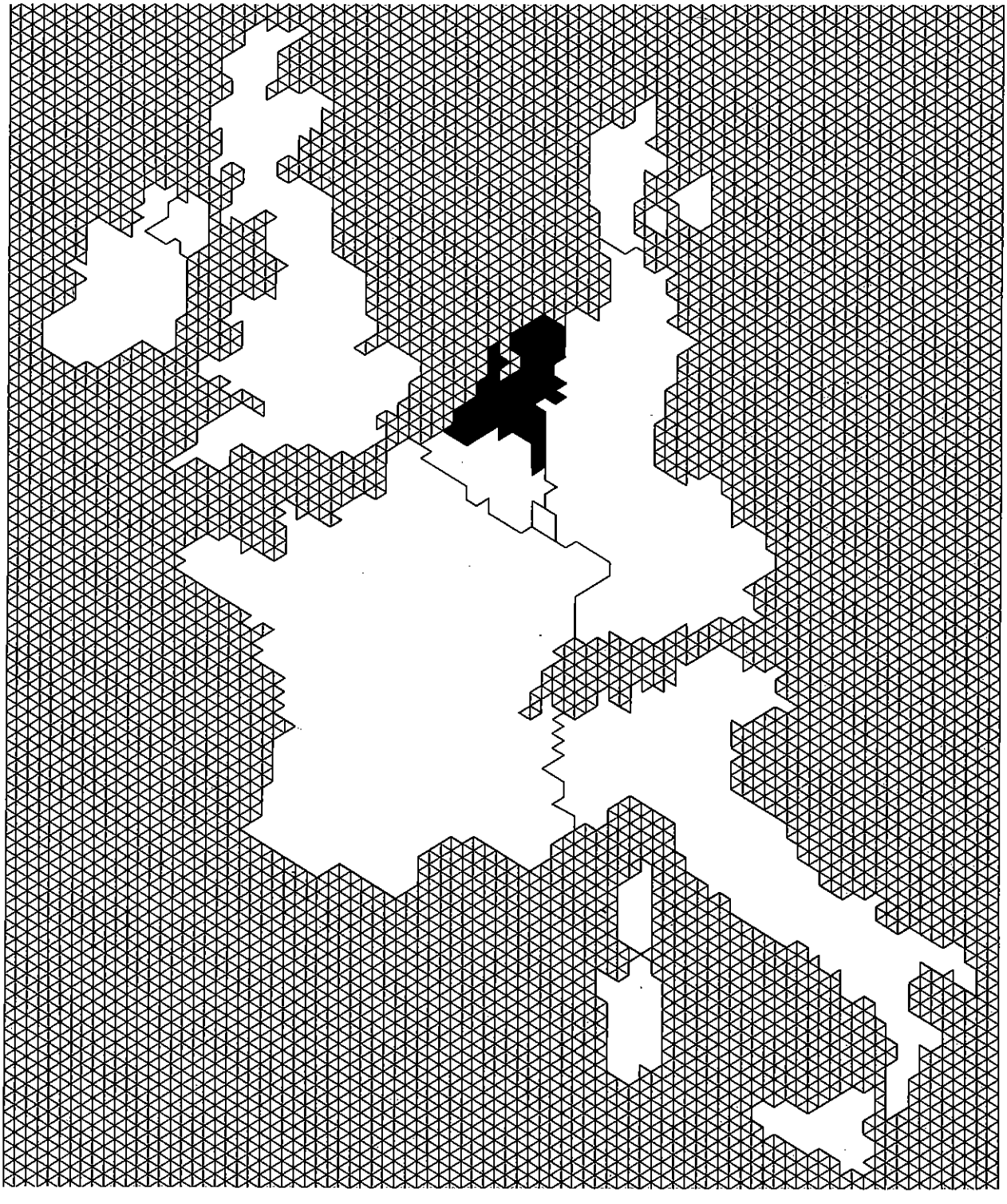
Commissie van de Europese Gemeenschappen

Grondwater in Nederland Behoeften en beschikbare hoeveelheden



Commissie van de Europese Gemeenschappen

Grondwater in Nederland Behoeften en beschikbare hoeveelheden

Directoraat-generaal milieuzaken,
consumentenbelangen en nucleaire veiligheid

Th. Schäfer GmbH : D-3000 Hannover 1

S. Jelgersma – Rijks Geologische Dienst
C. R. Melnardi – Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
J. A. M. van der Gun – Dienst Grondwaterverkenning TNO
C. van den Berg – Werkgroep coördinator
M. A. Damoiseaux – Rijkswaterstaat, Onderafdeling Waterstaatkartografie

J. J. Fried, Professor aan de Universiteit Louis Pasteur, Straatsburg.
Studie coördinator.

EUR 7948 NL

Nota Bene
Noch de Commissie van de Europese Gemeenschappen, noch personen die namens haar optreden, zijn verantwoordelijk voor het gebruik dat eventueel van de hiernavolgende informaties wordt gemaakt.

© EGKS, EEG, EGA, Brussel-Luxemburg 1982

Uitgave en distributie
Th. Schäfer Druckerei GmbH · Tivolistraße 4 · D-3000 Hannover 1
Telefon (0511) 3499-0 · Telex 923846 (vinha)

Voorwoord

Dr. K.-H. Narjes

Lid van de Commissie van de Europese Gemeenschappen

Commissaris, verantwoordelijk voor Milieuzaken, Consumentenbelangen en Nucleaire Veiligheid

Het doel van de inventarisatie van de grondwatervoorkomens in de Gemeenschap is de evaluatie mogelijk te maken van deze grondwaterreserves en zodoende in de eerste plaats de waterhuishouding en meer in het algemeen de desbetreffende besluitvorming zowel op nationaal als op communautair vlak te vergemakkelijken. Deze studie werd op zodanige wijze uitgevoerd, dat de coherentie van de daarbij verkregen resultaten werd verzekerd, waardoor adequate vergelijkingen tussen de verschillende lid-staten mogelijk worden. Bovendien levert zij voor zover mogelijk gegevens op over de verdeling en de beschikbaarheid van het grondwater in de Gemeenschap.

Deze studie – de eerste van dit genre die op internationaal niveau werd opgezet – is om meer dan één reden origineel, namelijk:

- zij heeft de onontbeerlijke elementen opgeleverd voor een nationaal en gemeenschappelijk beleid inzake de grondwaterexeploitatie, in die zin dat het daarbij mogelijk werd gemaakt om – vaak voor het eerst – gegevens bijeen te brengen en te analyseren, die doorgaans verspreid zijn. Ook kwamen daarbij leemten aan het licht die met het oog op de rationele exploitatie van deze belangrijke hulpbron moeten worden aangevuld;
- op technisch vlak konden dank zij de wetenschappelijke en administratieve regionalisering die bij deze studie werd doorgevoerd, de problemen in verband met de exploitatie van de grondwaterreserves ter sprake worden gebracht in een kader, waarbinnen ook het nemen van politieke beslissingen mogelijk is;
- op het vlak van de methodologie heeft de deelneming, onder leiding van een coördinator, van negen groepen (één per lid-staat) de vergelijking en onderlinge aanpassing mogelijk gemaakt van de concepten en concrete arbeidsmethodes van de verschillende lid-staten.

Deze studie verdient ruime belangstelling omwille van de daarbij verkregen resultaten en de toegepaste methodologie.

Inleiding

A. Andreopoulos
Directeur-Generaal
Directoraat-generaal Milieuzaken, Consumentenbelangen en Nucleaire Veiligheid

De Commissie van de Europese Gemeenschappen legt de inventaris voor van de grondwaterreserves van de Gemeenschap.

Voor het eerst wordt een zo volledig mogelijk beeld gegeven van de watervoerende lagen en de beschikbaarheid daarvan in de Gemeenschap. Daarbij worden vier hoofdthema's behandeld. Voor elk thema werden 38 kaarten ontworpen, waarop het gehele grondgebied van de Gemeenschap is weergegeven op een schaal van 1 : 500 000 (in het totaal 152 kaarten van circa 50 × 80 cm); bovendien werden er ook 10 rapporten opgesteld – namelijk één rapport per lid-staat en één samenvattend rapport – waarin elk thema uitvoerig wordt behandeld.

De toetreding van Griekenland tot de Europese Gemeenschap vond plaats op 1 januari 1981, toen de studies voor de overige 9 lidstaten al waren afgesloten.

Om deze reden maakt Griekenland geen deel uit van dit rapport. Met de studie van het grondwater in Griekenland is in 1982 een aanvang gemaakt. De gegevens betreffende deze lidstaat zullen dientengevolge met enige vertraging in het volledige rapport opgenomen worden.

