

Anton van Rees
S.V.K.

ALTERRA
Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

nota 679

30 juni 1972

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding Wageningen

**ENKELE RESULTATEN VAN EEN GEOHYDROLOGISCH ONDERZOEK
IN MIDDEN - WEST - NEDERLAND**

E. van Rees Vellinga



164671

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ENKELE RESULTATEN VAN EEN GEOHYDROLOGISCH ONDERZOEK
IN MIDDEN-WEST-NEDERLAND

E. van Rees Vellinga

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

I N H O U D

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. BESCHRIJVING VAN HET GEBIED	1
3. OPZET VAN HET ONDERZOEK	2
4. KWARTAIRGEOLOGISCHE OPBOUW VAN HET GEBIED	3
5. DE BASIS VAN HET BOVENSTE WATERVOEREND PAKKET	5
6. HET BOVENSTE WATERVOERENDE PAKKET	7
7. HET AFDEKKENDE PAKKET	9
8. DE CHLORIDEGEHALTEN IN HET GRONDWATER	12
9. SAMENVATTING	14
10. LITERATUUR	15

1. INLEIDING

Verschillende problemen, verband houdend met de waterhuishouding van Midden-West-Nederland zijn voor het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (I.C.W.) aanleiding geweest een onderzoek ter hand te nemen in dit gebied. Als belangrijke vraagstukken kunnen worden genoemd de verzilting - onder andere door zoute kwel - van grond- en oppervlaktewater, de vervuiling van oppervlaktewater door industrie en plaatselijke lozing van afvalwater, en de toenemende exploitatie van grondwater. Alleen een grondige kennis van de omstandigheden waaronder deze - elkaar soms beïnvloedende problemen - zich manifesteren, maakt het mogelijk een goed inzicht in de situatie te verkrijgen.

Doel van deze nota is het mededelen van de resultaten van het geohydrologische onderzoek dat werd verricht, met andere woorden, het verduidelijken van het milieu waarin het grondwater zich bevindt en zich meer of minder verplaatst. Door middel van een twintigtal geohydrologische profieldoorsneden en enkele kaarten, waaronder diktekaarten van het bovenste watervoerende pakket en de afdekkende lagen, is getracht een inzicht te geven in het voorkomen, de verbreiding en de dikte van watervoerende lagen en van lagen met geringe doorlatendheid.

In het onderzoek werd niet zozeer de nadruk gelegd op het in detail onderscheiden van aardlagen van verschillende ouderdom of geologische ontstaanswijze, hoewel dit wel op summiere wijze wordt behandeld. Hoofddoel was het onderkennen van hydrologisch belangrijke pakketten, terwijl ook aandacht werd geschonken aan het chloridegehalte van het grondwater.

2. BESCHRIJVING VAN HET GEBIED

Het onderzochte gebied wordt in het noorden begrensd door het Noordzeekanaal, in het westen door de Noordzee, in het zuiden door de Nieuwe

Waterweg, Nieuwe Maas en Lek, terwijl de oostgrens wordt gevormd door een denkbeeldige lijn van de Lek, via Oudewater naar Amsterdam (fig. 1). Het hele gebied is - met uitzondering van de duinstreek langs de kust - een typisch Hollands polderlandschap. De oppervlakte is ruim 200 000 ha.

3. OPZET VAN HET ONDERZOEK

Teneinde een juist inzicht te krijgen in de opbouw van de ondergrond, was het nodig om over zoveel mogelijk boorgegevens te kunnen beschikken. Door het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening (R.I.D.) te 's-Gravenhage werden 2150 boorbeschrijvingen ter beschikking gesteld. In die delen van het gebied waar weinig of niets over de opbouw en samenstelling van de ondergrond bekend was, werden door het I.C.W. aanvullende boringen verricht. Zo werden in de jaren 1968 tot en met 1971 een zeventigtal pulsboringen geplaatst, in diepte variërend van 26 tot 91,50 m beneden het maaiveld. De monsters werden lithologisch beschreven en van enkele boringen werd een zware mineralenanalyse uitgevoerd.

Voor kennis omtrent de chemische samenstelling van het grondwater - in dit geval vooral het gehalte aan chloride - werden van het R.I.D. 1500 analyseresultaten uit 828 putten verkregen. Door het I.C.W. werden in de verrichte boringen totaal 95 filters geplaatst, waaraan grondwatermonsters werden onttrokken voor een analyse van de voornaamste ionen en eigenschappen. Deze analyses werden ook op het R.I.D. verricht. Bovendien werd uit 500 tijdelijke filters een monster genomen voor het bepalen van het chloridegehalte op diverse niveaus.

In totaal stonden dus voor dit onderzoek de gegevens van meer dan 2200 boringen en bijna 2100 grondwateranalyses ter beschikking.

Op de lokatiekaart (fig. 1) zijn de boringen afkomstig van het R.I.D. weergegeven volgens nummer binnen het topografisch kaartblad 1:25 000. Zo is bijvoorbeeld boring 5 op het kaartblad 37B, volgens het archief van het R.I.D. de boring 37B/5. De boringen van het I.C.W. zijn aangegeven met de letter H (voor Zuid-Holland) en G (voor Noord-Holland). De punten ho en hd, die hier en daar op de lokatiekaart voorkomen, zijn waarnemingspunten ter verkrijging van gegevens over de weerstand tegen verticale stroming van het afdekkend pakket (WIT, 1972).

Uit de boorgegevens werden 20 geohydrologische profieldoorsneden geconstrueerd (profielen A-A' tot en met T-T'), en wel 12 in oost-west richting en 8 in noord-zuid richting.

De lokatie hiervan kan worden gevonden op fig. 1. Zoveel mogelijk chloridecijfers werden ingetekend, teneinde een indruk te verschaffen over de grootte van en de variatie in het gehalte aan chloride van het grondwater op verschillende niveaus.

In de profielen is, naast enige stratigrafische informatie en de lithologie, vooral de nadruk gelegd op de hydrologische basis, het bovenste watervoerende pakket en de afdekkende lagen. Hiervan werden de aanwezigheid, het niveau, de verbreiding en zo mogelijk de dikte aangegeven. De resultaten worden op kaarten weergegeven (fig. 3, 4 en 6).

Op fig. 5 wordt de verbreiding getoond van de Eemformatie en de Formatie van Schouwen. Door de veelheid van gegevens kon de grens van het voorkomen van deze mariene afzettingen nauwkeuriger worden bepaald dan vroeger het geval was.

4. KWARTAIRGEOLOGISCHE OPBOUW VAN HET GEBIED

De definitieve ondoorlatende basis voor de watervoerende pakketten in West-Nederland wordt gevormd door de afzettingen van het Oligoceen. De kleilagen hiervan liggen echter op grote diepte, en er zijn weinig gegevens over bekend. In Rotterdam is de septarienklei in het Oligoceen aangeboord op 454 m - NAP, in 's-Gravenhage op ca. 400 m - NAP. Op het Oligoceen liggen achtereenvolgens Miocene, Pliocene en Oud-Pleistocene afzettingen, waarvan de schaarse boorgegevens aangeven, dat zij hoofdzakelijk bestaan uit slibhoudende of lemige zanden en kleien. De eerste afzetting waar iets meer van bekend is, is het mariene Icenien (fig. 2, 7). Deze Oud-Pleistocene formatie komt onder het gehele onderzoeksgebied voor, hellende van zuid naar noord. Zij wordt aangetroffen in Maassluis op meer dan 80 m - NAP en onder Amsterdam op bijna 200 m - NAP met een dikte van meer dan 100 m (PANNEKOEK, 1956; ZONNEVELD, 1958; FABER, 1960). Het mariene Icenien bestaat voornamelijk uit vaak schelphoudende slibhoudende fijne zanden en kleien; een enkele keer komen echter ook grovere zanden voor (zie bijv. de profielen J-J' en L-L').

Boven het mariene Icenien liggen de Formaties van Kedichem en Tegelen. Deze afzettingen worden gewoonlijk in het westen van Nederland samengenomen, omdat het niet goed mogelijk is zonder meer een

duidelijke grens - die in het zuiden van ons land wel te vinden is - vast te stellen. De twee formaties werden door de Rijn en de Maas afgezet. Zij bereiken in het zuiden van het onderzoeksgebied een dikte van ongeveer 70 m, in het noorden is de dikte meer dan 100 m. De Formatie van Tegelen bestaat voor een groot deel uit grove zanden, en vermeer uit de bekende Klei van Tegelen. De Formatie van Kedichem bestaat grotendeels uit fijne slibhoudende zanden en kleien, terwijl er ook grove zanden voorkomen. De bovenkant van de laatste helt van zuid naar noord, in het zuiden van het gebied wordt zij aangetroffen op ruim 20 m - NAP, terwijl in het noorden de diepte meer dan 80 m - NAP is. Sterke afwijkingen in de diepte van het oppervlak van de Formatie van Kedichem komen voor, vermoedelijk alle als gevolg van erosie, maar ook mogelijk door tectonische oorzaken. In deze nota wordt dit vlak dat meestal kleiig ontwikkeld is, beschouwd als de basis van het bovenste watervoerend pakket in het grootste deel van het gebied.

Ongeveer tegelijkertijd met de Formatie van Kedichem werd, onder invloed van oostelijke rivieren, in het noorden en midden van ons land de Formatie van Harderwijk afgezet. Deze afzetting die meest uit grove zanden en grinden bestaat, zal in het noorden van het onderzoeksgebied verbinding hebben met de Formatie van Kedichem, en zelfs schijnen de beide formaties daar vertand in elkaar over te gaan (GEIRNAERT, 1972).

Op de Formatie van Kedichem vond in het Midden- tot Jong-Pleistoceen sedimentatie plaats van grove grindhoudende zanden door de Rijn (de Formaties van Sterksel en Urk). In het Jong-Pleistoceen werden na de Saale (Riss)-IJstijd door de zee twee soorten afzettingen neergelegd (fig. 5, 7). In het noorden van het gebied ontstond tijdens het Eemien de Eemformatie, een pakket homogene slibarme grove zanden met een rijke schelpenfauna. In het zuiden van Midden-West-Nederland werd de Formatie van Schouwen neergelegd, eveneens bestaande uit homogene slibarme grove zanden, echter met een afwijkende schelpenfauna. Men neemt thans aan dat de laatste ook tijdens het Eemien is ontwikkeld. Beide formaties worden op de profielen samengenomen als Eemformatie. Tijdens en na het Eemien trad ook de Rijn weer op in het gebied en sedimenteerde grove zand- en grindpakketten (de Formatie van Kreftenheije)

Alle hiervoor genoemde grove en grindhoudende lagen op de Formatie van Kedichem vormen in Midden-West-Nederland het bovenste watervoerende pakket. In het noorden van het gebied (ruwweg ten noorden van de lijn Noordwijk-Amstelveen) behoren de fluvioglaciale afzettingen, aangevoerd tijdens de Saale (Riss)-IJstijd (Formatie van Drente, fig. 2, 7) deels

tot het bovenste watervoerende pakket (de grove zanden en grinden), deels tot de basis hiervan (glaciale kleien en lemen).

Het bovenste watervoerend pakket wordt afgedekt door plaatselijk voorkomende Jong-Pleistocene dekzanden en door meestal Holocene kleien, lemen en venen.

5. DE BASIS VAN HET BOVENSTE WATERVOEREND PAKKET

Ofschoon steeds in discussie blijft tot welke diepte de grondwaterstromingen die tot aan de oppervlakte hun invloed doen gelden, een rol spelen, wordt er in deze studie voorlopig van uitgegaan dat de basis van het bovenste watervoerend pakket wordt gevormd door twee verschillende slecht doorlatende niveaus. Ten zuiden van de lijn Noordwijk-Amstelveen is dit de meestal kleiïg ontwikkelde bovenkant van de Formatie van Kedichem; ten noorden van deze lijn wordt de basis gevormd door soms de bovenzijde van de Formatie van Kedichem, soms door glaciale lemen, kleien of slibhoudende zanden van de Formatie van Drente. Plaatselijk komt het voor, dat kleien of lemen van Midden- tot Jong-Pleistocene ouderdom, als deze in grote dikte voorkomen, de basis vormen.

In de geohydrologische profielen werd zoveel mogelijk de bovenzijde van de Formatie van Kedichem aangegeven. De afzettingen bestaan voornamelijk uit fijne slibhoudende zanden, afgewisseld met kleilagen. Hiermee wordt bevestigd wat PANNEKOEK (1956), ZONNEVELD (1958), HAGEMAN (1964) en GEIRNAERT (1972) vermelden.

