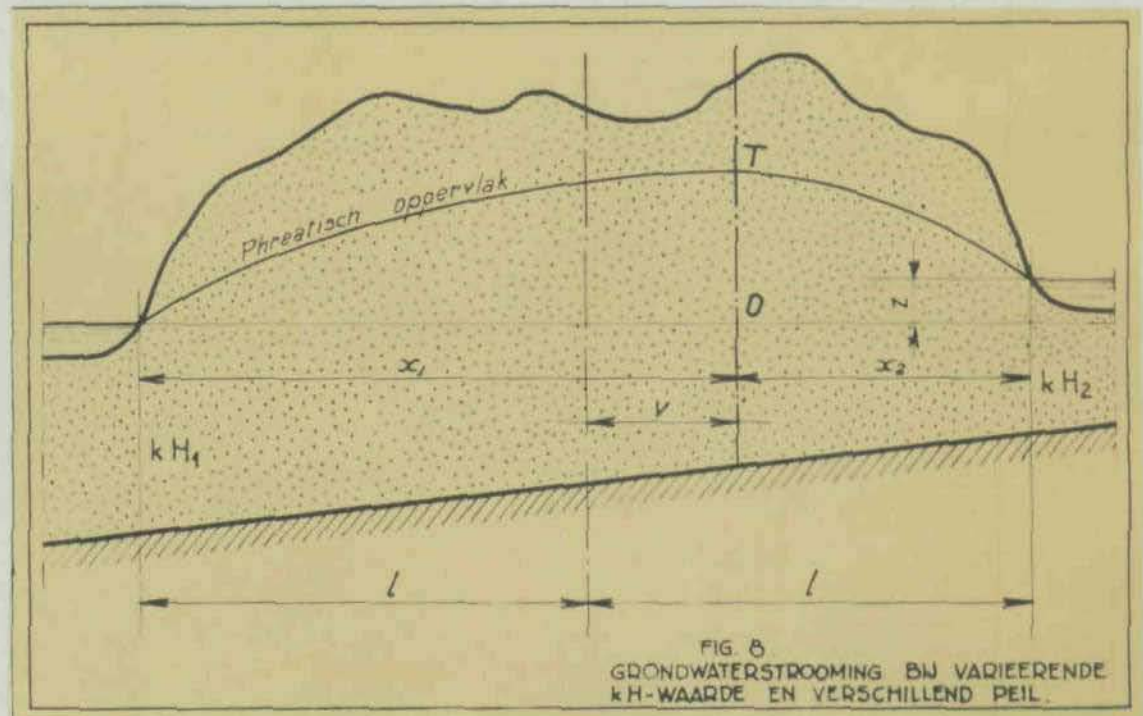
waaruit volgt:

$$p = n \left\{ \frac{a}{b^2} \ln(a + bx) - \frac{a + bx}{b^2} \right\} + c$$

en daar voor $x = l$, $p = 0$ moet zijn:

$$p = n \left(\frac{l - x}{b} + \frac{a}{b^2} \ln \frac{a + bx}{a + bl} \right) \quad (5).$$

In een lineair gebied met veranderlijke kH -waarde (in een richting, evenwijdig aan de strooming, zoals in fig 6) ligt de waterscheiding niet in het midden, doch is verschoven naar de zijde, waar deze waarde het kleinst is (fig 8).



Een exacte bepaling van v is zeer bezwaarlijk. In een concreet geval kan een probeermethode worden toegepast, waarbij x_1 en x_2 aangenomen worden en gecontroleerd wordt of bij de waterscheiding de potentialen p even groot zijn. Daarbij kan tevens de invloed van z in rekening worden gebracht.

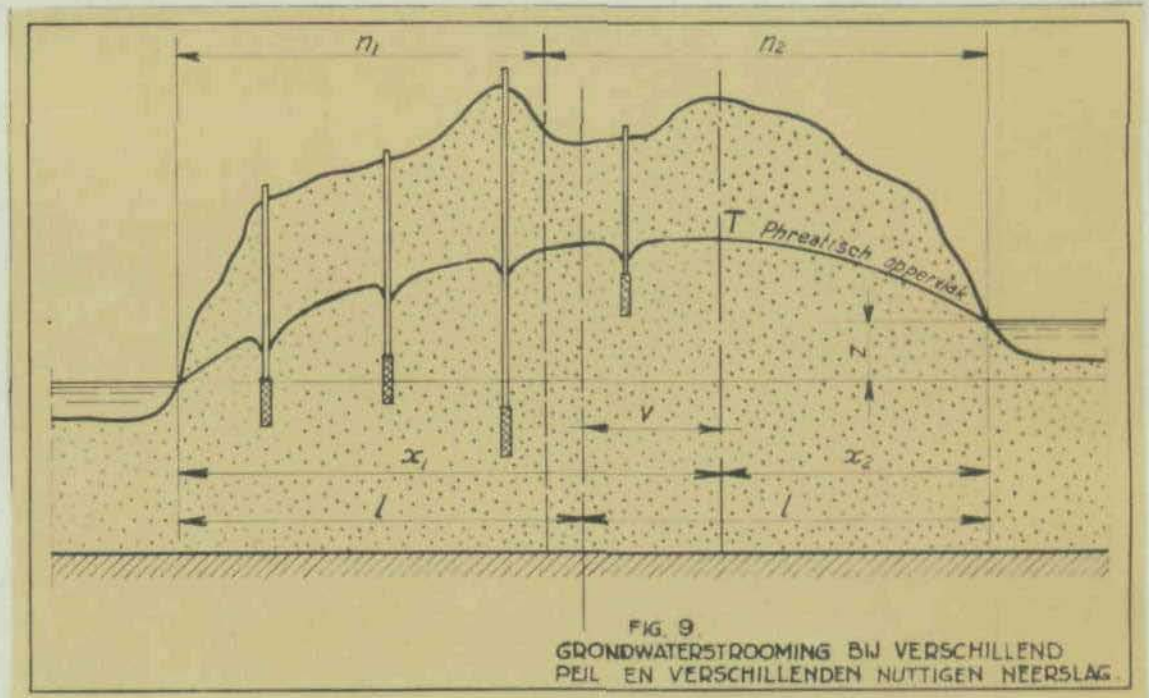
Neemt men voor de Veluwe:

$$\begin{aligned} 2l &= 50\,000 \text{ m,} \\ kH_1 &= 7\,500 \text{ m}^2/\text{etm,} \\ kH_2 &= 4\,000 \text{ m}^2/\text{etm (zie fig 2 tekst),} \\ z &= 9 \text{ m,} \end{aligned}$$

dan blijkt $x_1 = 29\ 000$ m, $x_2 = 21\ 000$ m en $OT = 54$ m.