Deze thema's zijn de volgende:

- de inventaris van de watervoerende lagen: de aardrijkskundige ligging; de geometrische, lithologische en stratigrafische eigenschappen; de types watervoerende lagen (vrije of ingesloten lagen); de doorlatendheid (spleten, barsten, karst);
- de hydrogeologie van de watervoerende lagen: de coëfficiënten van doorlatendheid, de stromingsrichtingen, onderlinge uitwisseling tussen rivieren en grondwater, specifieke problemen, zoals b.v. het indringen van zeewater;
- de exploitatie van het grondwater: exploitatiedichtheid, belangrijke gemalen;
- mogelijke extra grondwaterreserves: aardrijkskundige weergave van de vier categorieën van gebieden, die in dit verband in de Gemeenschap kunnen worden onderscheiden, namelijk gebieden met een eventueel overschot, gebieden, waar een evenwichtstoestand heerst, gebieden, waar zich bij het huidige beleid inzake de grondwaterexploitatie een tekort voordoet en tenslotte gebieden zonder toereikende grondwatervoorraden. Hierbij werd ten volle rekening gehouden met het eventuele herstel en de exploitatie van de grondwaterreserves alsmede met behoeften in het kader van de waterhuishouding.

Verschillende lid-staten beschikken met deze inventarisatie voor het eerst ook op nationaal vlak over allesomvattende informatie betreffende hun watervoorraden; de gegevens daarvoor, die voordien alleen op verspreide wijze beschikbaar waren, werden

zoveel mogelijk verzameld en gesynthetiseerd en vaak voor het eerst in dit verband behandeld.

Dit werk is niet alleen een onontbeerlijk instrument voor het beheer van de grondwaterreserves op communautair niveau. Ook op nationaal niveau is het echter van bijzonder grote waarde voor de kennis en het beheer van de grondwaterreserves. Dank zij de bijzonder originele aanpak, waarbij hydrogeologische regionalisering en administratieve regionalisering volgens een op de nationale administratieve eenheden toegesneden presentatie worden gecombineerd, zijn de inventarissen bijzonder bruikbaar zowel voor de administratie als de instanties die zich met het waterhuishoudingsbeleid bezighouden. Hierbij wordt voornamelijk aan de opzet van proefprojecten gedacht.

Met het oog op een uniforme presentatie van de resultaten voor de gehele Gemeenschap, werden speciale tekens ontworpen, die ertoe moeten bijdragen dat het geheel gemakkelijker verstaanbaar wordt voor de leek zonder dat afbrenk wordt gedaan aan de technische kwaliteit van de verstrekte gegevens.

INHOUD

	blz.
VOORWOORD	
DEEL I ALGEMENE INLEIDING	5
1. Watervoorziening en wetgeving	5
2. Geologische geschiedenis	7
3. Enkele aspecten met betrekking tot grondwater	9
Geologie	9
Topografie	11
Klimaat	12
Hydrologie en kwaliteit van het water	12
Plantengroei	14
4. Behoefte aan en beschikbaarheid van grondwater	14
Behoefte aan water	14
Beschikbaarheid van grondwater	18
5. Evaluatie van grondwaterwinningsmogelijkheden	21
6. Enige opmerkingen over basisgegevens en het vervaardiging van de kaarten	23
Basisgegevens	24
Regionale studies en karteringsprogramma's	26
Vervaardiging van de kaarten	26
DEEL II REGIONALE BESCHRIJVING	31
Groningen, district 1 - 5	31
Friesland, district 6 - 7	32
Waddeneilanden, district 8	35
Drenthe, district 9	36
Overijssel, district 10 - 15	37
Gelderland, district 16 - 18	40
Utrecht, district 19-20	43
Flevopolders, district 21 - 22	45
Noord-Holland en Zuid-Holland, district 23 - 27	46
Zeeland, district 28 - 30	49
Noord-Brabant en Limburg m.u.v. Zuid-Limburg district 31 - 37	51
Zuid-Limburg, district 38	54
CONCLUSIES	55
LITERATUUR	57

VOORWOORD

De Europese Economische Gemeenschap besloot in 1977 tot een kartering van de beschikbare hoeveelheden grondwater om na te gaan in hoeverre deze hoeveelheden toereikend zijn voor de toekomstige behoeften. De ongelijke verdeling van het beschikbare grondwater in de Europese ruimte en de variatie ervan met de meteorologische omstandigheden waren mede een reden voor het opzetten van deze kartering. Bovendien paste een dergelijke studie in het EEG-project: Ecologische kartering.

Alle 9 EEG-staten hebben aan deze kartering deelgenomen en een landenrapport opgesteld, waaruit vervolgens een rapport voor het gehele EEG-gebied is samengesteld. Vier kaarten op schaal 1 : 500 000 geven de aquifercondities, de geohydrologie, de grondwateronttrekkingen en de nog beschikbare hoeveelheid grondwater weer.

Het hier volgende rapport en de kaarten met de gegevens over Nederland (wereldkaart 1 : 500 000, serie 1404, bladen 170-D en 230-B, uitgave 2 - IGMB) zijn vervaardigd door een groep onderzoekers, werkzaam bij verschillende ministeries en diensten. De belangrijkste contribuanten zijn:

Dr. S. Jelgersma	-	geologe bij de Rijks Geologische Dienst, Haarlem
Ir. C.R. Meinardi	-	hydroloog bij het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, Leidschendam
Ir. J.A.M. van der Gun	-	hydroloog bij de Dienst Grondwaterverkenning TNO, Delft
Dr. C. van den Berg	-	oud-directeur van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen (coördinator)

De kaarten zijn voor de druk gereedgemaakt door de sectie Kartografie van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (Rijkswaterstaat), Den Haag, onder leiding van drs. M.A. Damoiseaux.

Bij de werkzaamheden werd de groep bijgestaan door een Begeleidingscommissie waarin betrokken ministeries en diensten waren vertegenwoordigd, te weten:

Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging
Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
Dienst Grondwaterverkenning T.N.O.
Rijks Geologische Dienst
Commissie Grondwaterwet Waterleidingbedrijven

DEEL I: ALGEMENE INLEIDING

1. WATERVOORZIENING EN WETGEVING

De watervoorziening in Nederland gaf tot enkele decennia geleden nauwelijks ernstige problemen. Neerslag en rivieren voorzagen het land ruimschoots van goed water, zo overvloedig zelfs dat de eerste zorg van waterbeheer was gericht op bescherming tegen deze overvloed met behulp van versterking van dijken, normalisatie van rivieren en beken en verbetering van de afwatering.

Ook grondwater was bijna overal voldoende beschikbaar om aan de behoeften van de bevolking en zijn economische activiteiten te voldoen. Waar het grondwater brak of zout was kon gebruik worden gemaakt van oppervlaktewater.

Na de tweede wereldoorlog veranderde dit beeld snel als gevolg van de aanzienlijke bevolkingstoename, de sterke economische groei en de steeds stijgende welvaart. De vervuiling van de rivieren, vooral van de Rijn, schiep problemen voor het direct gebruik van rivierwater. De kwaliteit van het in de duinen gewonnen water, dat voor een steeds belangrijker gedeelte ging bestaan uit geïnfiltreerd rivierwater werd eveneens nadelig beïnvloed. Natuurlijke infiltratie van rivierwater in laaggelegen gebieden deed ook daar de kwaliteit van het grondwater teruglopen. De stijgende hoeveelheden afval gingen gepaard met toenemende verontreiniging van de bodem en steeds grotere risico's voor grondwaterverontreiniging.

De behoefte aan grondwater steeg aanzienlijk in de laatste decennia, zo zeer dat gaandeweg bezwaren rezen tegen onbeperkte onttrekkingen gezien de daling van de grondwaterstanden die onder andere de vegetatie nadelig beïnvloedt.

Tenslotte bleek in droge jaren ook de kwantiteit van het oppervlaktewater, vooral van de Rijn waaruit alle lage gebieden in Nederland in de zomer regelmatig water betrekken, nauwelijks voldoende om in alle behoeften te voorzien. Ook is de kwaliteit van het Rijn- en Maaswater in droge jaren extra onbevredigend.

Voor het grondwater hebben deze ontwikkelingen alle een ongunstig effect, gezien de samenhang van kwaliteit en kwantiteit van het oppervlaktewater met die van het grondwater. Behalve het directe effect van het oppervlaktewater op het grondwater bij infiltratie speelt een rol dat oppervlaktewater vaak niet meer een betrouwbare vervanger is van grondwater.

Het beheer van oppervlakte- en grondwater maakte het noodzakelijk een aantal speciale wetten uit te vaardigen. Op rijksniveau zijn dat vier wetten, waarvan een reeds van kracht is en drie in voorbereiding zijn. Op provinciaal niveau bestaan verordeningen die vooral de bescherming van de grondwaterkwaliteit beogen.

De Wet Verontreiniging Oppervlaktewater die in december 1970 van kracht is geworden, maakt het beheerders van oppervlaktewater mogelijk om aan iedere vervuiler heffingen op te leggen. De gelden worden gebruikt om zuiveringsinstallaties te bouwen en te exploiteren. Het is duidelijk dat internationale regelingen nodig zijn om de verontreiniging van de Rijn en de Maas terug te dringen.

Het kwantitatieve beheer van het oppervlaktewater, voorzover de rijkswateren betreffend, zal worden geregeld in een Wet op de Waterhuishouding, waarvan de voorbereiding ter hand is genomen. Naar verwachting zal deze wet over enkele jaren worden uitgevaardigd. De betekenis ervan zal vooral in droge jaren blijken, wanneer een nauwkeurige verdeling van het rivierwater over verschillende regio's in het land noodzakelijk is.