Bij het onderhavige onderzoek is gebleken dat - hoewel de bovenkant van de formatie meestal uit klei, leem of slibhoudend zand bestaat - er in Midden-West-Nederland op verschillende plaatsen vrij dicht hieronder toch weer grof zand in aanzienlijke dikte kan voorkomen, zoals bijvoorbeeld in de boringen H71 (profiel H-H'), H77 (profiel G-G'), H89 en 38D/107 (profiel J-J') en 31C/80 (profiel Q-Q'). Het is natuurlijk mogelijk dat hier al sprake is van de grofzandige lagen van de Formatie van Tegelen.

Een ander facet dat in deze profielen naar voren komt, is de sterke versnijding in het oppervlak van de Formatie van Kedichem (POMPER, 1972). Het blijkt dat een vertakt stelsel van geulen bestaat (fig. 3), waardoor de dikte van het bovenste watervoerend pakket zeer varieert.

Dit wordt bijvoorbeeld gedemonstreerd op profiel P-P'. Op een enkele plaats ontbreken de Formaties van Tegelen en Kedichem geheel en lijkt het grofzandige pakket direct op het mariene Icenien te liggen (profiel N-N'). Waarschijnlijk hebben de opeenvolgende Midden- en Jong-Pleistocene rivieren zich hier en daar diep ingesneden, zoals dat ook in de Gelderse Achterhoek is aangetoond (ERNST e.a., 1970; VAN REES VELLINGA en DE RIDDER, 1972), terwijl tectonische oorzaken niet geheel uitgesloten mogen worden. In het noorden werden ook diepe geulen waargenomen; deze zullen grotendeels van glaciële oorsprong zijn.

De belangrijkste geulen die in de bovenkant van de Formatie van Kedichem werden gevonden, zijn op fig. 3 weergegeven. De diepste komt voor ten noordoosten van 's-Gravenhage, waar in boring 30E/66 (profiel N-N') een diepte werd geconstateerd van 123 m - NAP, terwijl in de omgeving de diepte omstreeks 70 m - NAP is. Ten zuiden van 's-Gravenhage en ten zuidwesten van Haarlem werden ook geulsystemen waargenomen. De ligging van de slecht doorlatende basis varieert dientengevolge sterk. Komen, zoals genoemd, in de geulen diepten voor van meer dan 100 m - NAP, over het algemeen - als men de geulen buiten beschouwing laat - ligt de bovenkant van de Formatie van Kedichem in het zuiden op 20 tot 30 m - NAP, in het centrum op 30 tot 40 m - NAP, terwijl in het noorden de glaciële lemen weer op zeer verschillende diepten worden gevonden, ongeveer variërend van 35 tot meer dan 80 m - NAP.

In deze nota wordt ervan uitgegaan dat de Formatie van Kedichem de ondoorlatende basis van het bovenste watervoerend pakket vormt. Er zijn redenen die de vraag rechtvaardigen of deze formatie wel zo afsluitend is. Vele geulen in het oppervlak zijn niet tot op de bodem afgeboord en soms komen grove zanden in de bovenste 10 m voor.

In de Hoekse Waard (polder 'De Oude Korendijk') werd bij een hydrologisch onderzoek door het I.C.W. (DE RIDDER en WIT, 1965) vastgesteld, dat bij één van de pompproeven de stijghoogten van het grondwater in de Formatie van Kedichem in geringe mate meedaalden met die van het watervoerend pakket waaruit werd gepompt. Ook in de Amsterdamse waterleidingduinen is geconstateerd dat de Formatie van Kedichem zo weinig waterkerend was, dat het mariene Icenien als basis van de aquifer moest worden aangenomen (HUISMAN, 1959). Eenzelfde geval deed zich voor bij een pompproef van het I.C.W. in de Zilkerpolder bij Hillegom (POMPER, 1971).

Uit ons onderzoek is echter wel duidelijk geworden, dat bijna overal de Formatie van Kedichem met klei of slibhoudend zand is afgedekt. Ook in de geulen waar de bodem is bereikt, is steeds slecht doorlatend materiaal aangetroffen. Zolang nog niet duidelijk is aangetoond dat dit grote verschillen oplevert in de berekening van de hydrologische constanten, lijkt het verantwoord voorlopig deze formatie als basis voor het bovenste watervoerend pakket in het onderzoeksgebied te handhaven.

Wat betreft de duinen, voor dit gebied gelden aparte normen. Ook andere verschijnselen die de hydrologie beïnvloeden (de diepe geulen, de samenstelling van het afdekkende pakket), wijken hier geheel af van de rest van Midden-West-Nederland.

6. HET BOVENSTE WATERVOERENDE PAKKET

De grove grindhoudende zandlagen die in Midden-West-Nederland het medium vormen voor de overwegend horizontale stroming van het grondwater, bestaan uit materiaal van zeer verschillende herkomst en ouderdom.

Na de tijd waarin de Formatie van Kedichem ontstond, was het vooral de Rijn die in een verwilderd riviersysteem in verschillende perioden zanden en grinden sedimenteerde. In het Midden-Pleistoceen werd de Formatie van Sterksel afgezet, in het Midden- tot Jong-Pleistoceen de Formatie van Urk, en in het Jong-Pleistoceen de Formatie van Kreftenheije.

In het noordoosten van het gebied, in de omgeving van Amsterdam, werd ongeveer tegelijkertijd met de Formatie van Sterksel door oostelijke rivieren de Formatie van Harderwijk neergelegd.

De Saale (Riss)-IJstijd was de periode waarin zanden, grinden en lemen van noordelijke herkomst werden afgezet, welke in het noorden van het onderzoeksgebied (gedeeltelijk) respectievelijk tot de vorming van het watervoerend pakket en de ondoorlatende basis bijdroegen.

Door de zeeslottede werd na de Saale-glaciatie in een groot deel van Midden-West-Nederland een grofzandig sediment afgezet, en wel in het noorden de Eemformatie en in het zuiden de Formatie van Schouwen.

In een groot gedeelte van het gebied komt als laatste Pleistocene afzetting dan nog een laag dekzand voor, die vermoedelijk aeolisch is afgezet en meestal fijnzandig en slibhoudend is.

Met uitzondering van de mariene formaties uit het Eemien (op de profielen samengenomen als Eemformatie), is bij dit onderzoek geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende hierboven genoemde afzettingen. Het onderscheiden is in vele gevallen wel mogelijk, op grond van zware mineralenanalyses, palaeobotanische, macro- en micropalaeontologische analyses, terwijl de lithologische kenmerken al aanwijzingen kunnen geven. Het lag echter meer in de lijn van het onderzoek de nadruk te leggen op de hydrologische facetten van de ondergrond en, omdat de hydrologische eigenschappen van de verschillende formaties niet veel uiteenlopen, werden alle fluviatiele en glaciële grofzandige lagen in één pakket samengenomen. Op de profieldoorsneden werden zij aangegeven als Pleistocene fluviatiele en/of glaciële afzettingen.

Op fig. 4 is de dikte van het bovenste watervoerende pakket weergegeven. Voornamelijk als gevolg van de variatie in diepte van de ondoorlatende basis komen nogal grote verschillen voor. Over het algemeen kan gezegd worden dat in het zuiden een dikte van minder dan 10 m vrij veel voorkomt, terwijl de dikten van 10 tot 20 m overheersen. In het centrum van het gebied komt een dikte van 20 tot 40 m het meeste voor. In het noorden zijn grotere dikten waargenomen tot meer dan 60 m. Door het gebied lopen zones met belangrijk hogere waarden dan de directe omgeving. Deze corresponderen meestal met de geulen in de bovenkant van de Formatie van Kedichem.

Het belangrijkste hydrologische gegeven van een watervoerend pakket is het doorlatend vermogen (kD-waarde). Dit kan onder andere worden geschat door de dikte (D) van de afzonderlijke opeenvolgende lagen te vermenigvuldigen met hun doorlaatfactor (k). Fig. 4 geeft een indruk van de orde van grootte van de dikte. Behalve de dikte varieert echter ook de doorlaatfactor zeer sterk, voornamelijk door de verschillende grofheid en sortering van de zanden, door het slibgehalte en het voorkomen van grind. Zo wisselt bijvoorbeeld in boring H83 de doorlaatfactor in de lagen van het watervoerend pakket van 10 tot 40 m per dag, terwijl ook nog waarden voorkomen van 78 en 109; in H72 komen doorlaatfactoren voor van 30 en 275 m per dag; in H52 werden onder meer 27 en 58 m per dag gevonden.

Hieruit blijkt dat een diktekaart zonder meer onvoldoende informatie verschaft omtrent het doorlatend vermogen van een zandpakket; men kan er wel een zeer globale indruk uit verkrijgen. In dit verband is een verge-

lijking interessant van deze diktekaart en de kD-waardenkaart van WITT en VAN REES VELLINGA (1970). Ofschoon in de laatste eenzelfde patroon opvalt, is het niet mogelijk uit de diktekaart een dergelijk resultaat te krijgen.

Een belangrijk onderdeel van het watervoerend pakket vormen de Eemformatie en de Formatie van Schouwen. De sedimenten van deze twee mariene afzettingen uit het Eemien bestaan voor het grootste deel uit homogene grove zanden met schelpen. De doorlatendheid is over het algemeen vrij groot, vooral als gerekend wordt dat de schelpen ten dele de functie van het grind in rivierafzettingen hebben, wat betreft de doorlaatfactor.

De periode tijdens welke deze zanden werden gesedimenteerd, was de laatste waarin een grote langdurige transgressie plaats had. Een groot deel van Midden-West-Nederland was toen gedurende vele eeuwen door zeewater overdekt. Gezien de mogelijke invloed van deze situatie op de huidige hydrologische omstandigheden in het gebied, werd de verbreiding van de betreffende zandpakketten zo nauwkeurig mogelijk nagegaan. Dit was mogelijk door het grote aantal boorgegevens dat beschikbaar was. In grote lijnen komt het verbreidingsgebied overeen met het beeld dat ZONNEVELD (1958) en SPAINK (1958) reeds gaven, doch er komen enkele opvallende afwijkingen voor (fig. 5).

7. HET AFDEKKENDE PAKKET

In Midden-West-Nederland worden de bovenste watervoerende lagen van de oppervlakte gescheiden door een afdekkend pakket van variërende samenstelling. De afdekkende lagen zijn meest van Holocene ouderdom. Hoofdzakelijk onder invloed van de zee en de wisselende klimaatsomstandigheden werden kleien, lemen, venen en zanden afgezet.

Als grens tussen het Pleistoceen en Holoceen wordt in de praktijk gewoonlijk aangenomen het Basisveen of Veen-op-grotere-diepte. Dit komt, met uitzondering van de duinstreek en enkele stroken in de Haarlemmermeer en bij 's-Gravenhage, over grote oppervlakten in het onderzoeksgebied voor (PONS en BENNEMA, 1958). Het Basisveen is gewoonlijk slechts 2 tot 20 cm dik; daar het sterk ingeklonken is en slib bevat, is het vaak hard en taai en heeft een grotere hydrologische betekenis dan de dikte zou doen vermoeden. Speciaal heeft het een

hoge weerstand voor verticale grondwaterstroming. Boven dit veen komt vaak in het noorden van het gebied de Hydrobia-klei (Laag van Velsen) voor (PONS en WIGGERS, 1959 en 1960), een bagger- of gyttja-achtige kleilaag, herkenbaar aan de vele Hydrobia-schelpjes en sommige andere schelpensoorten.

Op beide bovengenoemde lagen rusten fijnzandige slibhoudende wadafzettingen - soms tot een dikte van meer dan 10 m - die op hun beurt afgedekt zijn door kleien, lemen, zanden en venen.

In enkele delen van het gebied wijkt de opbouw als hierboven geschetst min of meer af. Vooral in de duinstreek - op fig. 6 globaal aangegeven - komen zones voor, waar de duinzanden direct op de pleistocene rivierafzettingen liggen en hiermee één groot watervoerend pakket vormen. Het afdekkend materiaal, in dit geval het duinzand, biedt dus op dergelijke plaatsen geen of minder weerstand tegen de verticaal gerichte grondwaterstroming. Deze situatie komt voor op enkele plaatsen ten noorden van 's-Gravenhage en ten westen en zuiden van Haarlem (zie bijv. profiel M-M', boring 24H/27. Op dergelijke plaatsen is op fig. 6 het afdekkend pakket een waarde van 0 gegeven. Op de meeste plaatsen in de duinen bestaat het afdekkend pakket voor een groot deel uit goed doorlatende zanden, afgewisseld met kleilagen en slibhoudende zanden. Ook hier biedt het afdekkend pakket geen of weinig weerstand tegen de verticale stroming.