Inderdaad is de verschuiving van T naar het zuiden dus aanzienlijk. Dat de weergave van den werkelijken toestand niet volkomen is (voor OT is een te hoog bedrag gevonden), is toe te schrijven aan den invloed van de afstroming op de flanken, dus naar het westen en oosten.

De invloed van drinkwateronttrekking in eenige punten van een infiltratiegebied, zooals op de westelijke helling van het Gooi, kan benaderend in rekening worden gebracht door een overeenkomstige vermindering van den nuttigen neerslag n (fig 9). Ook hierdoor treedt een verschuiving van de waterscheiding op en wel naar de zijde, waar n het grootst is. Een complicatie bij de uitwerking per berekening vormt de omstandigheid, dat de waterscheiding T niet behoeft samen te vallen met de grens der gebieden met verschillenden neerslag.



Mag dit wel aangenomen worden, dan is de berekening zeer eenvoudig:

$$x_1 + x_2 = 2l,$$

$$v = \frac{x_1 - x_2}{2}$$

en

$$\frac{n_1 x_1^2}{2kH} - \frac{n_2 x_2^2}{2kH} = z \quad \dots \quad (6).$$

Hieruit volgt voor het bijzondere geval, dat $z = 0$:

$$v = 1 \left(\frac{1 - \sqrt{\frac{n_1}{n_2}}}{1 + \sqrt{\frac{n_1}{n_2}}} \right) \dots \dots \dots (7).$$

Indien n_1 > n_2 is v positief, zoodat in fig 8 de waterscheiding naar rechts verschuift. Indien $n_1 = n_2$ is $v = 0$ (waterscheiding in het midden) en voor $n_1 = 0$ is $v = 1$ (geen grondwaterstroming).

Voorts is voor:

$n_1 = 0,9 n_2$	$v = 0,026$	l,
$n_1 = 0,75 n_2$	$v = 0,072$	l,
$n_1 = 0,5 n_2$	$v = 0,17$	l,
$n_1 = 0,25 n_2$	$v = 0,33$	l,
$n_1 = 0,1 n_2$	$v = 0,52$	l.

De veronderstelling, welke aan formule (6) ten grondslag ligt, is voor een praktische toepassing op den hydrologischen toestand van het noordelijk deel van het Gooi a posteriori te rechtvaardigen: uit de isohypsenkaart, behoorende bij het rapport van ir. van Leening (lit. 33) blijkt, dat in den huidige toestand (dus met een over ca 2750 m verschoven waterscheiding) de prise d'eau der drinkwaterbedrijven over de geheele westelijke helling van den grondwaterheugel verdeeld zijn.

Formule (6) nu maakt het mogelijk voor het Gooi den gezamenlijken invloed der beide factoren, te weten: het niveauverschil van het "open water" in het westen en in het oosten en de wateronttrekking op de westelijke helling te berekenen. In tabel 1 werd alleen de eerste factor in rekening gebracht, in formule (7) alleen de tweede.

De grootten van n_1 en n_2 kunnen worden afgeleid uit de rapporten van de gemeente Amsterdam en ir. van Leening betreffende den hydrologischen toestand van het Gooi (resp. lit. 7 en 33). Uit het eerstgenoemde - dat geldt voor het kleine, ca 3250 m lange stuk ter plaatse van de wateronttrekkingen - volgt $n_1 = 0,20 n_2$ en uit het laatste - geldende voor een 15 000 m lang deel van de westelijke helling - $n_1 = 0,78 n_2$. De verschuiving van de waterscheiding uit het midden is dus niet overal in het noorden gelijk. In werkelijkheid zal natuurlijk een zekere vereffening van verschillen optreden.

Berekent men voor de voor het Gooi geldende gemiddelde waarden van l , kH , n_1 en z van resp. 4250 m, 5000 m²/etm, 325 mm/jaar en $1\frac{1}{2}$ m, de verschuiving v , dan blijkt voor:

$n_1 = 0,20 n_2$	$v = -$
$n_1 = 0,2333 n_2$	$v = 4250$ m,
$n_1 = 0,25 n_2$	$v = 3970$ m,
$n_1 = 0,30 n_2$	$v = 3400$ m,
$n_1 = 0,50 n_2$	$v = 2150$ m,
$n_1 = 0,78 n_2$	$v = 1420$ m,
$n_1 = n_2$	$v = 991$ m.

Bij de aangenomen waarde van $z = 1\frac{1}{2}$ m, is voor $n_1 = 0,2333 n_2$ de verschuiving $v = 1$. De grondwaterspiegel is in dit geval een parabool, waarvan de top op de rechtergrens van het infiltratiegebied ligt. Hiervoor geldt dan ook:

$$z = \frac{2 n_1^2}{kH} \quad (\text{zie formule (2)}).$$

Bij nog kleinere waarden van n_1 gelden de praemissen voor de afleiding niet meer.

Uit bovengenoemde berekeningen blijkt, dat voor den hydrologischen toestand van het Gooi de verschuiving van de waterscheiding uit het midden, vergeleken met de breedte van het infiltratiegebied, zeer groot is. Gezien de ongelijke verdeling der prises d'eau is het juiste bedrag moeilijk vast te stellen. Ter plaatse van de onttrekking is deze zeker 4250 m, over het 15 000 m lange noordelijk deel gemiddeld 1420 m. Het is dus zeer plausibel, dat in het in bijlage XVI geteekende ca 10 km lange stuk een verschuiving p van ca 2750 m zou optreden.

WATERONTTREKKING VOOR DRINKWATERVOORZIENING EN INDUSTRIE-
EEL BEDRIJVEN IN HET NOORDELIJK DEEL VAN DE VELUWE.

In het rapport der commissie van Dissel van 1933
(lit 16) komen de volgende gegevens voor betreffende de
onttrekking van grondwater in het hier van belang zijnde
deel van het Veluwegebied.

Tabel 1.