De bescherming van het grondwater tegen verontreiniging zal in de naaste toekomst worden geregeld via de Wet Bodembescherming, waarvan de voorbreiding gereed is. Naar verwachting zal de de wet in 1981 of 1982 van kracht kunnen worden. Tot nu toe is de bodembescherming geregeld door provinciale verordeningen, waarbij veel nadruk is gelegd op de bescherming van de waterwingebieden.

Regelingen ten aanzien van de kwantiteit van het grondwater zijn neergelegd in de Grondwaterwet, die binnenkort van kracht zal worden. In deze wet is aangegeven dat de provincies een grondwaterbeheersplan moeten opstellen dat, na beoordeling door een landelijke commissie, door de Minister van Verkeer en Waterstaat moet worden

goedgekeurd. Na goedkeuring zijn de provincies verantwoordelijk voor de afgifte van vergunningen tot het onttrekken van grondwater overeenkomstig het beheersplan. De onttrekkers kunnen worden aangeslagen voor de onttrokken hoeveelheden. Voor grote onttrekkingen moeten bij de aanvraag van een vergunning gedetailleerde gegevens worden overgelegd met betrekking tot de hydrologische gevolgen van de onttrekking.

Deze wet zal de tot nu toe geldende Grondwaterwet Waterleidingbedrijven overbodig maken. In deze wet is geregeld dat waterleidingbedrijven een door het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne afgegeven vergunning moeten hebben voor alle onttrekkingen. Industriële onttrekkingen vallen tot de inwerkingtreding van de nieuwe wet onder de verantwoordelijkheid van de provincie.

Zodra alle hier genoemde wetten in werking zijn getreden, zullen kwantiteit en kwaliteit van oppervlakte- en grondwater beter kunnen worden bewaakt.

Naast deze wetten is of wordt een structuurschema opgesteld. Wat het grondwater betreft is het al bestaande structuurschema Drink- en Industriewatervoorziening (dat de basis vormt voor het regeringsbeleid op lange termijn) van belang. De mogelijke voorziening uit het grondwater is in dit schema gebaseerd op technische gegevens over de geologie, de hydrologie, de waterkwaliteit e. d. en daarnaast op de belangen van anderen bij het grondwater.

In dit rapport zal vooral op deze aspecten meer gedetailleerd worden ingegaan.

2. GEOLOGISCHE GESCHIEDENIS

De geologische geschiedenis van Nederland is voor het grootste deel van het land bepaald door zijn ligging aan de rand van een dalend Noordzeebekken. Daarom komen de geologische formaties van het Tertiair dan ook op grote diepte in de noordwestelijke kuststreek voor.

Aan de Duitse grens in het oosten en aan de Belgische in het zuiden bevinden het Tertiair en oudere formaties zich echter dicht bij of aan de oppervlakte. De Tertiaire formaties dalen in noordwestelijke richting en zijn daar bedekt door jongere sedimenten tot een diepte van 500 meter. De gemiddelde helling is derhalve 1 : 300 à 400.

Tijdens het Tertiair was het grootste deel van Nederland door de zee bedekt. Daarom zijn de meeste Tertiaire afzettingen van mariene oorsprong en rijk aan klei en fijn zand, afgewisseld met schelpgruis. Tegen het eind van het Tertiair begon de zee zich terug te trekken en aanvangende in het Mioceen werden afzettingen gevormd, bestaande uit grof rivierzand in het zuiden en het zuidoosten van het land, langs de oostgrens en in het noordoosten, afgewisseld met veen- en kleilagen.

In andere delen van het land zijn de afzettingen uit het Mioceen fijnzandig.

Daar waar de deklagen van het Tertiair een geringe doorlatendheid hebben, kunnen zij worden beschouwd als de basis van de er bovenliggende aquifer. In een brede strook in de provincie Noord-Brabant, langs de oostgrens en in het noorden hebben schelprijke afzettingen en grove rivierafzettingen een grote doorlatendheid.

Daar formaties ouder dan het Tertiair meestal diep liggen en brak water bevatten, zijn zij in het algemeen voor grondwateronttrekking niet van belang.

Slechts in het zuidelijk deel van de provincie Limburg waar de formaties uit het Boven-Krijt tot dicht aan de oppervlakte reiken en jongere formaties bijna geheel ontbreken, zijn wateronttrekkingen uit deze oudere formaties belangrijk voor de streek. Locaal worden in het meest oostelijk deel van Overijssel en Gelderland aquifers uit het Mesozoicum geëxploiteerd, maar hun betekenis is nog niet geheel duidelijk.

Het karakter van het Pleistoceen in Nederland wordt in grote mate bepaald door de afwisseling van glaciale en interglaciale tijdperken.

Nadat de zee zich, als gevolg van de daling van het zeeniveau in het begin van het Pleistoceen geheel had teruggetrokken, werd

het Nederlandse bekken gevuld met rivierafzettingen en glaciale en mariene sedimenten.

Grinden en grove zanden wisselden af met fijner zandig en kleiig materiaal, als gevolg van koudere en warmere perioden en van de opheffing van het achterland. Ook bleven glaciale- en fluvioglaciale afzettingen achter voornamelijk tijdens de Saale ijstijd toen de helft van Nederland met ijs was bedekt.

De dikte en het karakter van de Pleistoceen formaties werden verder bepaald door tectonische bewegingen, die zich vooral in een zone van zuidoost naar noordwest voordeden. Tenslotte bedekte een laag van eolische oorsprong de formaties uit het Pleistoceen. Het meeste grondwater dat in Nederland wordt gebruikt pompt men uit de grove lagen van het Pleistoceen.

Het Holoceen wordt gekenmerkt door een aanzienlijke relatieve stijging van het zeeniveau, die tenslotte leidde tot mariene-, rivier- en organogene afzettingen in het westelijk en noordelijk deel van het land, alsmede in de rivierdalen. De strook langs de kust is van 30 tot 50 km breed; de dikte is zelden meer dan 20 meter, uitgezonderd de hoger gelegen opgestoven duinen.

Als gevolg van het hydrologische regime en onder invloed van transgressies verzoutte het grondwater in aanzienlijke mate tijdens het Holoceen, zelfs tot op geringe diepte. Meer dan 1000 jaar geleden moest de mens al bescherming zoeken tegen de zee door kreken die met de zee in verbinding stonden af te dammen, in een later stadium gevolgd door het bouwen van dijken langs de kust en de rivieren.

In figuur 1 wordt een stratigrafische classificatie gegeven van afzettingen uit het Boven-Tertiair en het Kwartair.

3. ENKELE ASPECTEN MET BETREKKING TOT GRONDWATER

Afgezien van geologische bijzonderheden, spelen ook de topografie, klimatologische omstandigheden, hydrologie en plantengroei een rol bij de beschikbaarheid van grondwater.

Uit geologisch oogpunt vertonen de formaties uit het Pleistoceen een grote verscheidenheid in ontstaan, dikte, omvang en

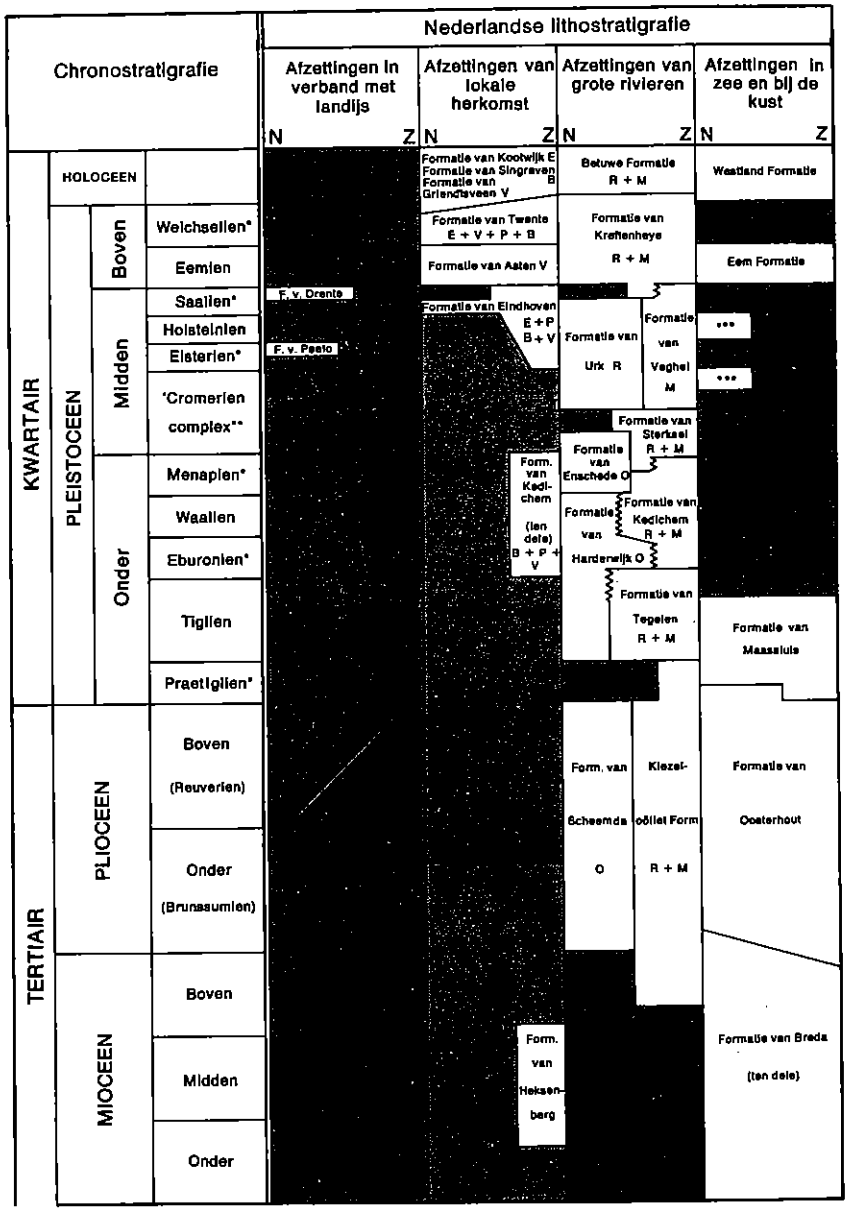


Fig. 1. Tabel van de Boven-Tertiaire en Kwartaire formaties gerangschikt naar ouderdom en genese

afwisseling van lagen met grof en fijn materiaal.