Een andere afwijking vormen de donken die hoofdzakelijk in het zuidoosten van het gebied en in de omgeving van Rotterdam voorkomen. Zij kunnen het beste omschreven worden als zandopduikingen; werden zij oorspronkelijk beschouwd als erosieresten van het Laagterras (VINK, 1926 en 1954), later zijn zij door BENNEMA en PONS (1952) stuifduinen genoemd. De donken liggen direct op het Pleistocene rivierzand, alleen hiervan gescheiden door een slecht doorlatend laagje. Zij bestaan uit matig (tot middel-?) grof zand zonder grind en steken enkele centimeters tot enkele meters boven het polderlandschap uit, waardoor zij een lage heuvel kunnen vormen. Men kan vermoeden dat er veel donken zijn die niet tot aan het maaiveld reiken en dus daar niet worden waargenomen. De laag, die het donkzand scheidt van het watervoerend pakket, bestaat gewoonlijk uit leem en slibhoudend zand met soms schelpen. De dikte van deze laag kan variëren van minder dan 0,50 m tot 2 m. Het is duidelijk dat een dergelijke situatie plaatselijk van grote invloed kan zijn op de grondwaterstromingen.

Op fig. 6 zijn de dikten van het afdekkende pakket weergegeven. Grote waarden komen voor in het noorden en noordwesten van Midden-West-Nederland, in de omgeving van 's-Gravenhage en in het gebied van de Nieuwe Waterweg en de Nieuwe Maas. Benadrukt moet worden dat hieronder de duinstreek valt, waar het pakket voor een deel uit duinzand bestaat en dus de verticale weerstand gering kan zijn. Het afdekkend pakket is dun (minder dan 10 m) in verschillende delen in het midden van het gebied in een strook van noord naar zuid.

De belangrijkste donken in het zuidoosten zijn aangegeven, evenals die van Hillegersberg (noordelijk van Rotterdam).

Uit hydrologisch oogpunt gezien kan het afdekkend pakket worden beschouwd als een verticale weerstandslaag tussen het diepe grondwater en het freatisch water. De grootte van de weerstand (of c-waarde) is in feite bepalend voor de kwelintensiteit in een gebied. De c-waarde geeft namelijk, in relatie met het potentiaalverschil tussen de stijghoogte van het grondwater in de watervoerende lagen en die van het freatisch water, de intensiteit van de verticale stroming (WIT, 1972).

Oppervlakkig zou kunnen worden aangenomen dat hoe dikker het afdekkende pakket hoe hoger de verticale weerstand. Het eerder gemelde over de duinstreek, de donken en het Basisveen geeft echter al aan, dat dikte alléén geen goed beeld geeft van deze waarde. Beter is om aan te nemen dat de profielopbouw en de aard van de afzettingen informatie geven. Maar zelfs dan kunnen nog grote variaties optreden. Kleien en lemen kunnen vrijwel ondoorlatend zijn, maar door onregelmatige verbreiding geen afsluitende werking hebben. Dit geldt ook voor slibhoudende zanden, terwijl eveneens in venen grote verschillen kunnen voorkomen. Jong, hooggelegen veen kan zeer doorlatend zijn, terwijl het Basisveen (Veen-op-grotere-diepte) meestal als zeer slecht doorlatend wordt beschouwd, omdat het sterk is samengedrukt en slib bevat. Een diktekaart van de afdekkende lagen biedt dus niet een betrouwbaar gegeven voor de te vinden c-waarde.

Belangwekkend is in dit verband een vergelijking van fig. 6 met de c-waardenkaart van WIT (1972). Op enkele plaatsen is overeenstemming, bijvoorbeeld in kleine gebieden bij Delft (hoge c-waarde, dik afdekkend pakket) en westelijk van Haarlem (lage c-waarde, dun afdekkend pakket). Verder is het resultaat vaak eerder omgekeerd. Hieruit

volgt reeds dat een diktekaart van het afdekkend pakket niet kan worden gebruikt voor het verkrijgen van gegevens over de hydraulische weerstand van die lagen.

8. DE CHLORIDEGEHALTEN IN HET GRONDWATER

Voor een inzicht in de groote van en de variaties in het gehalte aan chloride van het diepere grondwater in Midden-West-Nederland waren de analyse-uitkomsten van een aanzienlijk aantal watermonsters beschikbaar. Hiervan waren ongeveer 1500 afkomstig uit het archief van het R.I.D. en bijna 500 van het I.C.W.

In de boringen waarlangs de geohydrologische profielen A-A' tot en met T-T' zijn geconstrueerd, zijn zoveel mogelijk chloridegegevens aangegeven op de juiste diepte en in mg per liter. Er werd onderscheid gemaakt tussen de analyses van vóór en van na 1950, omdat er verschillen in de laboratoriummethoden kunnen hebben plaatsgehad, en omdat mogelijk de oude analyses niet meer overeenkomen met de huidige toestand.

Omdat slechts een gedeelte van de analyseresultaten in de profielen valt is het alleen mogelijk zeer globale conclusies uit de voorstelling te trekken. In latere nota's zal, met gebruikmaking van alle gegevens, uitvoeriger op het gehalte aan chloride van het grondwater worden ingegaan (POMPER; VAN REES VELLINGA, TOUSSAINT en VAN GILS; WIJNSMA; 1972).

Een beschouwing van de chloridegehalten en de geologische formatie waaraan het watermonster werd onttrokken, levert de conclusie dat hierin vooralsnog geen verband te vinden is. Wel komt voor dat in de diepe geulen de chloridegehalten lager zijn dan in de omgeving, doch dat verschijnsel is waar te nemen in de duinstreek (profielen B-B', C-C', G-G', N-N'), en is dus ook het gevolg van bijvoorbeeld infiltratie in dat deel van het gebied. Het omgekeerde komt ook voor (profielen A-A', C-C', F-F', I-I', N-). Ook het voorkomen van de mariene afzettingen (Eemformatie en Formatie van Schouwen) schijnt geen invloed te hebben op het zoutgehalte in de ondergrond. Op enkele plaatsen komen hogere chloridegehalten voor op een hoog niveau, wanneer het afdekkend pakket relatief dun is (profielen C-C', D-D', G-G', I-I'), maar dit is zeker geen regel.

Variaties in het gehalte aan chloride in het grondwater over betrekkelijk korte afstand kunnen nogal eens waargenomen worden; vergelijk bijvoorbeeld op profiel C-C' de boringen G99 en G100, op profiel D-D' de boringen G96 en G97, op profiel G-G' de omgeving van H63 en op profiel Q-Q' de omgeving van boring H51.

In de geohydrologische profielen kunnen globaal gebieden worden onderscheiden, waar hoge gehalten aan chloride op een relatief hoog niveau voorkomen. Daaronder wordt dan hier verstaan een hoger chloridegehalte dan 1000 mg per liter op minder dan 20 m beneden het maaiveld. Deze situatie doet zich voor in 3 grote delen van het onderzoeksgebied en wel:

1. het oostelijk en noordoostelijk gedeelte van de Haarlemmermeerpolder met aansluitend een strook langs het Noordzeekanaal;
2. een zone van oost naar west, die in het noorden begrensd wordt door de lijn Noordzee-Braasemermeer en in het zuiden reikend tot bijna aan de Rijn (dichtbij de Rijn is het grondwater zoet tot grote diepte - om de gedachte te bepalen tot 40-60 m - NAP);
3. een gebied, ongeveer samenvallende met het Hoogheemraadschap Delfland, met uitzondering van een deel ten zuiden van 's-Gravenhage en ten westen van Rotterdam.

Behalve deze drie grote zijn er nog twee aparte kleinere gebieden waar een hoog gehalte aan chloride hoog voorkomt en wel in een zone tussen de Vliet en Hazerswoude en op een punt ten westen van Gouda.

Het is wel aan te nemen dat de hooggelegen zoutgrens in de bovengenoemde delen van Midden-West-Nederland is ontstaan door kwel, te meer daar deze gebieden hoofdzakelijk bestaan uit lage polders. Benaadrukt moet worden dat de grenzen van deze vijf zones slechts berusten op de chemische analysecijfers van een deel van de watermonsters, en wel degene die in de profielen vallen. Bewerking van al het materiaal dat beschikbaar is, kan dus verandering in het beeld ten gevolge hebben.

9. SAMENVATTING

Als onderdeel van een algemeen hydrologisch onderzoek in Midden-West-Nederland, dat speciaal gericht was op het verschijnsel kwel en de daarmee samenhangende verzilting van grond- en oppervlaktewater, worden in deze nota de resultaten medegedeeld van het geohydrologische onderzoek in dit gebied.

Vele oude en nieuwe boorgegevens werden gebruikt voor het vervaardigen van profieldoorsneden en kaarten, die de geologische opbouw van de ondergrond tonen, en de aanwezigheid, verbreiding, dikte en hoogteligging aangeven van verschillende voor de grondwaterstroming belangrijke aardlagen.

Als hydrologische basis van het bovenste watervoerend pakket wordt in het zuiden de bovenkant van de Formatie van Kedichem aangenomen, in het noorden deze formatie en glaciële lemen. Het oppervlak van de Formatie van Kedichem is sterk versneden en mogelijk niet overal slecht doorlatend.

Het bovenste watervoerende pakket bestaat uit verschillende Pleistocene afzettingen. De dikte varieert sterk, voornamelijk als gevolg van de wisselende hoogte van de basis. Binnen het bovenste watervoerende pakket komen grote verschillen in doorlatendheid voor. Een deel van de aquifer wordt gevormd door mariene afzettingen als de Eemformatie en de Formatie van Schouwen, van welke formaties het verbreidingsgebied nauwkeuriger kon worden bepaald dan tot nog toe bekend was.

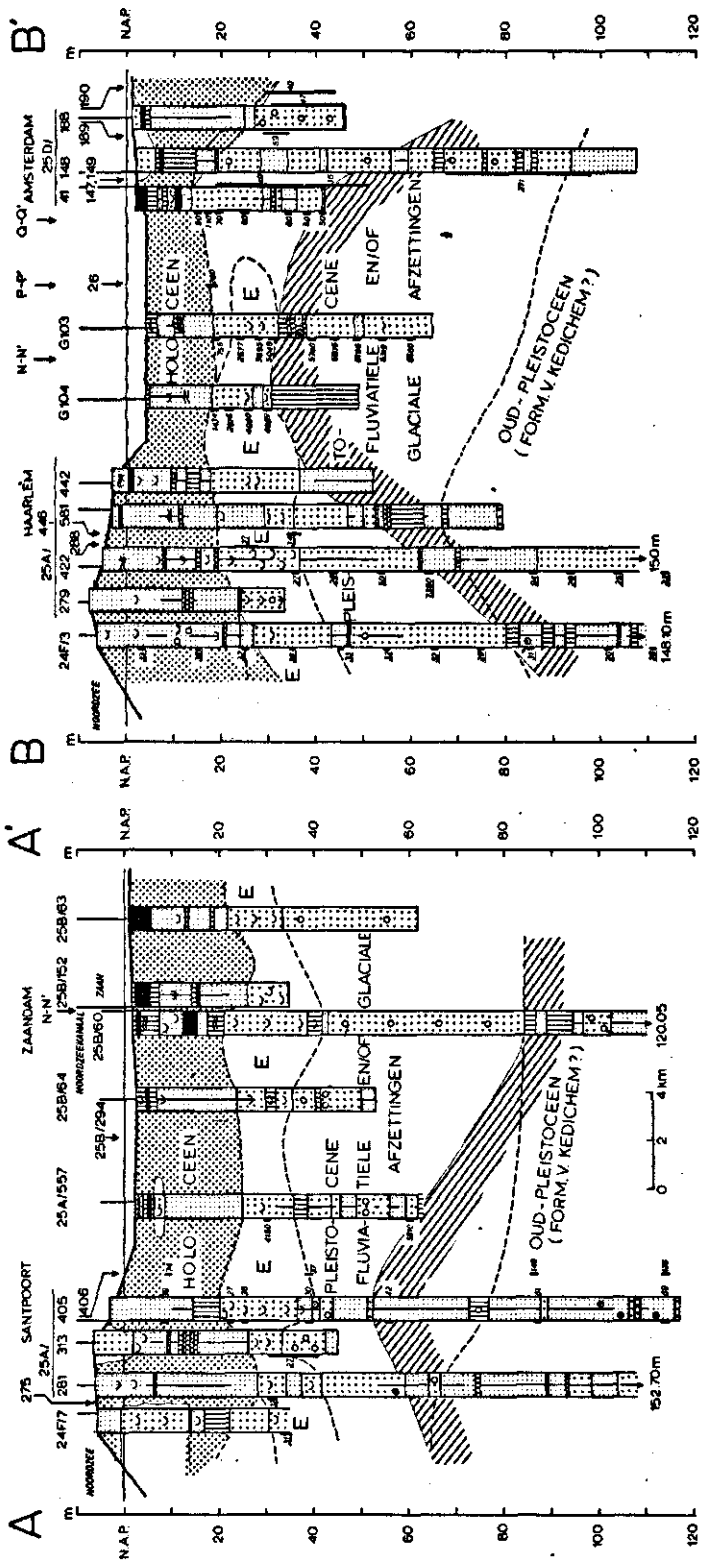
Het afdekkende pakket wordt gevormd door Holocene zand-, leem-, klei- en veenlagen, waarvan moet worden aangenomen dat de weerstand voor verticale stroming zeer zal variëren. In de duinstreek is de dikte van het afdekkend pakket soms zeer gering en bestaat voor een groot gedeelte uit duinzand met weinig weerstand.