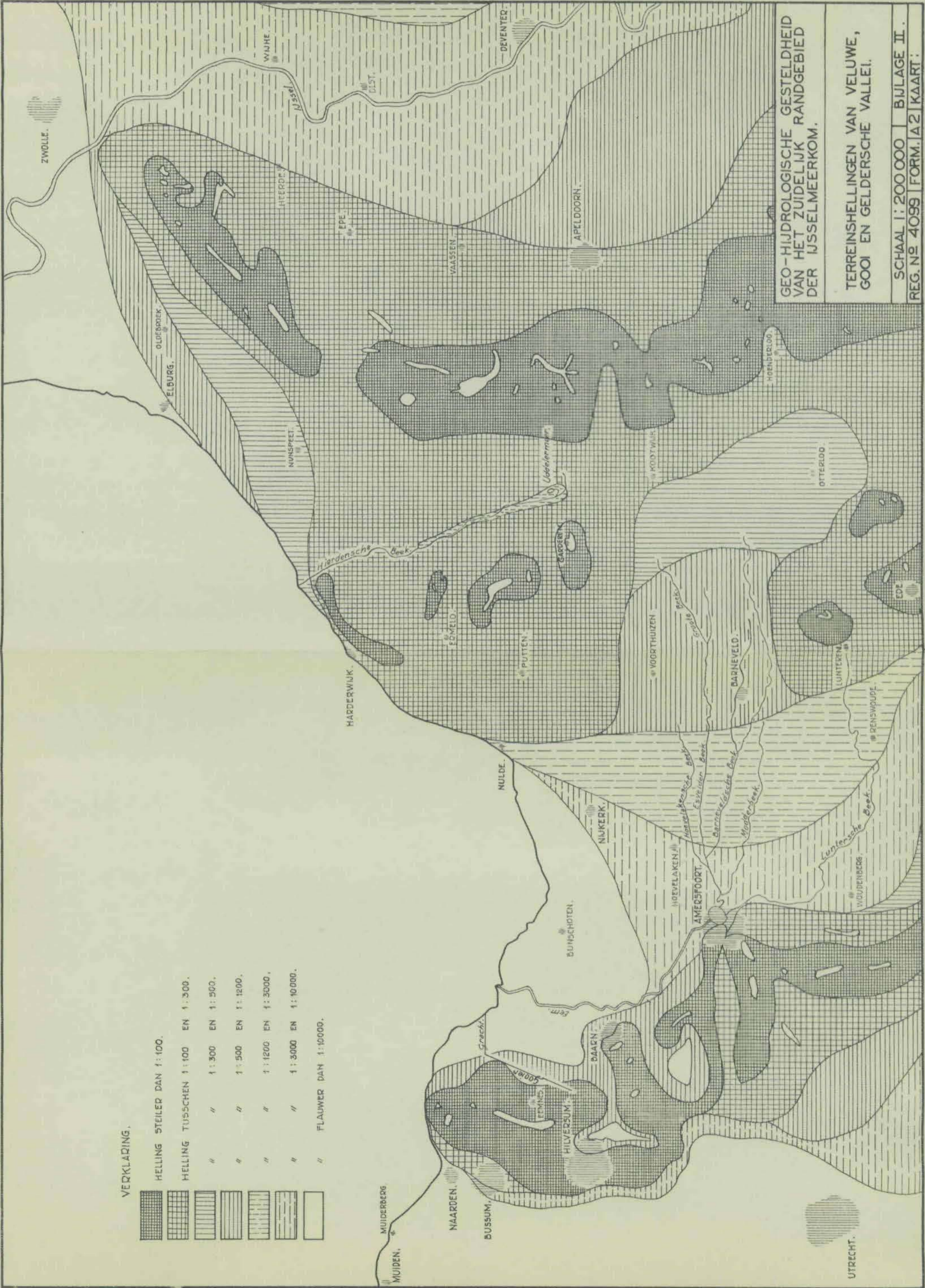
WATERONTTREKKING IN HET NOORDELIJK DEEL VAN DE VELUWE.			
Gemeente	Bedrijf	etmaal- verbruik in m ³	jaar- verbruik in m ³ afgerond
<u>Oldebroek</u>			
	Waterleiding van Kampen		553 000
	Zuivelfabriek	30	11 000
<u>Elburg</u>			
	Wasscherij		4 000
<u>Doornspijk</u>			
	Zuivelfabriek	120	37 000
	Houtzagerij	7,5	3 000
<u>Harderwijk</u>			
	Wasscherij		12 000
	Waterleiding		264 000
	Zuivelfabriek		8 000
	Vischmeelfabriek		582 000
	Zeeppabriek		1 000
<u>Ermelo</u>			
	Zuivelfabriek	30	9 000
	Idem	30	9 000
	Verffabriek	15	5 000
	Stichtingen 's Heerenloo enz.		4 000
<u>Putten</u>			
	Zuivelfabriek		26 000
	Wasscherij		2 000
<u>Nijkerk</u>			
	Waterleiding		144 000
	Wasscherij		4 000
	Zuivelfabriek		11 000
	Idem		11 000
Totaal:			1 700 000

Deze onttrekking lijkt over het algemeen onbeteeke-
nend, wanneer men bedenkt, dat zij in totaal slechts 2 à
4 % vormt van het ondergronds naar het IJsselmeer afstroo-
mende water. Daar het grootste deel in afgewerkten toe-
stand weer wordt afgevoerd, betreft het dus een omzetting
van grondwater in oppervlaktewater ¹⁾. Plaatselijk is wel-
licht de geconcentreerde wateronttrekking te Harderwijk
van eenig belang.

¹⁾. Een deel van den afvoer van den Andhuizerbeek is af-
valwater van een melkfabriek te Nunspeet.

VERKLARING.

	HELLING STEILER DAN 1:100.
	HELLING TUSSECHEN 1:100 EN 1:300.
	" " 1:300 EN 1:500.
	" " 1:500 EN 1:1200.
	" " 1:1200 EN 1:3000.
	" " 1:3000 EN 1:10000.
	" FLAUWER DAN 1:10000.