Nauwkeurige analyse heeft aanleiding gegeven tot het onderscheiden van ongeveer 20 verschillende formaties.

Grove lagen met een grote doorlatendheid worden over bijna het gehele land verspreid aangetroffen. Zij worden afgewisseld met gewoonlijk dunnere klei- en leemlagen, die weinig doorlatend zijn. Daar deze laatste echter zelden continu voorkomen en bovendien altijd enigzins permeabel zijn, staan de grove lagen van de verschillende aquifers met elkaar in verbinding. Daarom is het onderscheiden van afzonderlijke watervoerende pakketten niet goed mogelijk, op de schaal van kaart 1 (1 : 500 000).

De gehele groep van Pleistoceen formaties kan derhalve worden beschouwd als één aquifer. Mochten, zoals in de provincie Noord-Brabant, jonge Tertiaire afzettingen met grote doorlatendheid direct onder het Pleistoceen worden gevonden, dan kunnen zij tot dezelfde aquifer worden gerekend.

Zoals op kaart 1 is aangegeven kan de aquifer uit één laag doorlatend materiaal bestaan of zijn opgebouwd uit meerdere lagen. Verder is aangegeven of door afdekkende lagen het grondwater als (semi-) spanningswater moet worden beschouwd, dan wel freatisch is. (Semi-)spanningswater komt vooral in West-Nederland voor door de aanwezigheid van vrij dikke pakketten Holoceen. Uiteraard verkeren overal de diepere etages van samengestelde aquifers (bv. in de centrale slenk in Zuid-Nederland) in (semi) spanningscondities.

Aangezien de totale dikte van de formaties uit het Pleistoceen sterk varieert van oost en zuidoost naar het noordwesten, zal het doorlatend vermogen dienovereenkomstig variëren. De waarden kunnen uiteenlopen van ongeveer $10^{-3} m^2$ per seconde (86 m^2 per dag) tot 10^{-1} m^2 per seconde (8640 m^2 per dag). De meest gangbare cijfers variëren van 10^{-2} tot $5.\ 10^{-2} m^2$ per seconde.

T o p o g r a f i e. De vlakke Holocene gebieden in de westelijke en noordelijke delen van het land liggen meestal op een niveau van min 2 tot plus 3 meter ten opzichte van het gemiddeld zeeniveau. Alleen de duinen langs de westkust bereiken soms een niveau van

50 meter boven NAP, terwijl daarentegen enkele droogmakerijen 5 meter beneden NAP liggen.

Verder landinwaarts stijgen de Pleistocene formaties geleidelijk tot ongeveer 25 - 30 meter boven NAP langs de zuid- en oostgrens. In het midden en oosten van het land reiken heuvelruggen, ontstaan onder invloed van het ijs en geformeerd in het Saalien tot een maximale hoogte van ongeveer 100 meter NAP$^+$. De oudere formaties van het zuidelijk deel van Limburg bereiken hoogten tot 300 meter NAP$^+$. De gevolgen van deze topografische bijzonderheden zullen worden besproken onder 'hydrologie en kwaliteit van het water.

Klimaat. De gemiddelde regenval in Nederland bedraagt 725 mm per jaar. De neerslag is tamelijk regelmatig verdeeld over het jaar met een gemiddeld minimum van 40 mm in de maand maart en een gemiddeld maximum van 80 mm in de maand augustus. Daar de jaarlijkse, werkelijke evapotransporatie kan worden gesteld op ongeveer 475 mm, is er een neerslagoverschot van ongeveer 250 mm per jaar.

Dit laatste cijfer varieert over het gehele land van minder dan 200 mm in de kuststreek tot meer dan 350 mm op enkele plaatsen in Midden-Nederland en in het oosten.

Het overschot wordt afgevoerd naar de grote rivieren en naar de zee, met behulp van een dicht net van sloten, kanalen en natuurlijke waterlopen. Aangezien grondwateronttrekking, gemiddeld over een gebied zelden 100 mm per jaar te boven gaat, worden de verschillen in neerslagoverschot in de diverse gebieden niet in aanmerking genomen bij de raming van de beschikbare hoeveelheid grondwater.

Hydrologie en kwaliteit van het water. Het neerslagoverschot en de lage ligging van de formaties uit het Holoceen maken van de westelijke en noordelijke delen van het land een waterrijk gebied, dat alleen droog gehouden kan worden door kunstmatige afwatering met behulp van gemalen. Hetzelfde geldt voor het gebied tussen de Maas en de grote zijrivieren van de Rijn, dat ook bedekt is met Holocene afzettingen. Het gemiddelde grondwaterpeil varieert in deze gevallen slechts van 0,5 tot 1 meter beneden het niveau van het land.

Maar ook in het andere, grotere deel van het land, waar forma-

ties uit het Pleistoceen de deklaag vormen. ligt de gemiddelde grondwaterspiegel meestal dicht onder de oppervlakte, op een diepte van slechts 1 tot 1,5 meter. Alhoewel de afwatering hier voornamelijk op natuurlijke wijze via de zwaartekracht geschiedt wordt dit proces bevorderd door sloten en door regulering van de natuurlijke waterlopen.

In alle gevallen bestaat er een nauw verband tussen grondwater en oppervlaktewater. In sommige stroomgebieden vindt benedenstrooms infiltratie in de grond plaats en wordt het grondwater dus gevoed door oppervlaktewater. Ook uit de grote rivieren vindt deze infiltratie plaats.

Als gevolg van de verontreiniging van het rivierwater heeft dit proces dan een ongunstige invloed op de kwaliteit van het grondwater, behalve in die gevallen waar het water uit de rivier de plaats inneemt van brak grondwater.

In de duinen langs de kust, in het gebied dat door het landijs is opgestuwd en in de oudere formaties in de provincie Limburg liggen de grondwaterspiegels veel dieper beneden maaiveld. De absolute niveaus van het grondwater liggen daar echter toch aanzienlijk hoger dan in de omliggende gebieden. Als gevolg daarvan heeft hydrostatische druk de vorming van dikke zoetwatervoorkomens mogelijk gemaakt. In de duinen bijvoorbeeld kan in enkele gevallen zoet water tot op 100 meter diepte worden aangetroffen, terwijl in de aangrenzende vlakke Holocene formaties brak water al op een paar meter diepte voorkomt. Het zoetwaterlichaam in de duinstreek wordt intensief gebruikt als bron voor de openbare watervoorziening. In de stuwwallen in de provincies Utrecht en Gelderland reikt de zoetwaterlaag in de Pleistocene en Tertiaire formaties tot meer dan 300 meter diepte.

Hier moet worden opgemerkt dat overal in het land het oppompen van zoet water zodanig moet worden uitgevoerd, dat stijging van het er onder liggende brakke grondwater wordt voorkomen.

De lage ligging van het land heeft kwel van brak grondwater tot gevolg, voornamelijk in de diepe polders in de provincies Zuid-Holland en Noord-Holland. Binnendringen van zeewater vindt plaats bij de beschermende dammen en duinen langs de kust en langs de grote scheepvaartkanalen.

Pantengroei. Met uitzondering van enkele duinen langs de kust en landinwaarts komt in het gehele buitengebied in Nederland plantengroei voor. Van dit gebied bestaat tenminste 80% uit permanent grasland en bouwland. Zoals eerder werd opgemerkt bedraagt de gemiddelde jaarlijkse evapotransporatie ongeveer 475 mm. Men heeft berekend dat planten hiervan in droge jaren zo'n 15% verkrijgen langs de weg van capillaire opstijging naar het wortelstelsel. Hoge grondwaterstanden zijn derhalve van groot belang voor de groei van gewassen, daar de diepte waarop het grondwater zich ten opzichte van het wortelstelsel in de bodem bevindt, bepalend is voor de capillair aangevoerde hoeveelheid grondwater. Vanuit dit gezichtspunt is de daling van de grondwaterstand door grondwateronttrekking ongewenst, vooral in zandgronden. Hetzelfde geldt voor de vochtminnende natuurlijke vegetatie.