In de geohydrologische profielen worden vele chloridegehalten vermeld, die een indicatie geven van de zoutconcentratie van het grondwater op diverse niveaus. Globaal worden gebieden aangegeven waar het zoute grondwater relatief hoog voorkomt.

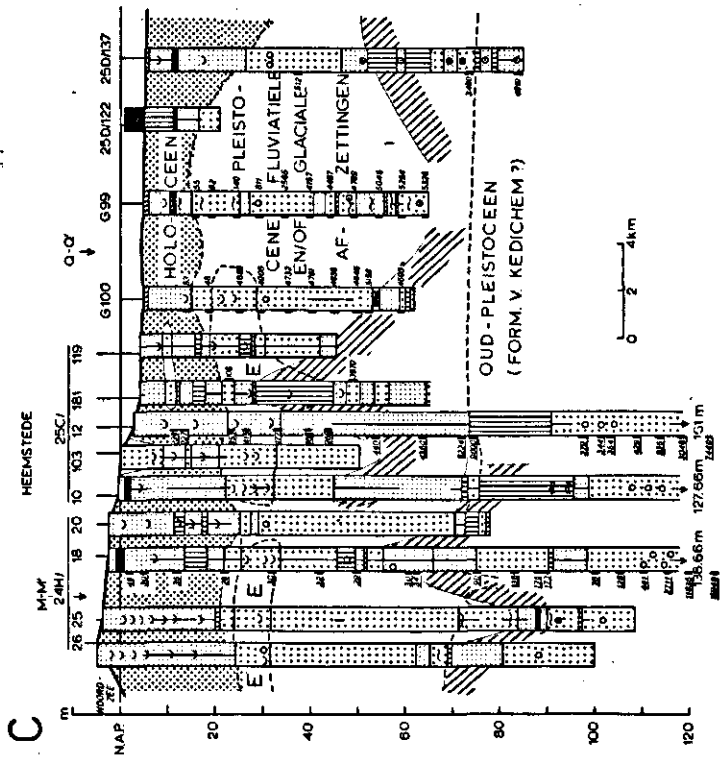
10. LITERATUUR

- BENNEMA, J. en L.J. PONS, 1952. Donken, fluviatiel laagterras en Eem-zee-afzetting in het westelijk gebied der grote rivieren. Boor en Spade V, pag. 126-137, Utrecht.
- BISCHOP, M.S., 1960. Subsurface mapping. New York - Londen.
- COUWENHOVEN, T. en C.G. TOUSSAINT, 1969. Water- en zoutbelasting pol-dergebied Midden-West-Nederland. Bronnen van verzilting. Nota I.C.W. 530, Wageningen.
- ERNST, L.F., N.A. DE RIDDER and J.J. DE VRIES, 1970. A geohydrologic study of East Gelderland. Geologie en Mijnbouw 49.6, Leiden.
- FABER, F.J., 1948, 1947, 1960. Geologie van Nederland I, II, III. Gorinchem.
- GEIRNAERT, W., 1972. The hydrogeology and hydrochemistry of the lower Rhine fluvial plain. Thesis Leiden.
- HAGEMAN, B.P., 1964. Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1:50 000, blad Goeree en Overflakkee. Geol. Sticht. Afd. Geol. Dienst, Haarlem.
- HEIDE, S. VAN DER en W.H. ZAGWIJN, 1967. Stratigraphic nomenclature of the Quaternary deposits in the Netherlands. Med. Geol. Sticht. N.S. No. 18, Maastricht.
- HUISMAN, L., 1959. Bepaling van de geo-hydrologische constanten voor de duinwaterwinplaats der gemeente Amsterdam. Water 43,4, Den Haag.
- PANNEKOEK, A.J., 1956. Geologische geschiedenis van Nederland, Den Haag.
- POMPER, A.B., 1969. De betekenis van de Oud-Pleistocene en oudere formaties voor de hydrologie van Midden-West-Nederland. Nota I.C.W. 516, Wageningen.
- 1971. Hydrologische consequenties van waterwinning uit de nieuwe waterwinputten in de Zilkerpolder bij Hillegom. Nota I.C.W. 651, Wageningen.
- 1972. De topografie en mogelijke samenstelling van het bovenste begrenzingsvlak van de afzettingen van de Formatie van Kedichem. Nota I.C.W. (in voorbereiding), Wageningen.
- 1972. De relatie tussen de opbouw van de ondergrond en het chloridegehalte van het grondwater in Midden-West-Nederland. Nota I.C.W. (in voorbereiding), Wageningen.

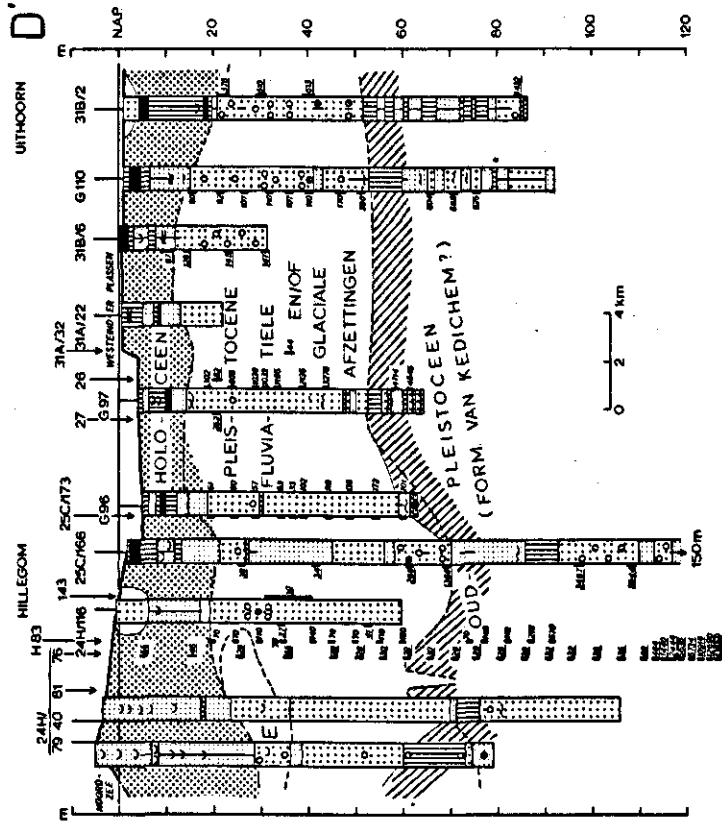
- PONS, L.J. en J. BENNEMA, 1958. De morfologie van het pleistocene oppervlak in westelijk Midden-Nederland, voor zover gelegen beneden gemiddeld zeeniveau (NAP). T.A.G., tweede reeks, deel LXXV, pag. 120-139, Leiden.
- en A.J. WIGGERS, 1959, 1960. De holocene wordingsgeschiedenis van Noord-Holland en het Zuiderzeegebied. T.A.G. deel LXXVI, pag. 104-152, deel LXXVII, pag. 3-57, Leiden.
- REES VELLINGA, E. VAN en N.A. DE RIDDER, 1972. Notes on the Tertiary and Pleistocene geology of East Gelderland. Eiszeitalter u. Gegenwart (in press).
- , C.G. TOUSSAINT en J.B.H.M. VAN GILS, 1972. Chloridegehalten van het grondwater in Midden-West-Nederland. Nota I.C.W. (in voorbereiding), Wageningen.
- RIDDER, N.A. DE en K.E. WIT, 1965. A comparative study on the hydraulic conductivity of unconsolidated sediments. Journ. of Hydr. 3, Amsterdam.
- 1970. Geohydrologische analyse als basis voor de planning van de toekomstige watervoorziening van bevolking, industrie en landbouw. Voordracht voor de Werkgroep Overijssel d.d. 18-2-1970.
- RIJKS GEOLOGISCHE DIENST, 1971. Jaarverslag 1970, Haarlem.
- SPAINK, G., 1958. De Nederlandse Eemlagen. I. Algemeen overzicht. Meded. Kon. Ned. Natuurhist. Ver. nr 29, Hoorn.
- VINK, T., 1926. De Lekstreek; een aardrijkskundige verkenning van een bewoond deltagebied. Thesis Amsterdam.
- 1954. De rivierstreek, Baarn.
- VOORTHUYSEN, J.H. VAN, 1971. Boring 's-Gravenzande (37B-172). Rapport nr 977, Micropal. Lab. Rijksgeol. Dienst, Haarlem.
- WIT, K.E., 1972. Verticale weerstand van het afdekkend pakket in Midden-West-Nederland. Concept Nota I.C.W., Wageningen.
- WITT, H. en E. VAN REES VELLINGA, 1970. Proeve van een kD-waardenkaart van Midden-West-Nederland. Nota I.C.W. 573, Wageningen.
- WIJNSMA, M., 1972. Geo-electrische metingen in Midden-West-Nederland. Nota I.C.W. (in voorbereiding), Wageningen.
- ZANDSTRA, J.G., 1971. Zware mineralenonderzoek van boring H37 te 's-Gravenzande. Rapport 250, Sed. Petr. Afd. Rijksgeol. Dienst, Haarlem.
- Sedimentpetrologie van drie boringen in de gemeente Wassenaar. Rapport 249, Sed. Petr. Afd. Rijksgeol. Dienst, Haarlem.
- ZONNEVELD, J.I.S., 1958. Litho-stratigrafische eenheden in het Nederlandse Pleistoceen. Meded. Geol. Sticht. N.S. nr 12, Maastricht.