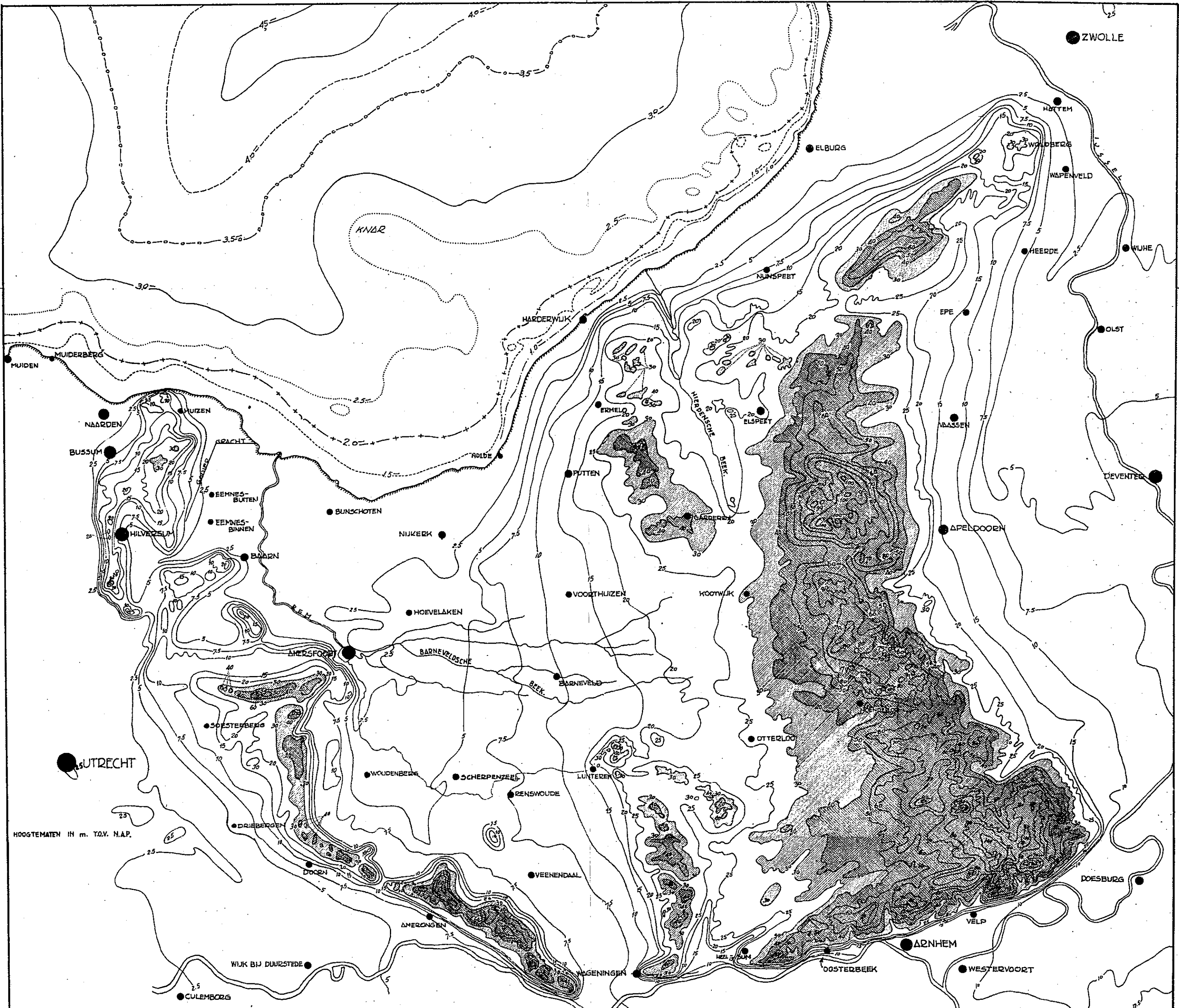


GEO-HYDROLOGISCHE GESTELDHEID VAN HET ZUIDELIJK RANDGEBIED DER IJSELMEERKOM.

TERREINHELLINGEN VAN VELUWE, GOOI EN GELDERSCH VALLEI.

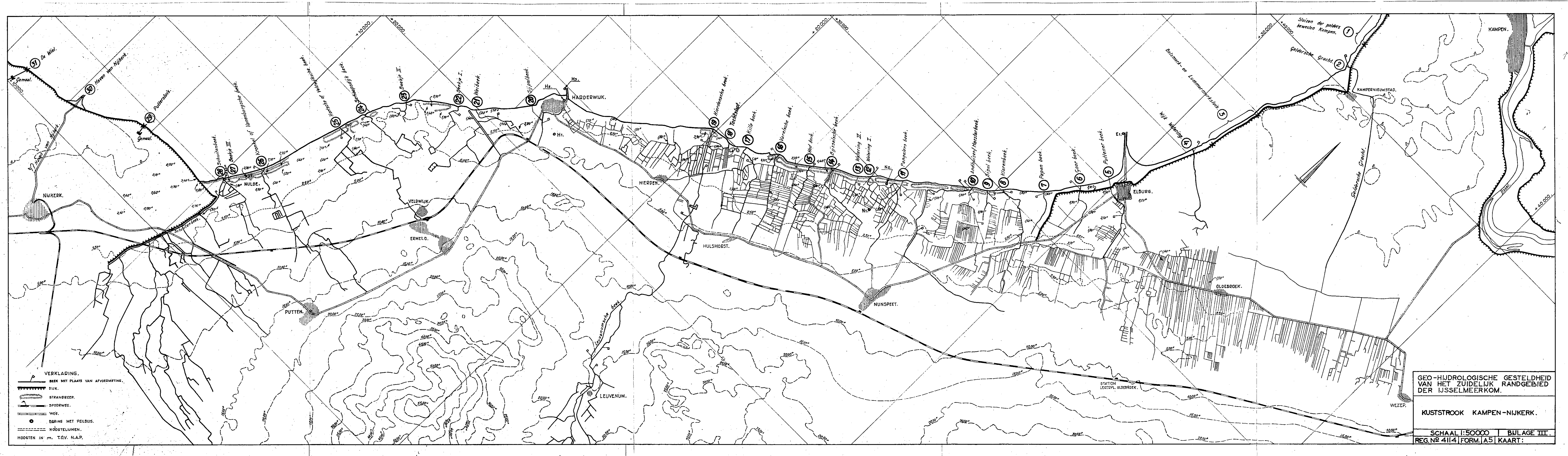
SCHAAL I: 200 000 | BIJLAGE II.
REG. N° 4099 | FORM. A2 | KAART:

UTRECHT.



HOOGTEMATEN IN m. TO.V. N.A.P.

GEO-HYDROLOGISCHE GESTELDHEID VAN HET ZUIDELIJK RANDGEBIED DER IJSELMEERKOM.		
HOOGTELINIEN VAN IJSELMEER, VELUWE, GOOI EN GELDERSCHE VALLEI		
Schaal 1:200.000	Bijlage I.	
Reg.no.4167	Form B 2	Kaart:



VERKLARING.

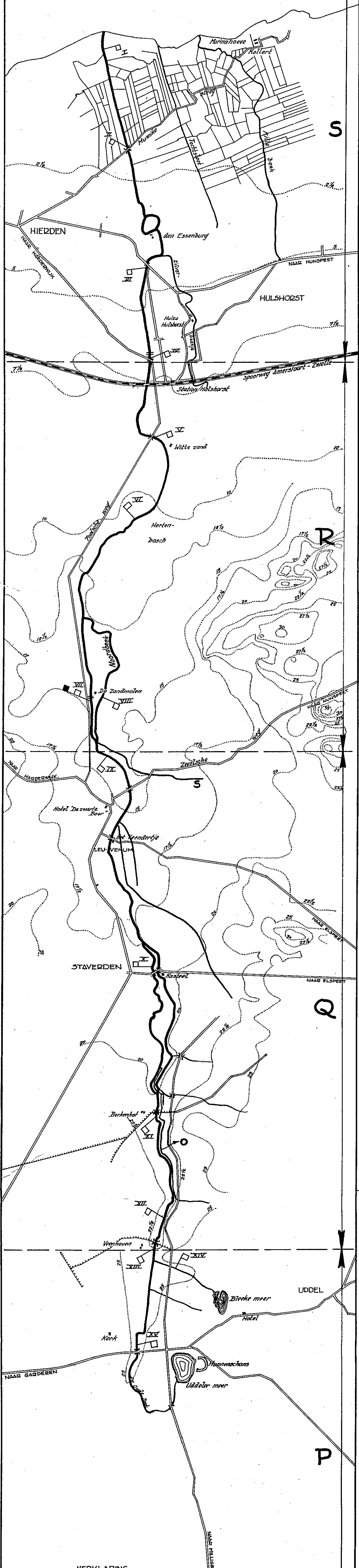
- BEEK MET PLAATS VAN AFVOERMETING.
- DIJK.
- STRANDREEP.
- SPOORWEG.
- WEG.
- DAM MET PEILBUS.
- HOOGTELINEN.
- HOOGTEN IN m. T.O.V. N.A.P.