Andere nadelen van een verlaging van de grondwaterstand kunnen zijn:

- de inklinking van veenlagen en de daaruit mogelijk resulterende schade aan gebouwen;
- de verminderde afvoer van grondwater naar beken waaruit vermindering van de waarde van het landschap zou kunnen resulteren en mogelijk ook vermindering van de kwaliteit van het oppervlaktewater, indien het afstromende grondwater van aanzienlijk betere kwaliteit is dan het oppervlaktewater.

De hiervoor genoemde omstandigheden beperken de mogelijkheden van continue onttrekking van grondwater of kunnen leiden tot compenserende maatregelen.

4. BEHOEFTE AAN EN BESCHIKBAARHEID VAN GRONDWATER

De behoefte aan grondwater

Door de enorme hoeveelheid in Nederland aanwezig oppervlaktewater, wordt daarvan veel gebruikt voor doeleinden waarvoor niet de

hoogste kwaliteit vereist is. Dit geldt voor koelwater ten behoeve van de industrie, dat bijvoorbeeld in grote hoeveelheden wordt gebruikt door elektriciteitsbedrijven. Ook in de landbouw wordt een aanzienlijke hoeveelheid oppervlaktewater gebruikt in die gebieden waar dit gemakkelijk kan worden verkregen door rivierwater in sloten te leiden.

Voor doeleinden die water van goede kwaliteit vereisen wordt bij voorkeur zoet grondwater gebruikt. Waar geen goed oppervlaktewater aanwezig is, zal eveneens steeds zoet grondwater worden gebruikt. Het is onbevredigend dat soms geschikt oppervlaktewater beschikbaar is voor koelwater en dan toch grondwater voor dat doel wordt gebruikt.

Tabel 1 geeft een samenvatting van het gebruik van grondwater per provincie in 1976.

Tabel 1. Grondwateronttrekking voor verschillende doeleinden in $10^6 m^3$ in 1976 (de cijfers voor landbouw zijn gebaseerd op gemiddelde meteorologische omstandigheden en daarom ca. 25% van de werkelijke onttrekking in 1976)

Provincie	Openbare water-voorziening	Industrie		Landbouw
		zoet	brak	
Groningen	25,0	24,7	5,5	0,1
Friesland	40,2	18,3	3,3	0,2
Drenthe	43,2	20,5	-	0,6
Overijssel	72,4	34,8	-	5,9
Flevopolders	4,9	-	0,1	0,1
Gelderland	111,3	100,8	-	18,8
Utrecht	63,0	22,0	-	1,7
Noord-Holland	135,1	10,4	40,7	0,5
Zuid-Holland	129,3	15,3	37,9	0,1
Zeeland	5,4	0,6	2,2	-
Noord-Brabant	185,6	103,9	6,5	31,3
Limburg	65,5	46,6	-	14,7
Totaal	880,9	397,9	96,2	74,0

Er bestaat ruwweg een correlatie tussen bevolkingsdichtheid en economische activiteiten per provincie enerzijds en grondwateronttrekkingen ten behoeve van de openbare watervoorziening en de industrie anderzijds. Er zijn evenwel verschillende factoren die deze correlatie beïnvloeden. Het gebruik van zoet grondwater door de industrie in de provincies Zuid-Holland en Noord-Holland bijvoorbeeld is laag omdat het oppervlaktewater er veel minder zout is dan het brakke grondwater. In andere gevallen wordt grondwater in de ene provincie onttrokken ten behoeve van de andere. Deze bijzonderheden worden later in dit rapport besproken bij de gedetailleerde behandeling van de grondwatersituatie in de provincies.

De cijfers over 1976 ten behoeve van de openbare watervoorziening moeten met ongeveer 5% worden verhoogd om een juist beeld over 1978 te krijgen en men mag verwachten dat in de toekomst deze cijfers nog hoger zullen worden. De cijfers voor het verbruik van zoet water in de industrie vertonen een dalende tendens. Dit komt omdat fabrieken het watergebruik zo veel mogelijk beperken om de stijgende kosten te vermijden, die gepaard gaan met de afvoer van het gebruikte (en verontreinigde) water. De cijfers voor de landbouw variëren sterk van jaar tot jaar, afhankelijk van de weeromstandigheden. De cijfers in tabel 1 zijn verkregen door de werkelijke cijfers verzameld in het zeer droge jaar 1976 door middel van een uitgebreid onderzoek te vergelijken met een jaar met gemiddelde weersomstandigheden. Berekeningen van het vochttekort van gewassen op basis van formules voor de potentiële evapotranspiratie (Penman - Rijtema), hebben aangetoond dat in een normaal jaar slechts 25% van de in 1976 verstrekte hoeveelheid water nodig zou zijn.

Er is gedurende de afgelopen 10 jaar echter een tendens om het gebruik van beregeningsinstallaties uit te breiden en nog grotere toename wordt verwacht zodra er in de toekomst een relatief droog jaar voorkomt. Daarom zijn de cijfers voor het gebruik van grondwater voor de landbouw de meest onzekere gegevens in tabel 1.

In tabel 2 wordt een vergelijking gemaakt tussen de onttrekkingen in 1971 en die in 1976 en tevens een raming van de onttrekkingen in 1981.

Tabel 2. Grondwateronttrekkingen (in $10^6 m^3$) in 1971, 1976 en verwacht in 1981

Gebruik	1971	1976	1981
Openbare watervoorziening	724 [1)]	881 [2)]	975
Industrie	460	398	375
Landbouw (gem. meteorol. omstandigheden)	20	74	100
Totaal	1204	1353	1450

1) ong. $128.10^6 m^3$ geïnfiltreerd oppervlaktewater inbegrepen
2) ong. $160.10^6 m^3$ geïnfiltreerd oppervlaktewater inbegrepen

De cijfers tonen aan dat voor de nabije toekomst een verminderde stijging van grondwaterverbruik wordt verwacht in vergelijking met de voorafgaande jaren.
Het gebruik ten behoeve van de industrie neemt om de eerder genoemde redenen naar verwachting enigszins af.
Er zijn bepaalde hoeveelheden grondwater nodig voor het in stand houden van een grondwaterstand van voldoende niveau om te verhinderen dat schade aan gewassen, natuurlijkevegetatie en gebouwen ontstaat en ook om rivieren en beken voldoende te voeden. De hiervoor benodigde hoeveelheid is echter niet bekend.

Daarom moet de invloed van iedere afzonderlijke onttrekking op de grondwaterstand worden bestudeerd om na te gaan of mogelijke schade kan worden getolereerd.

De hoeveelheid grondwater voor gebruik in de landbouw varieert sterk in de provincies en houdt geen verband met de oppervlakte landbouwgrond. Gebruik van oppervlaktewater in verschillende noordelijke en westelijke provincies is een van de voornaamste oorzaken voor deze verschillen. Een andere oorzaak moet worden toegeschreven aan de grotere behoefte aan aanvullende watervoorziening van de Pleistocene zandgronden in vergelijking met de klei- en veengronden. Bovendien leiden klimatologische verschillen tot drogere omstandigheden in het zuiden dan in het noorden.

Een aantal grondwateronttrekkingen is niet in de cijfers van tabel 1 opgenomen. Belangrijk in dit verband is de grondwateronttrekking

van bouwputbemalingen met het oogmerk de grondwaterstand te verlagen. Hierbij worden aanzienlijke hoeveelheden grondwater rechtstreeks in kanalen of rioleringen gepompt. Daar deze incidentele onttrekkingen kortdurend zijn en van plaats naar plaats verschuiven zijn hierover weinig betrouwbare gegevens bekend. Ook kleine hoeveelheden onttrokken door particulieren zijn wegens gebrek aan gegevens buiten beschouwing gelaten.

Op kaart 3 is de omvang van de onttrekkingen in 1976 in grids weergegeven, tezamen met de locatie van onttrekkingen die een miljoen m^3 per jaar te boven gaan. Het gridsysteem is hier gebruikt omdat de juiste plaats van de onttrekkingen bekend is en bovendien omdat meer en meer statistische gegevens in Nederland momenteel volgens dit systeem worden verzameld en gepubliceerd.

Beschikbaarheid van grondwater

Zoals eerder vermeld bedraagt het jaarlijks neerslagoverschot in Nederland gemiddeld 250 mm. Voor een landoppervlakte van meer dan 30 000 km^2 zou dit jaarlijks $7\ 500 \cdot 10^6\ m^3$ betekenen of ruim 5 maal de hoeveelheid grondwater, onttrokken in 1976. Op het eerste gezicht zou het er dus op lijken dat in Nederland nauwelijks problemen kunnen ontstaan met betrekking tot de beschikbaarheid van grondwater. Meerdere omstandigheden brengen in dit beeld echter grondig verandering, te weten:

1. In een belangrijk deel van Nederland is de onttrekking van zoet grondwater niet mogelijk omdat brak grondwater zich tamelijk dicht onder de landoppervlakte bevindt. De gemiddelde diepte, waarop dit niveau van brak water ligt, verandert in de loop der jaren nauwelijks. In andere gevallen is slechts een beperkt gebruik van grondwater toegelaten ter voorkoming van verzilting van de zoete waterlaag;
2. Over langere perioden kan de waterbalans een veel lager overschot vertonen. Men heeft berekend dat voor een gebied in Gelderland bijvoorbeeld het overschot aan neerslag over de relatief droge periode van 1971 tot 1976 slechts 60% heeft bedragen van het gemiddeld overschot over 20 jaar (1954-1973).