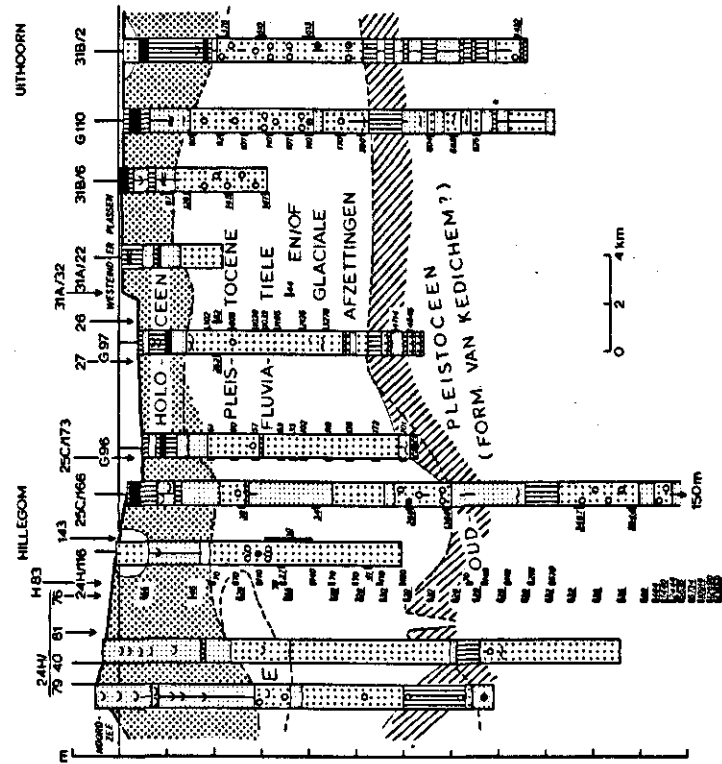
C

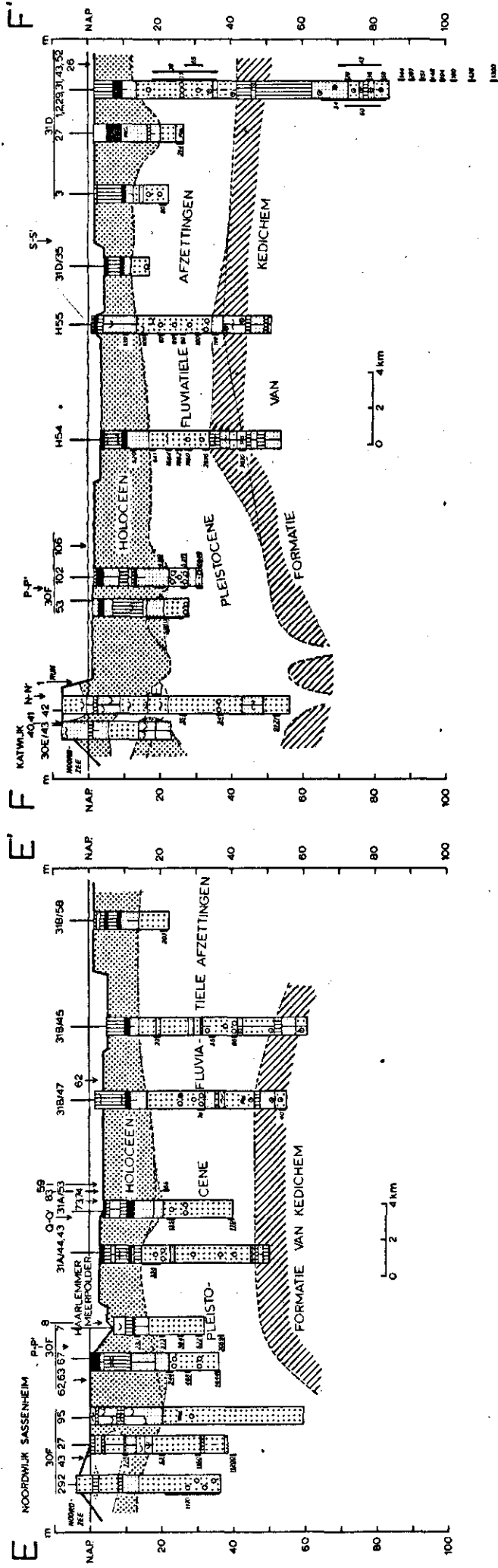


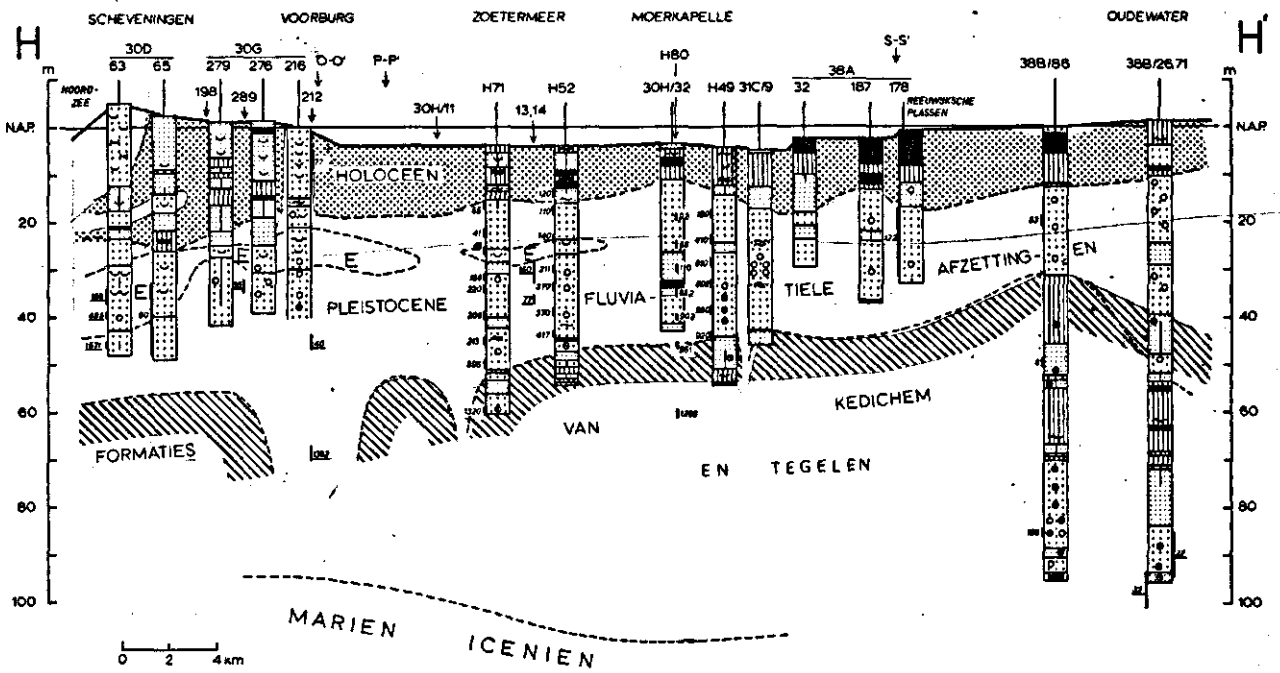
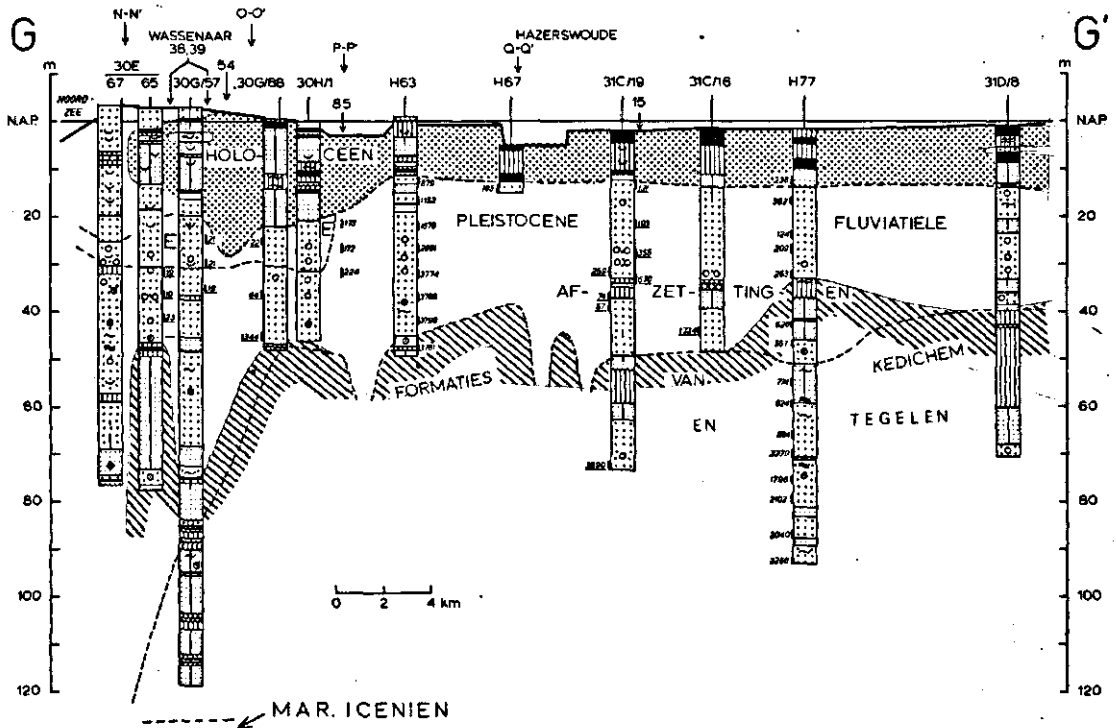
C'

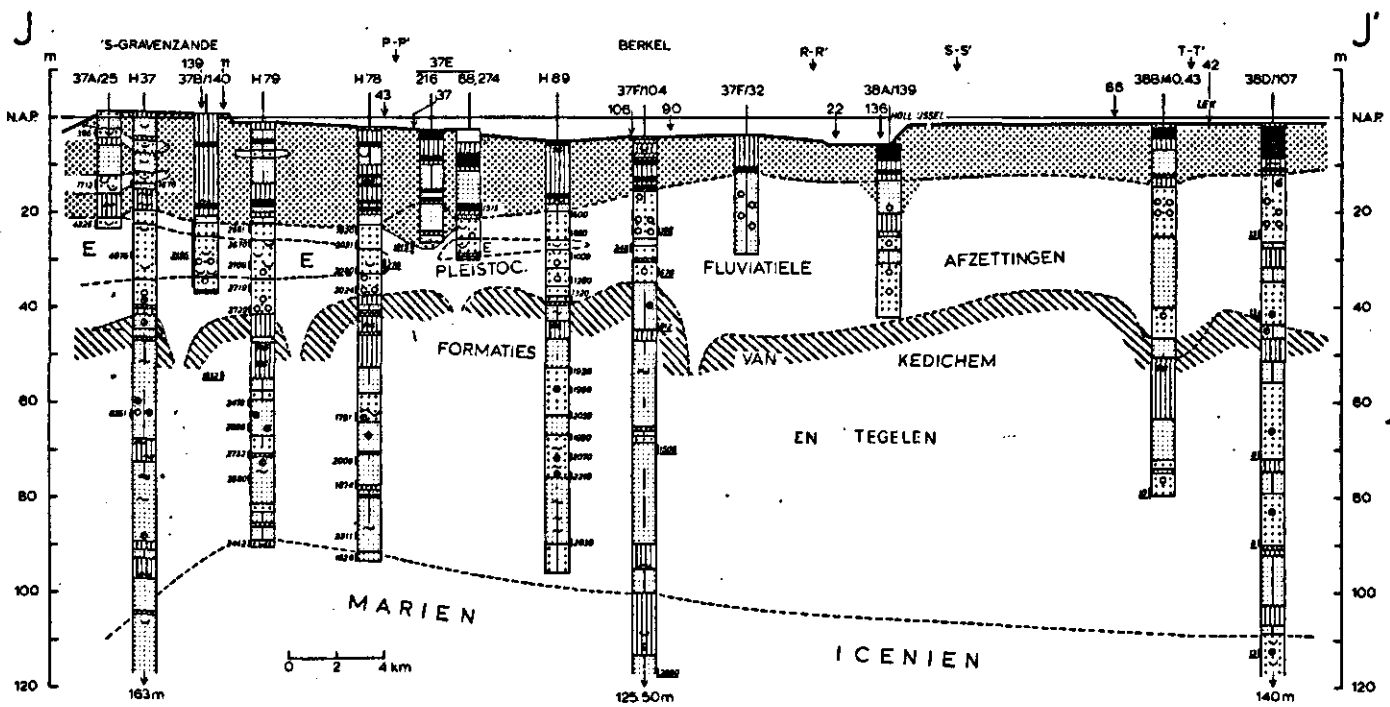
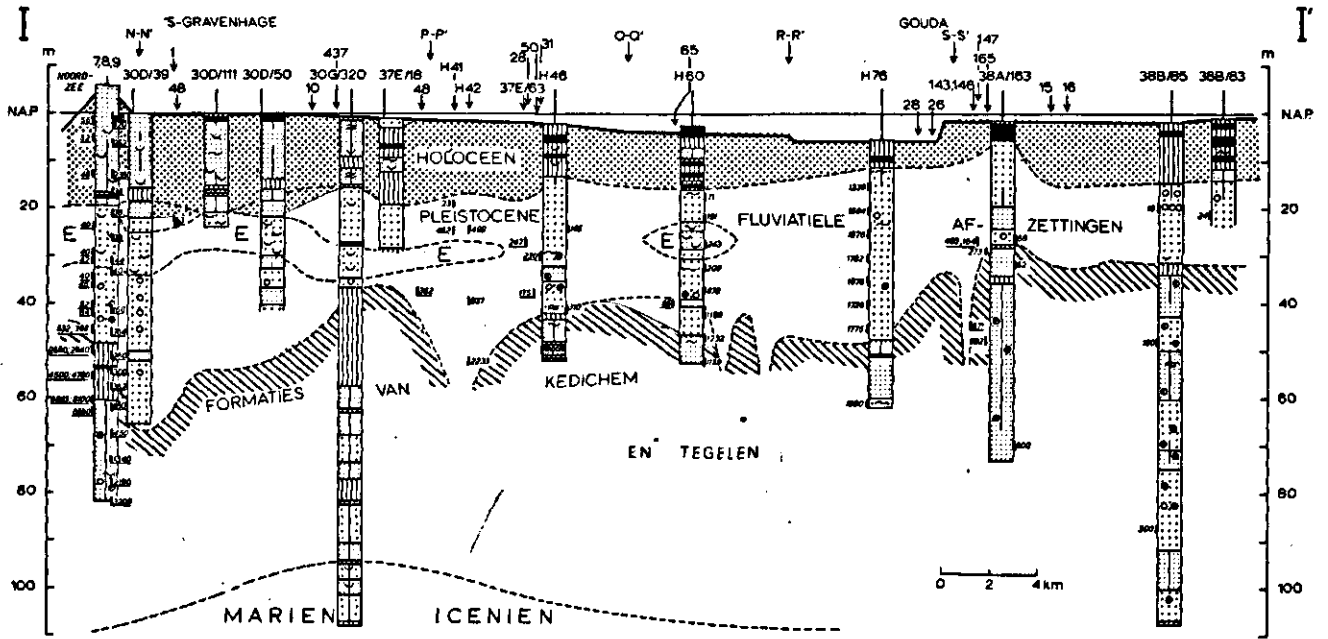