GEO-HYDROLOGISCHE GESTELDHEID
VAN HET ZUIDELIJK RANDGEBIED
DER IJSSELMEERKOM.

KUSTSTROOK KAMPEN-NIJKERK.

SCHAAL 1:50000 | BILAGE III.
REG. NO 4114 FORM. A5 | KAART:

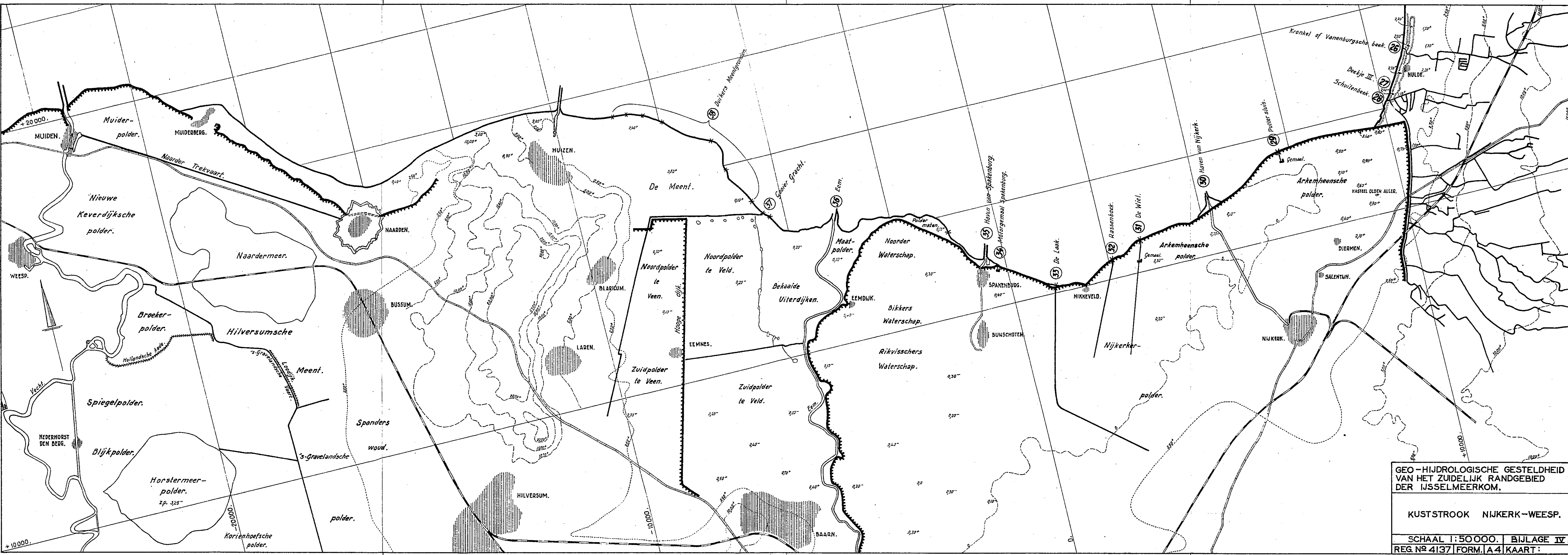
IJSS ELM EER



VERKLARING.

- BRUG
- STUW
- VERHARDE WEG
- " " IN UITVOERING
- RIJWIELPAD
- SPOORWEG
- AFVOERMETING EIND JULI 1943 EN EIND OCTOBER 1943
- " " COMMISSIE VAN DISSEL
- HOOGTELIJN

FIG. 1
STROOMLOOP HIERDENSCH E BEEK.
SCHAAL 1:25.000

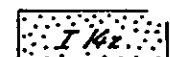

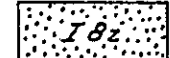


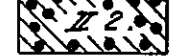
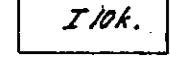
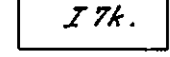
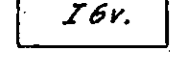
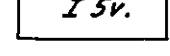
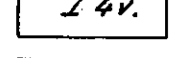
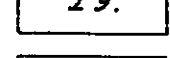
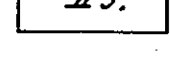