3. Het jaarlijks overschot heeft voor 80% betrekking op de 6 wintermaanden (okt - maart) en voor 20% op de 6 zomermaanden (apr. - sept.). Tengevolge van de toch al hoge grondwaterstand is gedurende het winterseizoen berging van het regenoverschot slechts beperkt mogelijk en moet het surplus aan water grotendeels worden afgevoerd. Slechts voor de hoger gelegen gebieden geldt dit niet, maar ook daar vindt een langzamer verlopend afvoerproces plaats;
4. Zoals eerder werd opgemerkt is niet zozeer de hoeveelheid onttrokken grondwater, als wel de daaruit voortvloeiende daling van de grondwaterstand van belang voor de landbouw, de natuurlijke vegetatie, enz.

Om de hier genoemde redenen is de hoeveelheid beschikbaar grondwater aanzienlijk lager dan het eerder genoemde regenoverschot. Vooral in verband met het onder punt 4 genoemde moet voor iedere onttrekking van enige betekenis een prognose worden opgesteld over de hydrologische gevolgen, in het bijzonder ten aanzien van de daardoor ontstane verlaging van de grondwaterstand. Soms kan worden volstaan met een vergelijking met bekende situaties, in andere gevallen zijn berekeningen en/of pompproeven noodzakelijk om het verwachte patroon van waterstandsdaling vast te stellen. Op grond daarvan kan dan worden geschat of schade zal optreden en eventueel ook van welke grootte-orde die schade zal zijn.

De daarvoor benodigde berekeningen zijn het verst gevorderd voor schade aan landbouwgewassen. Met behulp van een mathematisch model, waarin eigenschappen van de grond, de grootte van de door de gewassen capillair opgenomen hoeveelheid grondwater en het niet-stationaire verband tussen de capillaire opstijging en de grondwaterstand gedurende de groeiperiode zijn opgenomen, kan de vermindering van de capillaire waterlevering aan de gewassen worden berekend. Omdat beschikbare waterhoeveelheid en opbrengst van gewassen lineair samenhangen kan vervolgens de schade van grondwaterstandsdaling worden berekend. Voorbeelden van dergelijke berekeningen zijn gegeven door Rijtema (1974) en Grotentraast en Couwenhoven (1978).

De schade voor natuurlijke vegetatie kan niet exact worden bepaald omdat ecologische waarde niet eenvoudigweg in economische

waarde kan worden vertaald. Het beleid in Nederland is er momenteel op gericht de nog aanwezige natuurlijke vegetatie zo veel mogelijk te beschermen. Verder onderzoek wordt verricht om de relatie vegetatie-grondwaterstand beter te leren kennen.

Het is de taak van het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne met de commissies CoGroWa* en CoWaBo** en die van de provinciale autoriteiten om bij aanvragen om grondwateronttrekking de verschillende belangen af te wegen. Dit kan betekenen dat geen vergunning wordt verleend of dat de aangevraagde hoeveelheid niet geheel wordt toegewezen in die gevallen, waar de te verwachten schade ontoelaatbaar is. In het algemeen zal de toestemming voor onttrekking niet worden geweigerd als geen overwegende bezwaren bestaan. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn als de te verwachten daling van de grondwaterstand in een beperkt gebied rond het onttrekkingspunt niet meer dan enkele decimeters bedraagt. Wanneer bij onttrekking schade wordt geconstateerd is financiële schadeloosstelling mogelijk of ook wel een compenserende infiltratie van oppervlaktewater.

Wat zoet grondwater betreft is de situatie uiteraard moeilijk in gebieden waar brak grondwater overheerst. Voor de westelijke provincies is dit een bijzonder hachelijke situatie omdat men daar de grootste bevolkingsdichtheid en de meeste economische activiteiten aantreft. Voor die gevallen zijn door de waterleidingbedrijven andere oplossingen gevonden. Rotterdam en de aangrenzende steden hebben altijd gebruik gemaakt van rivierwater en krijgen nu water uit reservoirs in de Biesbos. De reservoirs worden gevuld in perioden met hoge rivierafvoeren wanneer de verontreiniging het geringst is. Andere steden in het westen maken al lang gebruik van het zoete duinwater. Met de toenemende behoefte aan drinkwater echter schoot aanvulling met regenwater tekort. De oplossing wordt in dit geval gevonden door infiltratie van Rijn- en Maaswater dat met pijpleidingen wordt aangevoerd. In de provincies Noord- en Zuid-Holland bedraagt de hoeveelheid water die kunstmatig in de duinen wordt geïnfiltreerd momenteel tenminste $150.10^6 m^3$. Deze hoeveelheid is in de cijfers van tabel 1 opgenomen. In bijna alle steden wordt tegenwoordig een mengsel van geïnfiltreerd regenwater en oppervlaktewater gedistribueerd. Het zal duidelijk zijn dat tengevolge

*) CoGroWa: Commissie Grondwaterwet Waterleidingbedrijven

**) CoWaBo : Commissie Wateronttrekking aan de Bodem

van de verontreiniging van het rivierwater, de kwaliteit achteruit is gegaan. Ook wordt soms oppervlaktewater uit het gebied zelf gebruikt.

In enkele kleine gebieden in de provincie Overijssel wordt kanaalwater afkomstig uit de Rijn, in de bodem geïnfiltreerd via een netwerk van sloten, die in de natte jaargetijden voor de afwatering dienst doen. Dit wordt gedaan ter compensatie van de grondwaterstandsdaling, ontstaan door de onttrekkingen. In de provincie Zeeland, waar zout grondwater overheerst, wordt veel water gebruikt afkomstig uit de provincie Noord-Brabant.

Voor een geheel ander doel worden in de laaggelegen, vlakke gebieden in het westen, noorden en midden van Nederland grote hoeveelheden rivierwater gebruikt. Evapotranspiratie van grasland en verdamping van water in sloten, kanalen en meren tijdens de zomermaanden wordt daar aangevuld door oppervlaktewater in de polders te leiden zodat het gehele jaar door het niveau in open water constant blijft. Het meeste van dit aangevoerde oppervlaktewater zal in de bodem infiltreren wanneer in de zomer de grondwaterspiegel door evapotranspiratie daalt en zodoende een potentiaalverschil ten opzichte van het open water wordt veroorzaakt door capillaire opstijging van het grondwater naar de plantenwortels. Proeven hebben aangetoond dat deze capillaire toevoer in droge perioden 1,5 mm per dag kan bedragen. In een droog jaar is het zeer wel mogelijk dat de totale hoeveelheid van deze capillaire levering die via het oppervlaktewater wordt aangevoerd een hoogte bereikt van meer dan $1000.10^6 m^3$. In zulke jaren vormt de distributie van oppervlaktewater (grotendeels geleverd door de Rijn) voor verschillende doeleinden en naar verschillende gebieden een steeds groter wordend probleem, des te meer daar ook in enkele zandgebieden de aanvoer van groeiende betekenis wordt. Een andere achtergrond voor de grote behoefte aan zoet rivierwater is het voortdurend gevecht tegen het binnendringen van zeewater in scheepvaartkanalen en via sluizen in het kustgebied.

5. EVALUATIE VAN GRONDWATERWINNINGSMOGELIJKHEDEN

Een aantal jaren geleden heeft het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiene een schema opgesteld voor de watervoorziening

ten behoeve van de openbare watervoorziening en de industrie. Dit structuurschema, inmiddels goedgekeurd door de Centrale Overheid, omvat een prognose van de totale behoefte aan water voor deze doeleinden in de komende decennia en vermeldt voorts de middelen om in deze behoefte te voorzien.

Alhoewel zoet grondwater altijd de voorkeur geniet vanwege de goede kwaliteit, kan onbeperkt gebruik er van niet worden toegestaan om de reeds aangehaalde redenen. Daarom is de toelaatbare winning van zoet grondwater voor het gehele land bepaald op ongeveer $1900.10^6 m^3$ per jaar. Deze hoeveelheid ligt beneden de te verwachten behoefte zodat het gebruik van oppervlaktewater waarschijnlijk moet worden uitgebreid.

De genoemde hoeveelheid is verkregen door middel van een analyse van alle gebieden waar zich zoet grondwater bevindt, rekening houdend met de geohydrologische situatie en de reeds genoemde beperkingen. Daar de bestaande onttrekkingen en hun locaties bekend zijn, maken de regionale gegevens over de beschikbaarheid van grondwater het gemakkelijk om de nog voor uitbreiding beschikbare hoeveelheid te bepalen. De resultaten zijn weergegeven op kaart 4. Aangezien de gegevens over de toelaatbare onttrekkingen per regio worden vastgesteld, zou het niet juist zijn de gegevens met betrekking tot nog winbaar grondwater per afzonderlijk grid te bezien. Het kan zijn dat in een bepaald grid de onttrokken hoeveelheid het toelaatbare kwantum aanzienlijk teboven gaat, terwijl in de omliggende grids het omgekeerde het geval is. In de praktijk zou het zeker niet worden toegestaan om dan tot volledige onttrekking van grondwater over te gaan in vakken, gelegen dicht bij het grid waar een hoeveelheid water wordt onttrokken, die ver boven het toelaatbare cijfer ligt.