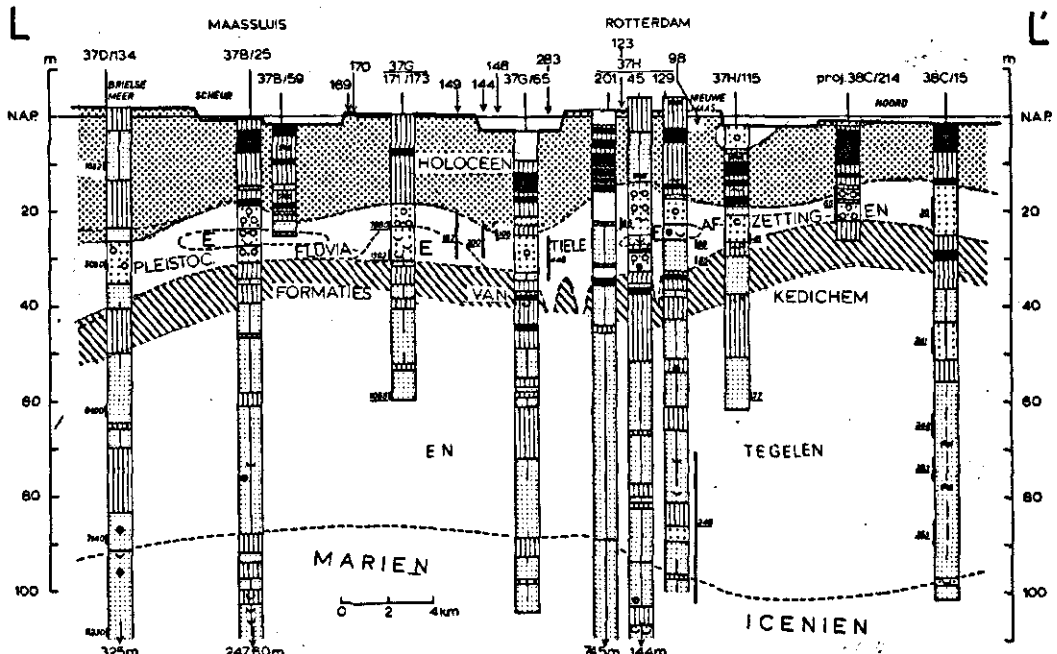
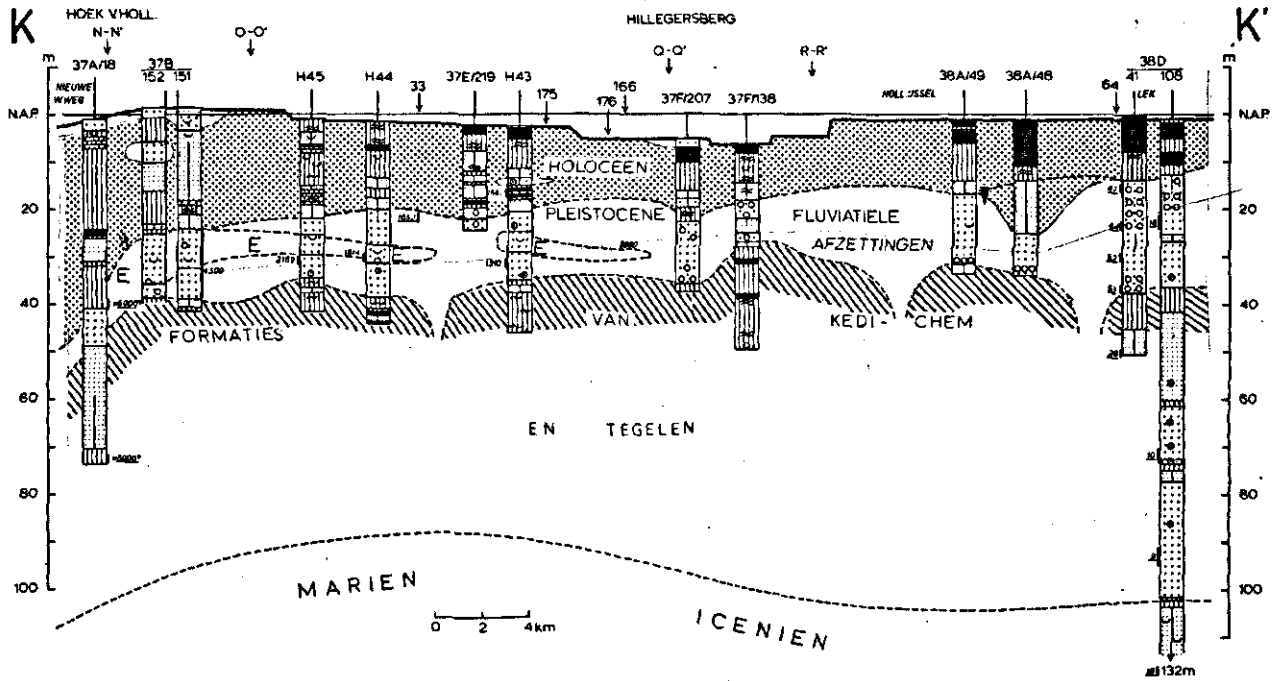
D'

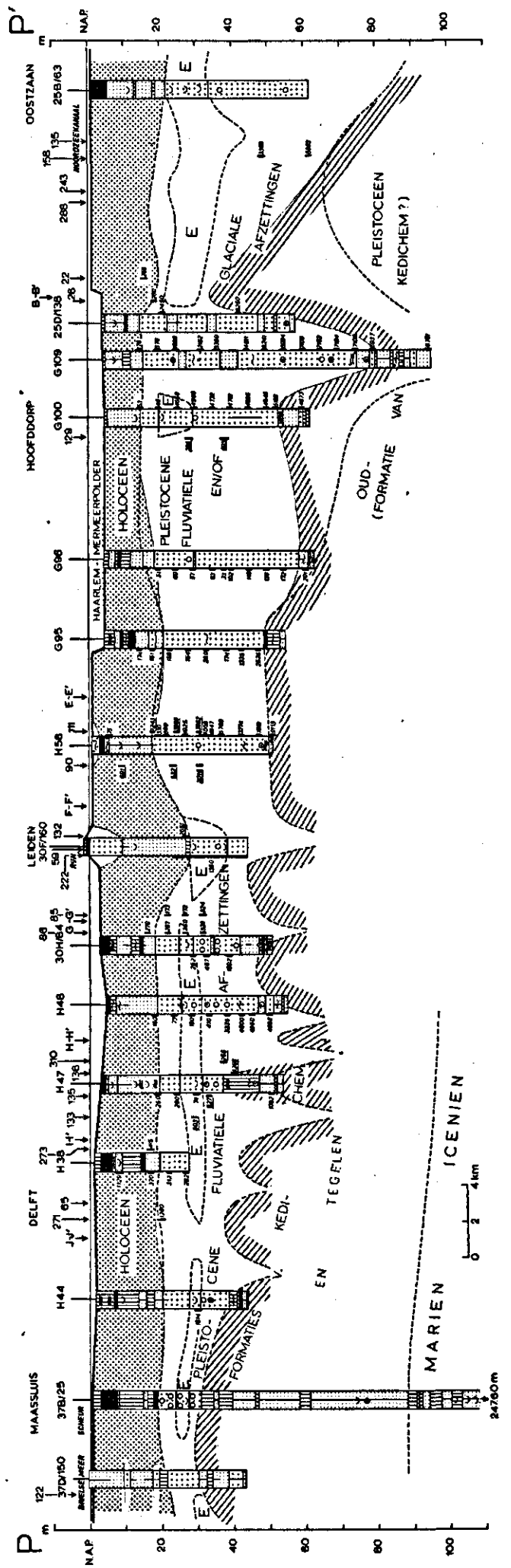
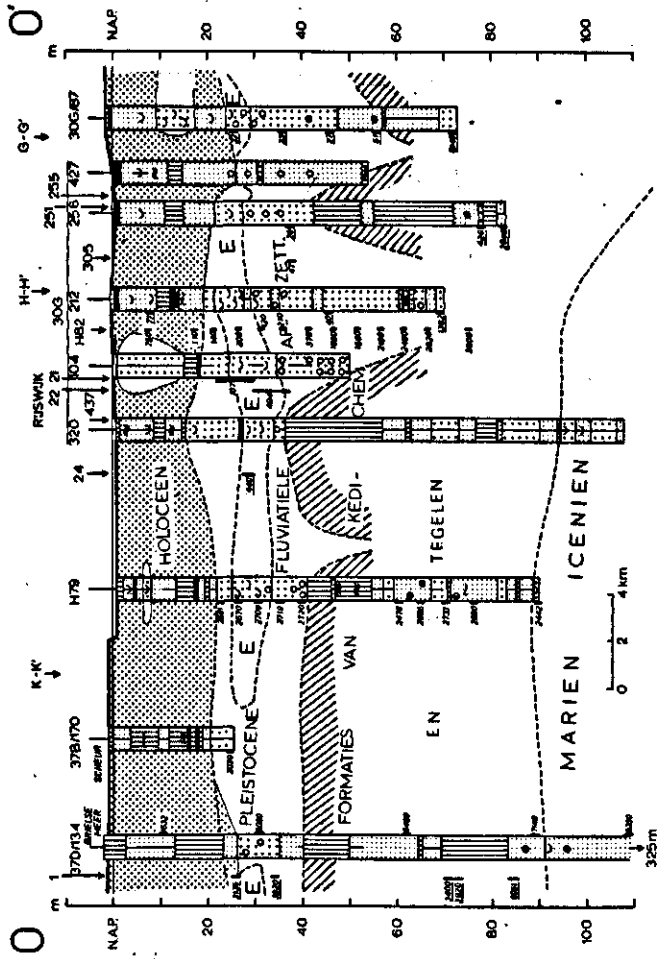












MIDDEN-WEST-NEDERLAND

fig. 1

LOKATIEKAART

- 24H Kaartblad
 - 034 boring archief R.G.D.
 - 033 " " ICW
 - 032 " " en waarnemingspunt ICW
- A-A' geohydrologisch profiel