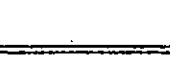


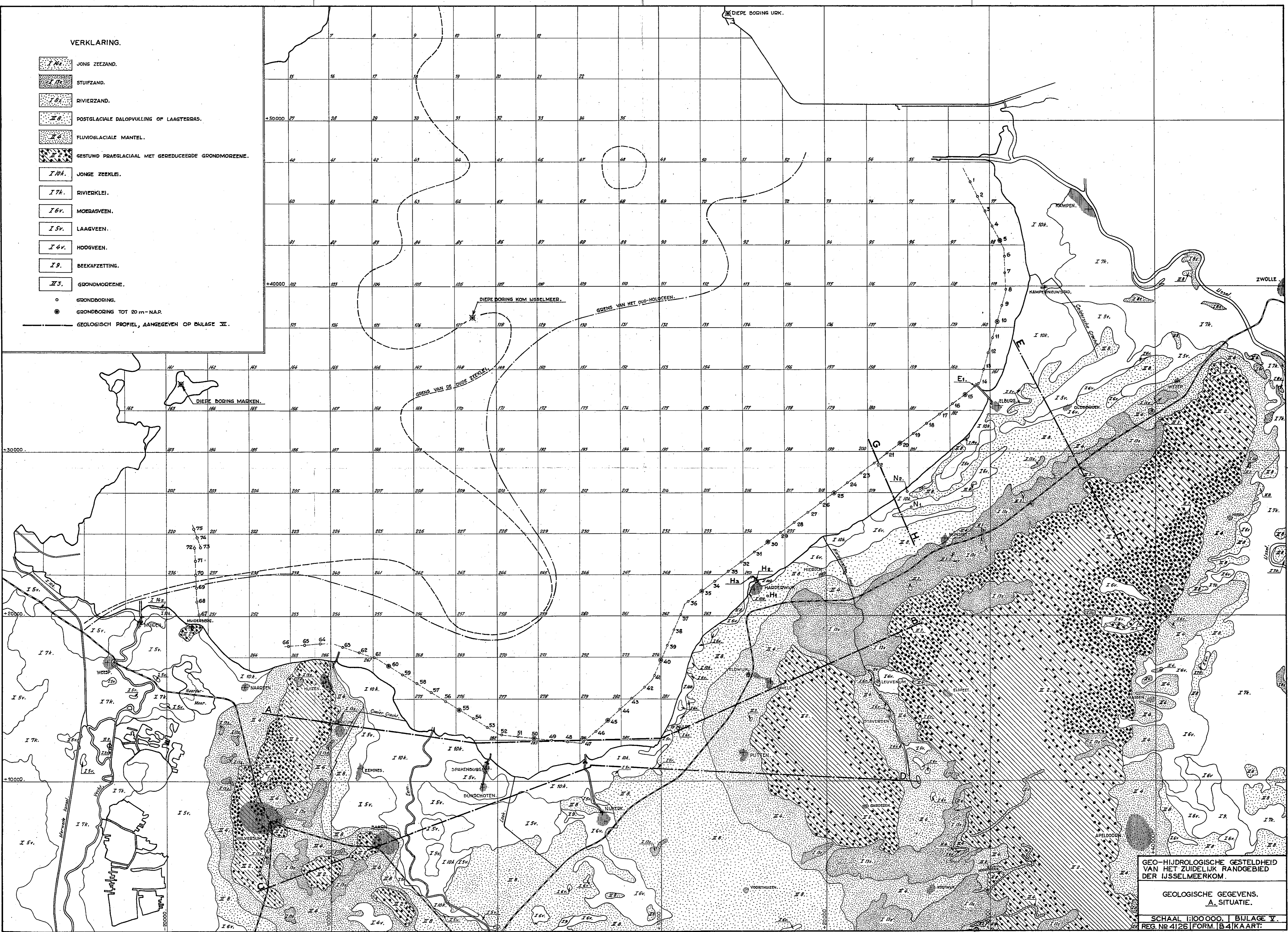
GEO-HYDROLOGISCHE GESTELDHEID
 VAN HET ZUIDELIJK RANDGEBIED
 DER IJSELMEERKOM.

KUSTSTROOK NIJKERK-WEESP.

SCHAAL 1:50 000. BIJLAGE IV.
 REG. N° 4137 FORM. A4 KAART:

VERKLARING.