Om deze reden worden op kaart 4 de nog beschikbare hoeveelheden grondwater per district weergegeven. Vergelijking met kaart 3 geeft een indicatie in welk deel van het district de mogelijkheden voor verdere onttrekking kunnen worden gezocht.

Voor het land in zijn geheel komen de cijfers in tabel 1 neer op een jaarlijkse winning van ongeveer $1353.10^6 m^3$ zoet grondwater. Als de ongeveer $160 . 10^6 m^3$ geïnfiltreerd oppervlaktewater er van

af wordt getrokken kan de jaarlijkse onttrekking ten behoeve van de openbare watervoorziening, de industrie en de landbouw worden vastgesteld op ongeveer 1193. $10^6 m^3$. Vergeleken met de toelaatbare onttrekking van 1900. $10^6 m^3$ zou er voor uitbreiding van de bestaande winning 707. $10^6 m^3$ per jaar overblijven. Daar deze cijfers betrekking hebben op het jaar 1976, zal tegen het eind van 1978 het cijfer ca. 15% lager zijn.

Men schat dat binnen enkele decennia de toelaatbare onttrekking van 1900. $10^6 m^3$ zoet grondwater zal worden bereikt. Bij verdere uitbreiding van het watergebruik zal men moeten terugvallen op oppervlaktewater. Er zijn nog steeds mogelijkheden om de hoeveelheid in de duinen te infiltreren oppervlaktewater te vergroten. Voor gebieden ver van de duinen verwijderd, wordt overwogen om spaarbekkens aan te leggen die met oppervlaktewater worden gevuld, dan wel op grote schaal infiltratie met oppervlaktewater toe te passen.

De situatie in gebieden waar brak grondwater voorkomt tot op geringe diepte, zijn veel minder onderwerp van studie geweest als het gaat om de gevolgen van grondwateronttrekking. Het gevaar voor schade aan de in deze laaggelegen gebieden voorkomende landbouw en natuurlijke vegetatie is in het algemeen veel geringer, daar een regelmatige toevoer van rivierwater plaatsvindt zoals beschreven in het hoofdstuk 'Beschikbaarheid van grondwater'. De daling van de grondwaterstand wordt grotendeels goedgemaakt door infiltratie van dit oppervlaktewater in de ondergrond. Er kunnen echter wel moeilijkheden ontstaan met de zakking van de veenlagen.

6. ENKELE OPMERKINGEN OVER BASISGEGEVENS EN VERVAARDIGING VAN DE KAARTEN

De bij dit rapport behorende vier kaarten zijn geheel gebaseerd op reeds bestaande informatie, zonder dat extra veldwerk is verricht. Wegens tijdgebrek is het belangrijkste deel van de informatie afgeleid van beschikbare kaarten of studies. Oorspronkelijke gegevens zijn slechts dan geraadpleegd als kaarten ontbraken of niet alle relevante facetten bestreken. Als gevolg daarvan kan de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de gebruikte informatie slechts in algemene zin worden beoordeeld, afhankelijk van de bekendheid van de samenstellers met

de bestaande regionale studies en de gangbare praktijk voor het verzamelen van gegevens.

Bij de interpretatie en verwerking van de bestaande kaarten en de overige informatie conform de legenda en de schaal van de hier gepresenteerde kaarten is het niveau van onzekerheid, subjectiviteit en heterogeniteit nog toegenomen.

Een beknopte beschrijving van de gangbare praktijken voor het verzamelen van geologische- en geohydrologische gegevens wordt hierna gegeven. Vervolgens zullen de voornaamste programma's voor kartering en regionale studies worden vermeld. Tenslotte zal een beschrijving worden gegeven van de aanpak bij de vervaardiging van de kaarten.

Basisgegevens

Informatie over aquifer-geometrie en lithologische kenmerken zijn voornamelijk verkregen uit geboorde putten en verkenningsboringen. Monsters van afzettingen worden door boormeesters, in de meeste gevallen ook door een geoloog beschreven en dikwijls wordt daarna laboratoriumonderzoek verricht om de lithologie en stratigrafie nauwkeuriger te bepalen. De daaraan ontleende informatie wordt opgeslagen in een landelijk archief, dat thans gegevens bevat over ongeveer vijftigduizend boringen waarvan er veel tussen 50 en 200 meter diep zijn. Terwijl de invoering van de rotatie-boortechniek een lagere kwaliteit van de monsters in de hand heeft gewerkt, werden fysische boorgatmetingen (spontane potentiaal, weerstand, boorgatdiameter, gammastraling) routine voor boorgaten dieper dan 50 meter.

Geo-elektrisch en seismisch onderzoek in veel delen van het land levert aanvullende informatie op over aquifer-geometrie. Nauwkeurige topografische kaarten vereenvoudigen het lokaliseren van de plaats waar de monsters genomen en de metingen verricht worden en geven ook de hoogteligging. Voorts laten zij het ontwateringssysteem zien.

Het doorlatend vermogen van een aquifer is bepaald met behulp ongeveer 350 conventionele pompproeven, gewoonlijk slechts betrekking hebbend op een deel van de totale dikte van de aquifer (etage). Talloze putproeven, verschillend in aard en detail en meerdere waterbalansen vormen extra bronnen van informatie die tezamen

met lithologische informatie dikwijls worden gebruikt om regionale patronen van het doorlatend vermogen te vinden. De meeste pomp-proeven verschaffen plaatselijk ook wat informatie over de spanningstoestand van het grondwater.

Een landelijk net van bijna 15 000 grondwaterstandsbuizen, met inbegrip van 7 500 ondiepe (< 5 m), functioneert onder gecentraliseerd toezicht. E en klein deel ervan bestaat uit gewone putten (ca. 1 400); de overige zijn grondwaterstijgbuizen van geringe diameter met korte filters of boorgaten met verscheidene van deze stijgbuizen. Tot op heden worden grondwaterstanden met de hand gepeild (op een paar uitzonderingen na) meestal met een frequentie van twee maal per maand (55%) of eenmaal per drie maanden (35%). Slechts enkele waarnemingen dateren van voor 1950 en het net breidt zich nog steeds uit en wordt voortdurend aangepast. Naast het het landelijk net zijn er veel lokale netten van grondwaterstandsbuizen, maar slechts een deel van de gegevens wordtin het centrale archief van grondwaterstanden opgeslagen.

Veel waarnemingen over waterniveaus en in mindere mate afvoergegevens van rivieren en kanalen zijn beschikbaar voor een adequate evaluatie van relaties tussen grond- en oppervlaktewater.

Chemische analyse van grondwatermonsters op zo'n 20 000 punten genomen, de resultaten van geofysische boorgatmetingen (ca. 1 000 metingen) en geo-elektrische oppervlaktemetingen (ca. 10 000) maken het mogelijk om zones met zoet, brak en zout grondwater te onderscheiden.

Grondwateronttrekkingen ten behoeve van de openbare watervoorziening en de industrie worden nauwkeurig vastgelegd door landelijke en provinciale overheidsinstellingen (men veronderstelt dat de gegevens voor onttrekkingen $> 10^4 m^3/jr$ volledig zijn). Hetzelfde geldt voor kunstmatige infiltratie. Statistieken over grondwateronttrekkingen voor landbouwdoeleinden bestaan echter niet. De winningen vinden plaats via een dicht, zich snel uitbreidend net van putten met doorgaans lage opbrengst. Ramingen over dit deel van de totale grondwateronttrekkingen zijn gebaseerd op regionaal onderzoek en een uitgebreide enquête in 1976.

van meer dan 2 m. De grote rivieren doorsnijden de aquifers en hebben er goed hydraulisch contact mee. De vertakkingen van de bovenstroom van de rivieren draineren de aquifers, maar in het lager gelegen deel van het land vindt in de Plio-Pleistocene aquifer infiltratie plaats door dezelfde rivieren. Op plaatsen waar zout- of brak water oorzaak was dat het in de aquifer aanwezige zoete water minder dan 50 meter dikte bereikt, is 'gemineraliseerd water' op de kaart aangegeven als beperking van de winningsmogelijkheden. Aangezien dit water over het algemeen van mariene herkomst is (oorspronkelijk ingesloten in mariene afzettingen of verband houdend met recente of vroegere intrusie van zeewater), kan aan de hand van alleen chemische gegevens geen onderscheid worden gemaakt tussen 'gemineraliseerd water' en 'zeewater intrusie'. Om die reden zijn beide soorten door een enkel teken in de legenda voorgesteld (3. 1).

Alleen die kwelgebieden zijn op de kaart aangegeven, waar de kwel meer dan 1 mm/dag bedraagt.

Kaart 3

Alle grote grondwateronttrekkingen zijn bestemd voor de openbare watervoorziening en de industrie. Van deze onttrekkingen worden nauwkeurige statistieken bijgehouden. In enkele gevallen worden zeer grote onttrekkingen in stand gehouden door kunstmatige infiltratie (duinen aan de kust). De grondwaterwinningen voor landbouwdoeleinden (beregening) zijn kleiner en de totale hoeveelheid bij gemiddeld klimatologische omstandigheden kan slechts bij benadering worden bepaald, zoals eerder werd uitgelegd. Vermeldenswaard is dat een deel van de onttrekkingen ten behoeve van de industrie uit brak grondwater bestaat.