0 2 4 km

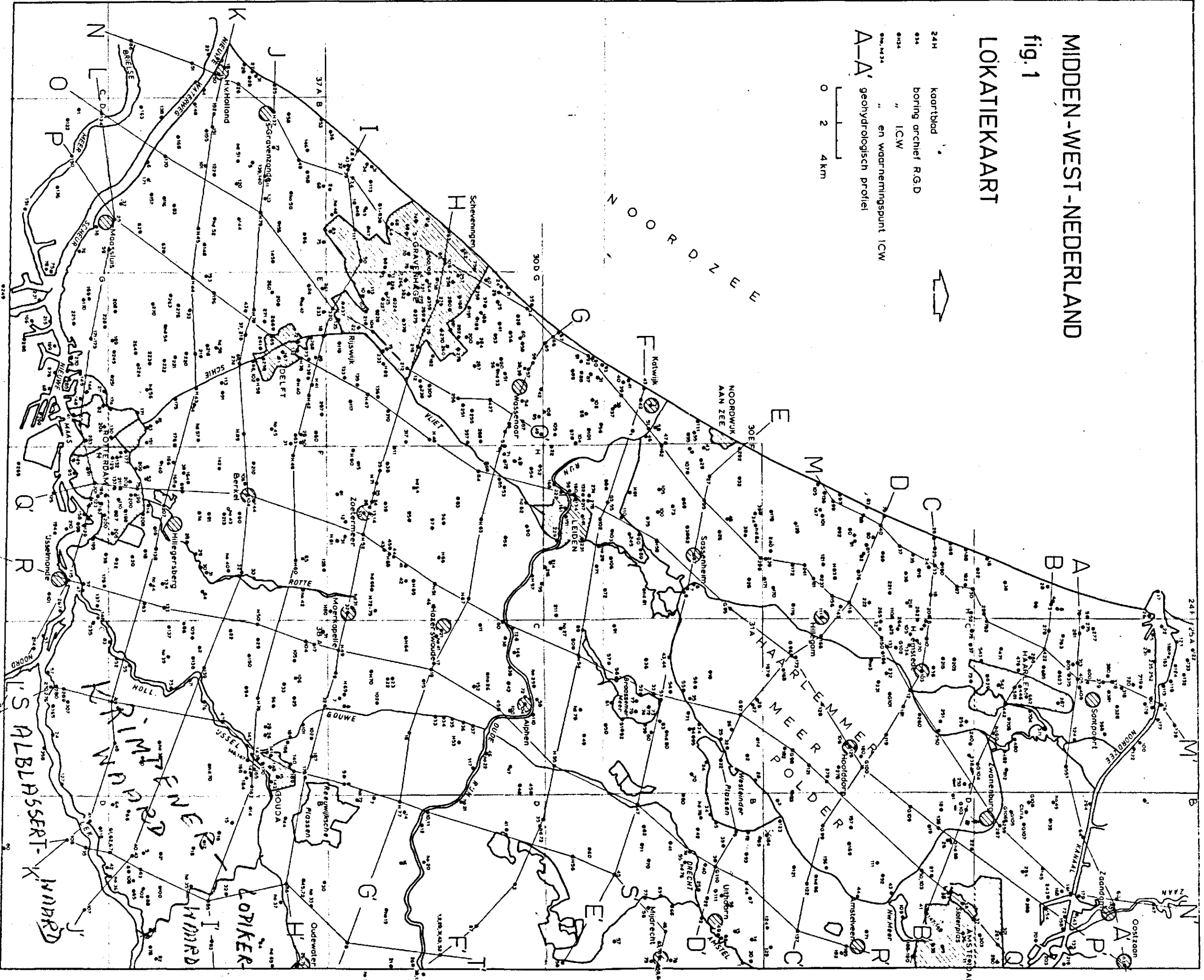
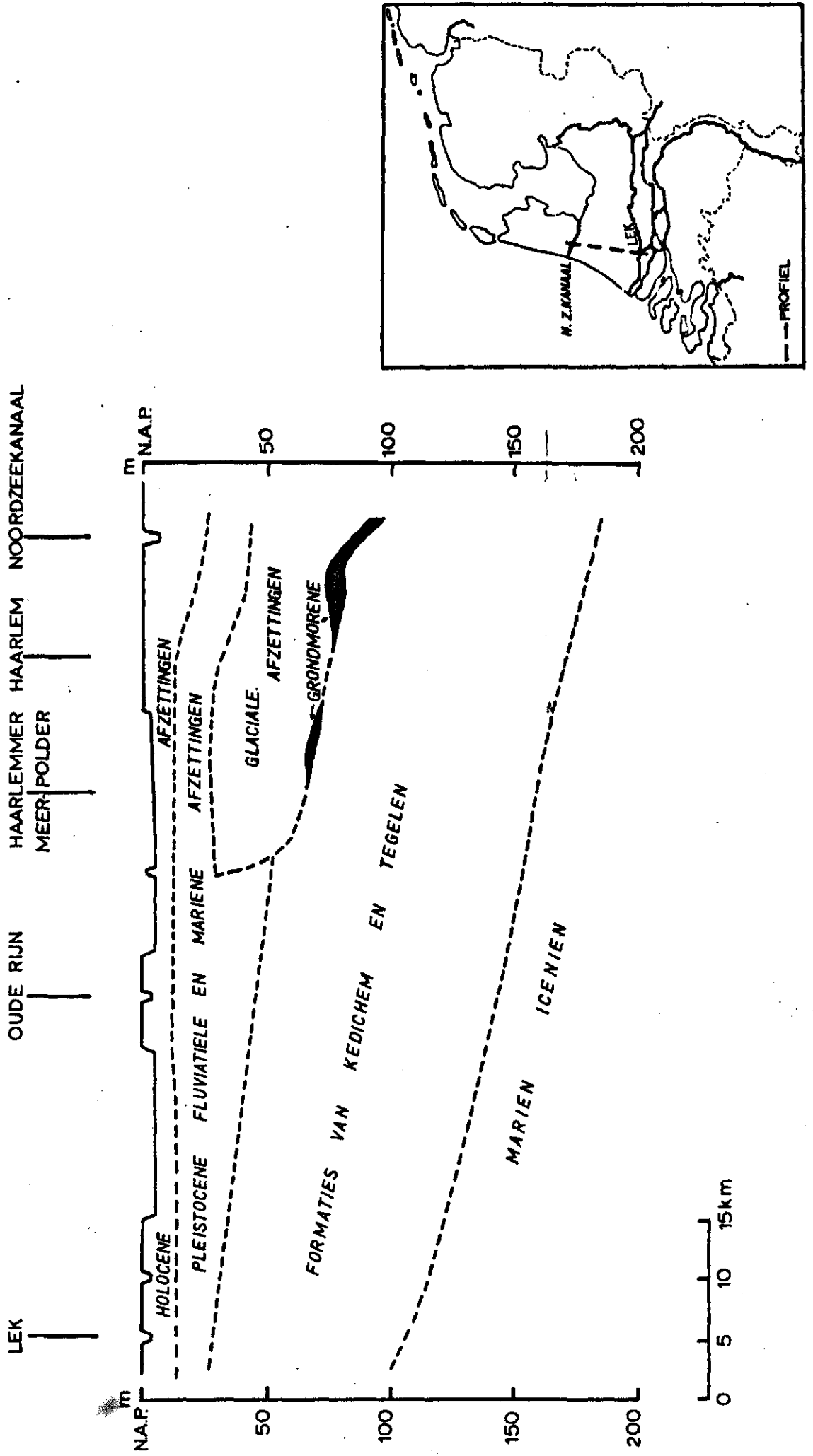


FIG.2 NOORD-ZUID PROFIEL DOOR MIDDEN-WEST-NEDERLAND NAAR ZONNEVELD (VEREENVOUDIGD)



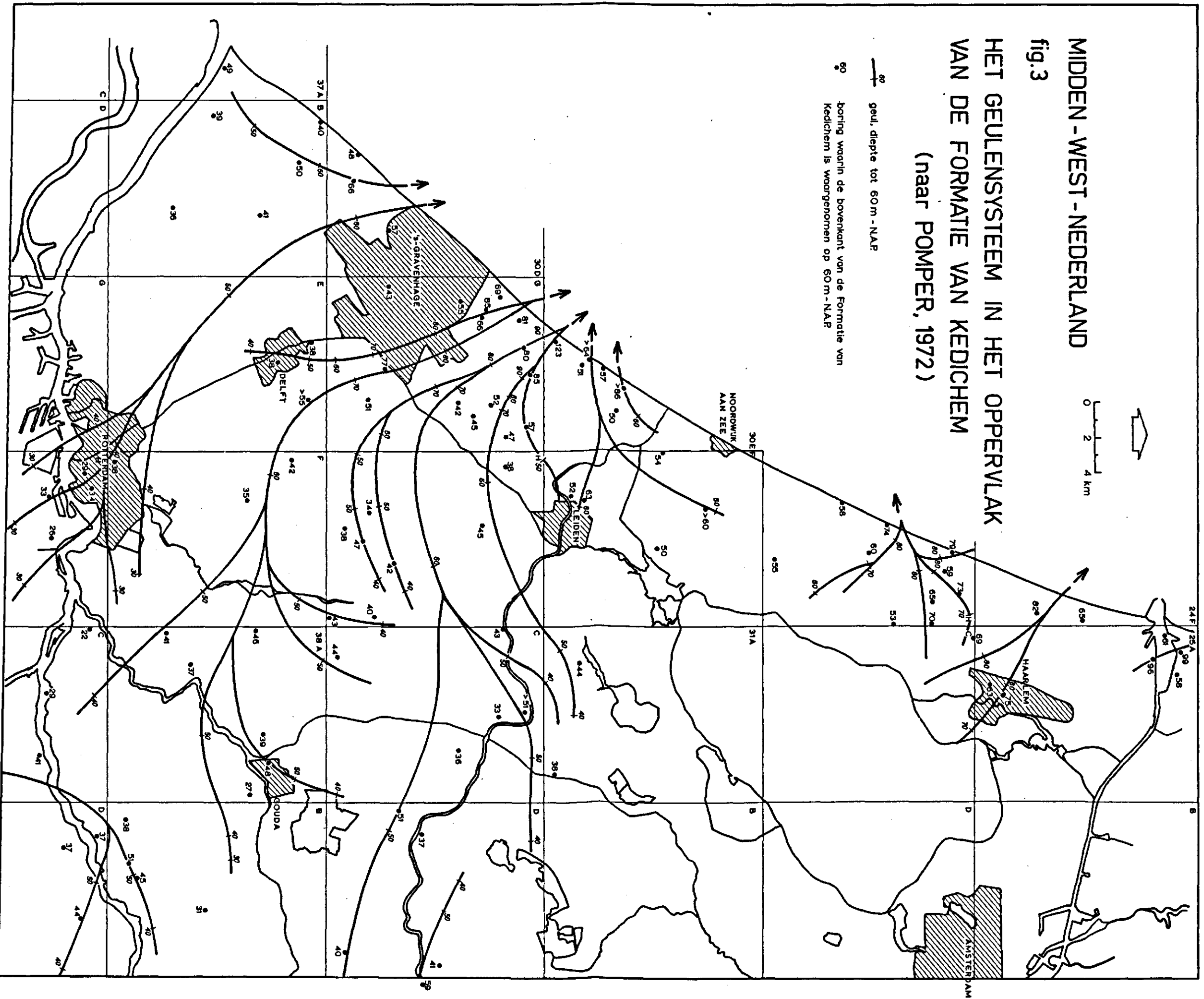
MIDDEN - WEST - NEDERLAND

0 2 4 km



fig. 3 HET GEULENSYSTEEM IN HET OPPERVLAK VAN DE FORMATIE VAN KEDICHEM (naar POMPER, 1972)

- geul, diepte tot 60m -NAP
- boring waarin de bovenkant van de Formatie van Kedichem is waargenomen op 60m -NAP



MIDDEN-WEST-NEDERLAND

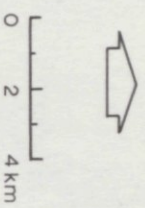
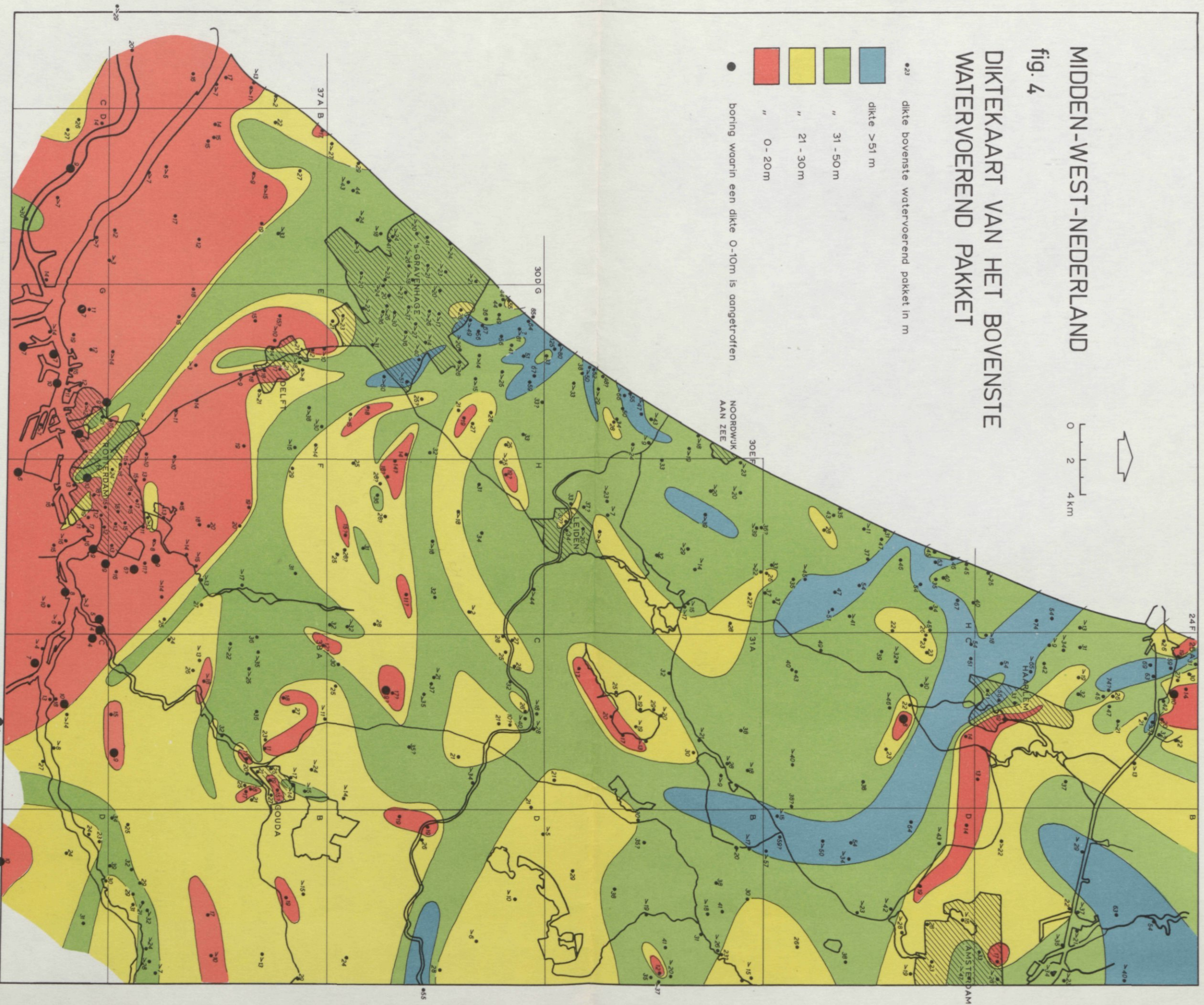


fig. 4
DIKTEKAART VAN HET BOVENSTE
WATERVOEREND PAKKET

- dikte bovenste watervoerend pakket in m
- dikte > 51 m
- " 31 - 50 m
- " 21 - 30 m
- " 0 - 20 m
- boring waarin een dikte 0-10m is aangetroffen