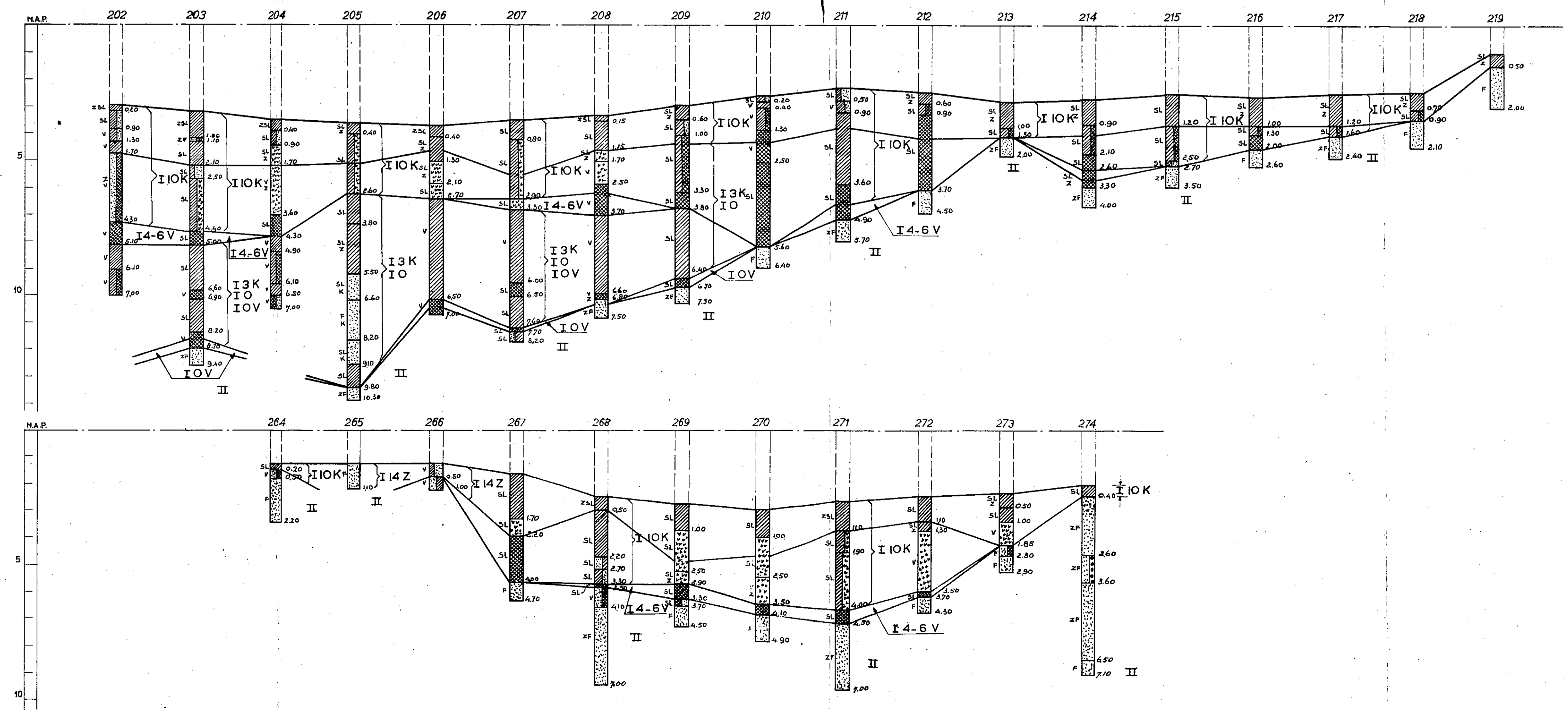
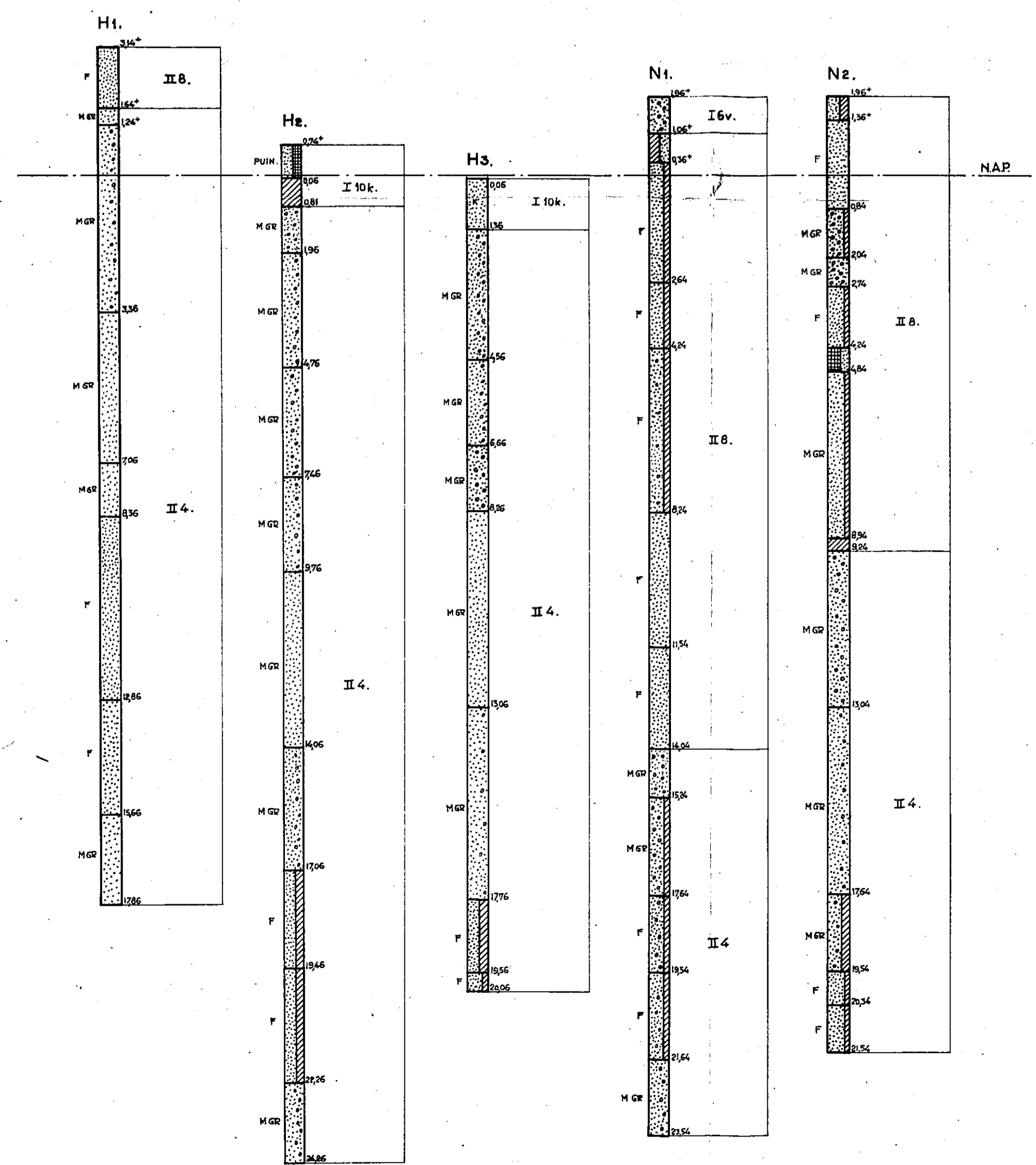
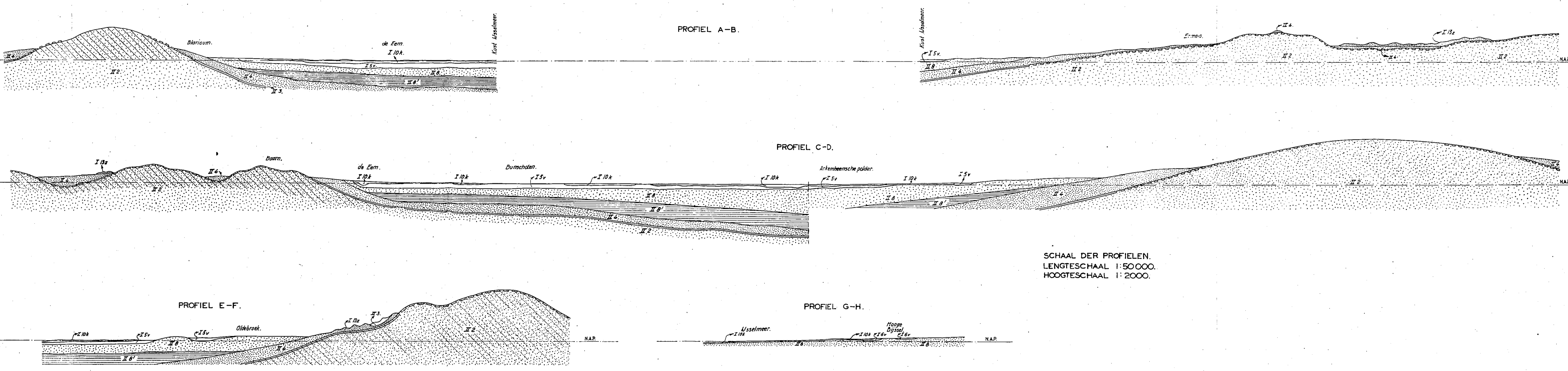
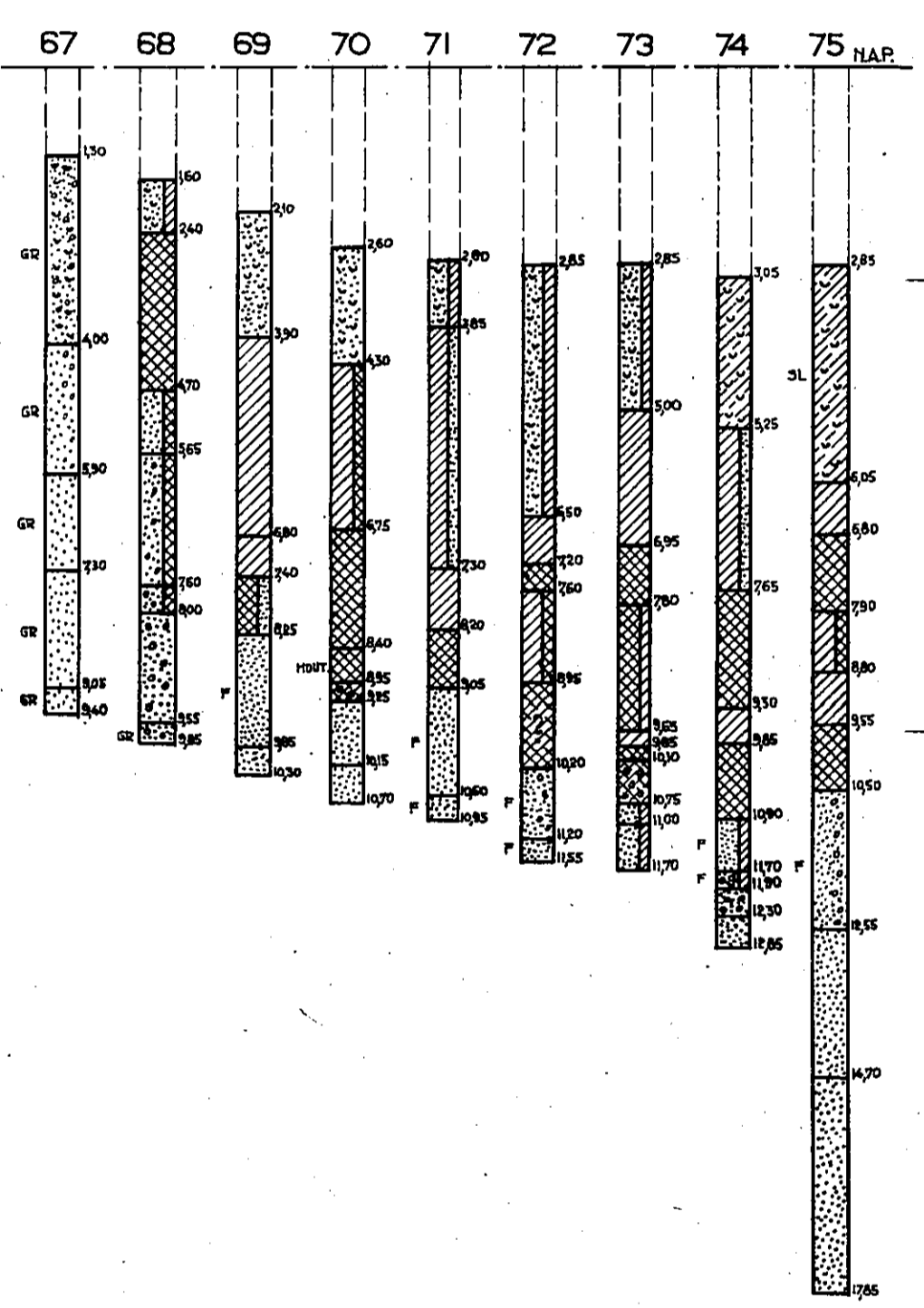
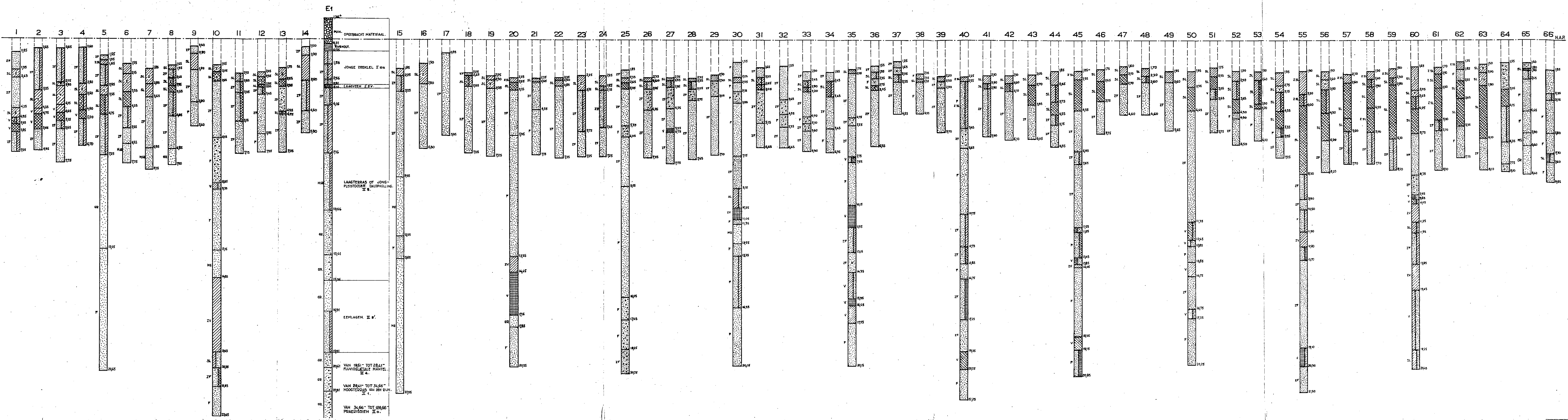
-  JONG ZEEZAND.
-  STUFZAND.
-  RIVIERZAND.
-  POSTGLACIALE DALOPVULLING OF LAAGTERRAS.
-  FLUVIO-GLACIALE MANTEL.
-  GESTUWD PRAEGLACIAAL MET GEREDUCEERDE GRONDMOREENE.
-  JONGE ZEELEI.
-  RIVIERKLEI.
-  MOERASVEEN.
-  LAAGVEEN.
-  HOOGVEEN.
-  BEEKAFZETTING.
-  GRONDMOREENE.
-  GRONDBORING.
-  GRONDBORING TOT 20 m-NAP.
-  GEOLOGISCH PROFIEL, AANGEGEVEN OP ENLAGE XI.



GEO-HYDROLOGISCHE GESTELDHEID
VAN HET ZUIDELIJK RANDGEBIED
DER IJSELMEERKOM.

GEOLOGISCHE GEGEVENS.
A. SITUATIE.

SCHAAL 1:100000. BIJLAGE V.
REG. Nr 4126 | FORM. 154 | KAART.



- VERKLARING.
- [Symbol] ZAND.
 - [Symbol] SLIBHOUDEND ZAND.
 - [Symbol] STERK SLIBHOUDEND ZAND.
 - [Symbol] VEENHOUDEND ZAND.
 - [Symbol] KEILEEMHOUDEND ZAND.
 - [Symbol] VEEN.
 - [Symbol] STERK ZANDIGE VEEN.
 - [Symbol] KLEIHOUDEND VEEN.
 - [Symbol] KEILEEM.
 - [Symbol] ZANDIGE KEILEEM.
 - [Symbol] STERK ZANDIGE KEILEEM.
 - [Symbol] KLEI.
 - [Symbol] ZANDIGE KLEI.
 - [Symbol] STERK ZANDIGE KLEI.
 - [Symbol] VEENHOUDENDE KLEI.
- F = F. 4. 2F = ZEED F. 4. V = V. 4.
 ZV = ZEED V. 4. SL = SL. 4. ZSL = ZEED SL. 4.
 GR = G. 4. M GR = M. 4. G. 4. V. 4.
 K = K. 4. V. 4. V. 4. V. 4.
 Z = Z. 4. V. 4. V. 4. V. 4.
 O = O. 4. V. 4. V. 4. V. 4.