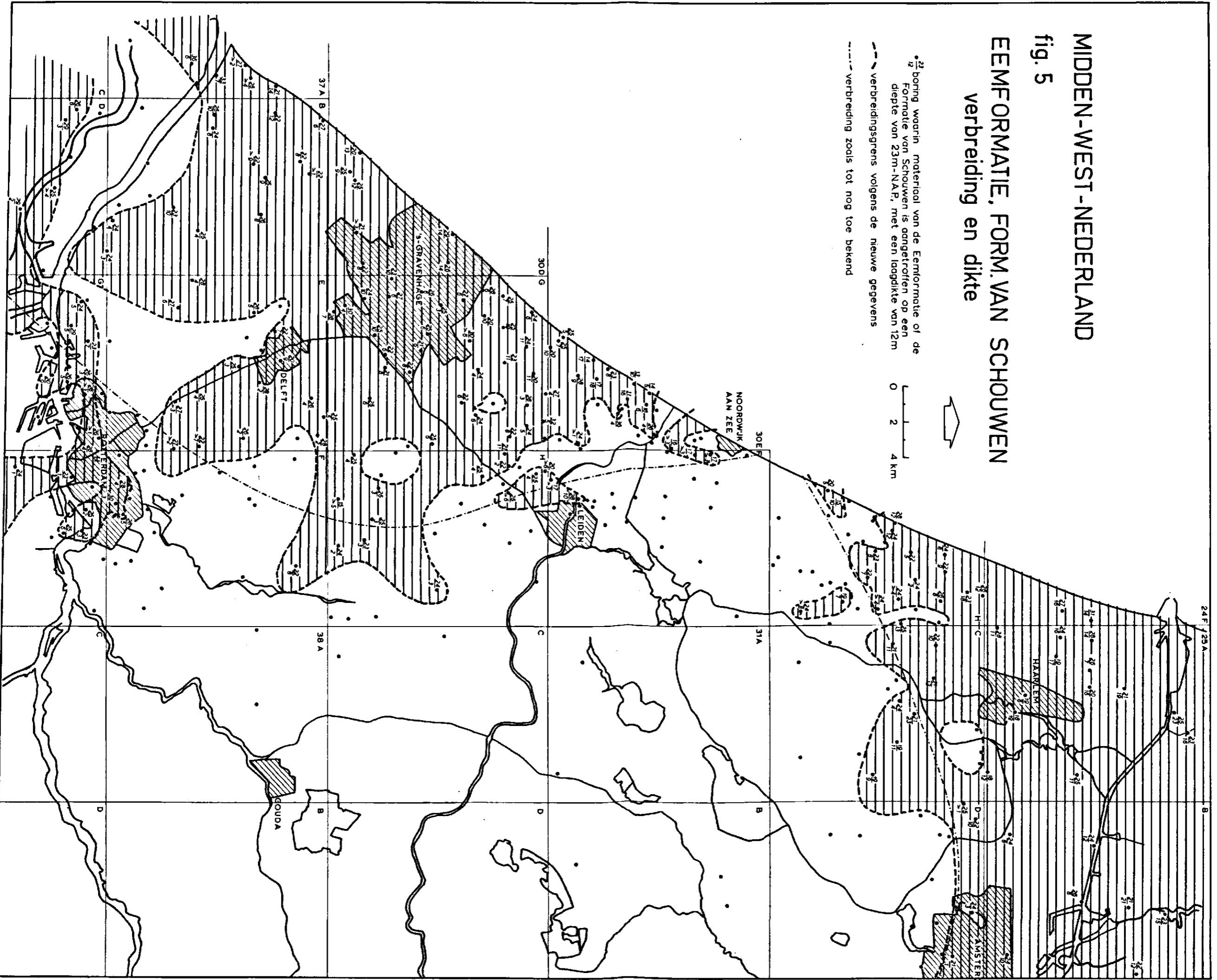
MIDDEN-WEST-NEDERLAND

fig. 5

EEMFORMATIE, FORM. VAN SCHOUWEN verbreiding en dikte

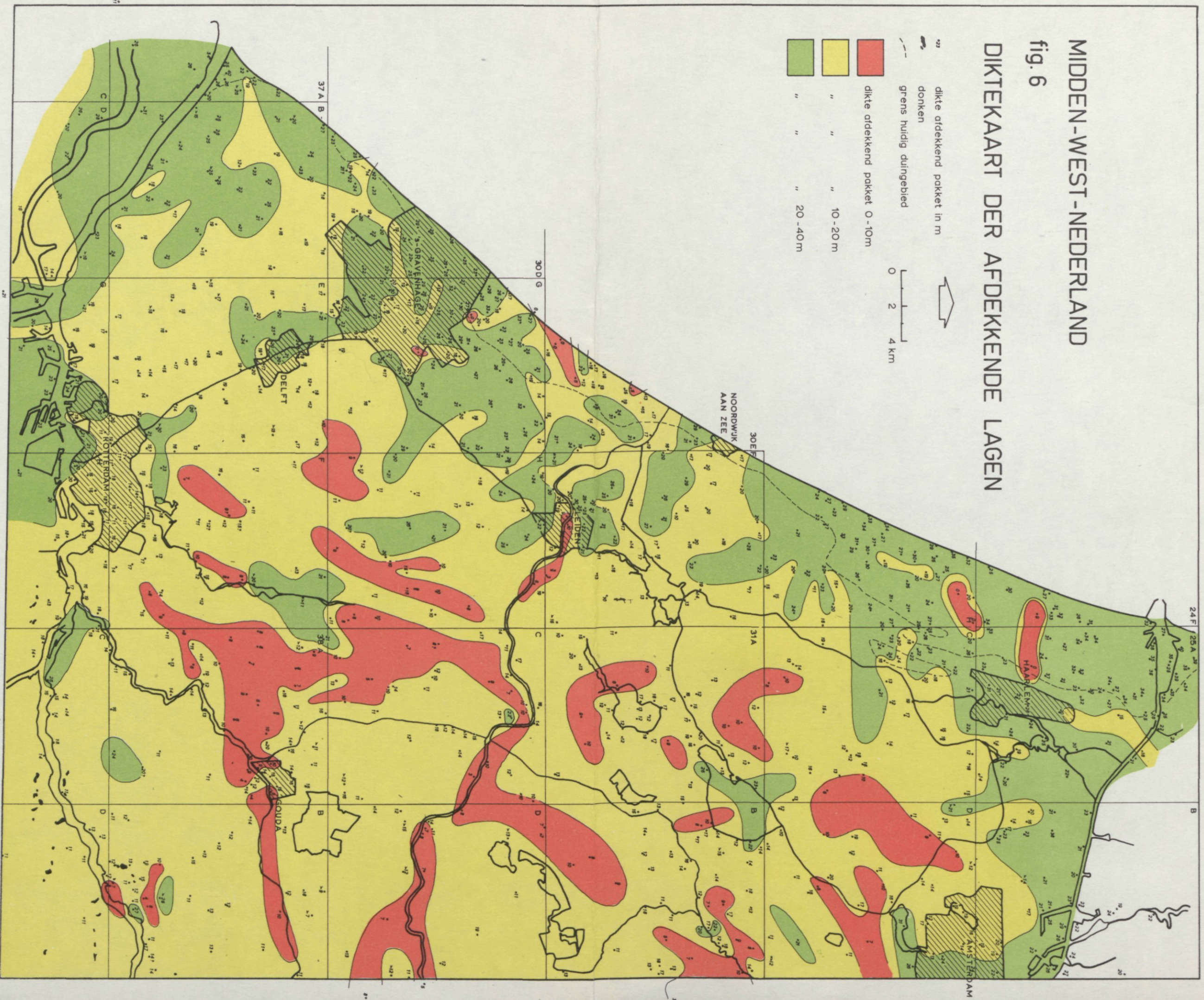
- ²² boring waarin materiaal van de Eemformatie of de Formatie van Schouwen is aangetroffen op een diepte van 23m-N.A.P., met een laagdikte van 12m
- - - - - verbreidingsgrens volgens de nieuwe gegevens
- - - - - verbreiding zoals tot nog toe bekend

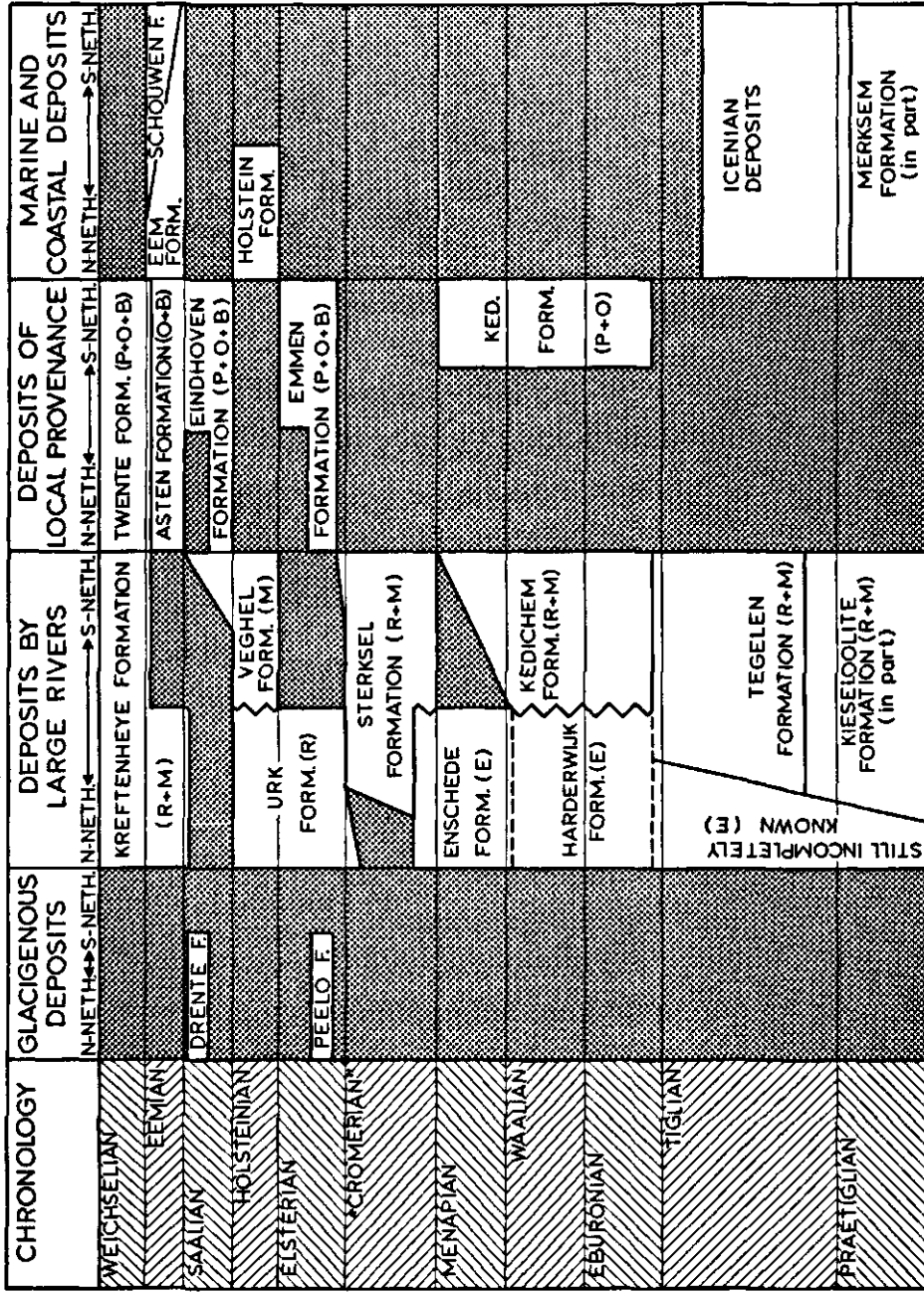
0 2 4 km



MIDDEN-WEST-NEDERLAND

fig. 6
DIKTEKAART DER AFDEKKENDE LAGEN









-  GLACIAL (COLD) STAGE
 -  INTERGLACIAL (WARM) STAGE
 -  NO DEPOSITS KNOWN IN THIS FACIES
 -  E-EASTERN PROVENANCE (WESER, ELBE)
- R = RHINE
 - M = MEUSE
 - P = PERIGLACIAL
 - O = ORGANOGENOUS
 - B = BROOKDEPOSITS

Fig. 7. Stratigrafische tabel naar Rijksgeol. Dienst, 1971