Kaart 4

Het in kaart brengen van eventueel extra winbaar grondwater is gebaseerd op cijfers van het structuurschema drink- en industriewatervoorziening (1972), met latere aanpassingen. In het schema zijn voor elke regio in het land ramingen gemaakt van de potentieel winbare hoeveelheid grondwater, waarbij rekening is gehouden met een aantal omstandigheden en beperkingen zoals:

- kenmerken van de aquifers
- kwaliteit van het grondwater en vervuilingsproblemen
- gevolgen van het verlagen van de grondwaterstand (landbouw, milieu, verzakking)
- aanvulling van de aquifers

Door deelanalysen en vergelijkingen met de relaties tussen oorzaak en gevolg waargenomen in andere gebieden, ontstonden ramingen van de omvang van toelaatbare onttrekking.

Op kaart 4 worden cijfers voor de regio's weergegeven die het saldo vormen van de potentieel beschikbare grondwaterhoeveelheid, verminderd met de bestaande onttrekkingen.

Hier moet worden vermeld dat onder het hoofd 'geheel verbruikte beschikbare hoeveelheid' ook de gebieden zijn begrepen waar het saldo minder bedraagt dan 15% van de totaal in het district beschikbare hoeveelheid. Dit is onder meer gedaan omdat in de ramingen onzekere factoren onvermijdelijk zijn en bovendien omdat recent de grondwateronttrekkingen in het algemeen nog zijn toegenomen.

DEEL II: REGIONALE BESCHRIJVING

Voor deze beschrijving zijn de districten die op kaart 4 zijn gebruikt bij de bepaling van de hoeveelheid nog toelaatbare grondwateronttrekking, gekozen als eenheden. In de meeste gevallen stellen zij min of meer hydrologische en hydrogeologische eenheden voor, maar ook de kwaliteit van het grondwater en de provinciegrenzen worden mede in beschouwing genomen. Wat betreft de grenzen tussen zoet en brak grondwater, deze worden hier meer globaal aangeduid dan op kaart 2.

De eenheden zijn naar provincie gerangschikt; soms worden 2 provincies gezamenlijk behandeld. Aangezien op de kaarten (vnl. op kaart 2) vrij uitgebreide informatie wordt gegeven over grondwatercontourlijnen, doorlatend vermogen, infiltratie van rivierwater e. d., wordt deze informatie niet steeds in deze regionale beschrijving herhaald.

Groningen:

In deze provincie kan een heterogene Plio-pleistocene aquifer van wisselende dikte worden waargenomen. Met uitzondering van het zuidoostelijk en zuidelijk deel ligt er een slecht doorlatende deklaag, bestaande uit klei en veen uit het Holoceen, keileem uit de Saale ijstijd en/of glaciale kleien tijdens het Elsterien afgezet in diepe bekkens en geulen. De afsluitende lagen tezamen met de weinig belangrijke zandlagen daarin hebben een gemiddelde dikte van verscheidene tientallen meters. Plaatselijk wordt 100 meter dikte overschreden (bv. in het oosten) voornamelijk door de aanwezigheid van Elsterien kleien.

De aquifer bestaat overwegend uit grove en fijne zanden uit het Midden- en Onder-Pleistoceen en uit fijn zand uit het Plioceen. Hij ligt op kleien en fijne zanden uit het Mioceen die op een diepte van ongeveer 100 meter in het zuidoostelijk deel van de provincie en tot 200 meter in het westelijk deel voorkomen. Belangrijke onderverdelingen door tussenliggende slecht doorlatende lagen komen in de aquifer niet voor, behalve in een deel van de Hunze-vallei waar mariene Eem-

kleien een watervoerend Jong Pleistoceen bovendeel afscheiden van een dikker aquifer-gedeelte uit het Midden- en Onder Pleistoceen en uit het Plioceen. De isohypsen laten een convergerende waterstroming zien in de richting van het lager gelegen middengedeelte van de provincie, waar zich een oostwaarts gericht oppervlakte-afwateringssysteem heeft ontwikkeld. Vooral de grondwaterstroming uit het aangrenzende Drenthe is belangrijk.

In het noordelijk deel is het meeste grondwater brak of zout.

District 1 : Noord-Groningen

Dit deel van de provincie heeft brak of zout grondwater dat alleen maar als koelwater kan worden gebruikt. De grens valt ongeveer samen met de Holocene deklaag, behalve in het meest oostelijk deel, waar onder het Holoceen zoet grondwater wordt gevonden. Langs de kust vindt enige intrusie van zeewater plaats.

District 2 : Zuidwest Groningen

Bij dit district is een klein deel van de provincie Drenthe inbegrepen. Ofschoon het doorlatend vermogen van de aquifer hier betrekkelijk groot is, zijn er beperkingen voor de winningsmogelijkheden. Landbouw en natuurlijke vegetatie zijn hier belangrijk en zouden te lijden kunnen krijgen bij daling van de grondwaterstand die hier tamelijk hoog is. Bovendien zouden onttrekkingen er toe kunnen leiden dat het niveau van het zoute grondwater omhoog gaat. De totale jaarlijks toegelaten onttrekking wordt geschat op 25 millioen m^3, terwijl in 1976 ongeveer 12 millioen m^3 is gebruikt, hoofdzakelijk voor de openbare watervoorziening. Het gebruik ten behoeve van de landbouw is in dit district te verwaarlozen. Uitbreiding van de te onttrekken hoeveelheden is mogelijk met nog 13 millioen m^3.

District 3 : Omgeving stad Groningen

Ook dit district omvat een klein gedeelte van de provincie Drenthe. Het doorlatend vermogen van de aquifer is tamelijk groot en het grondwater is van zeer goede kwaliteit. De jaarlijkse toelaatbare onttrekking wordt geraamd op 40 millioen m^3. Daar in 1976 al 36 millioen m^3 is gebruikt, is er nauwelijks enige mogelijkheid voor uitbreiding. Vier

winplaatsen ten behoeve van de openbare watervoorziening hebben in 1976 32 millioen m^3 opgeleverd. De resterende 4 millioen m^3 is onttrokken door industriën.

Verdere uitbreiding wordt gelimiteerd door het gevaar van aantrekken van zout grondwater.

District 4: Omgeving Veendam

De basis van de aquifer ligt hier minder diep, terwijl in een deel van dit district tamelijk dikke Elsterien kleien voorkomen. Niet alleen kwantitatief maar ook kwalitatief zijn de mogelijkheden voor onttrekking hier beperkt. Tot op heden gebruikt de industrie ongeveer 19 millioen m^3 grondwater per jaar en deze hoeveelheid moet als de maximaal toelaatbare worden beschouwd. Voor de openbare water voorziening wordt de kwaliteit van het grondwater niet geheel bevredigend geacht.

District 5: Zuidoost Groningen

In dit oostelijk deel van de provincie wordt de totale hoeveelheid jaarlijks te onttrekken grondwater geraamd op 20 millioen m^3. De aquifer-basis ligt ongeveer 100 tot 150 meter diep. Het doorlatend vermogen is tamelijk groot. De voornaamste beperkingen zijn hier de eventuele schade aan gewassen en interessante natuurlijke vegetaties en tevens de verminderde grondwaterafvoer naar waardevolle beken. De openbare watervoorziening en de industrie hebben in 1976 maar 4 millioen m^3 onttrokken, de resterende 16 millioen m^3 is beschikbaar voor uitbreiding van de winningen.

Friesland:

De hydrologische situatie in Friesland lijkt in veel opzichten op die in de provincie Groningen. Er is een als enkelvoudig te schematiseren watervoerend pakket, hoofdzakelijk samengesteld uit Midden - en Onder Pleistocene formaties. Met uitzondering van het oostelijk deel heeft het water in de aquifer het karakter van spanningswater als gevolg van een afdekkende laag van het type en de samenstelling zoals beschreven voor de provincie Groningen. In de zone met freatisch water kan locaal

spanningswater worden aangetroffen. In het grootste deel van de provincie vormen mariene kleilagen uit het Onder Pleistoceen de basis van de aquifer met een maximale diepte in de NW-zone van zo'n 300 meter beneden NAP. Naar het oosten, bij de grenzen met de provincies Groningen en Drenthe verdwijnt deze formatie en wordt de basis van de aquifer door Plioceen/Mioceen afzettingen gevormd op 150 - 200 meter beneden NAP.

De isohypsen laten een convergerend systeem van stroming zien in de richting van het zuidelijk deel van de provincie, waar ook het meeste overtollige water van de provincie wordt afgevoerd; de grootste grondwaterstroming komt uit Drenthe en het oostelijk deel van Friesland. In het noordoosten wordt een belangrijke onttrekking duidelijk weergegeven in de stijghoogten.

In bijna de helft van het grondgebied van de provincie sluit het zoutgehalte van het grondwater de mogelijkheid uit om tot exploitatie van zoet grondwater te komen.

District 6: Noordwest Friesland

Tijdens het Holoceen verzoutte het grondwater in dit district, zodat het slechts wordt gebruikt als koelwater. Langs de kust komt plaatselijk binnendringen van zeewater voor.

District 7: Zuidoost Friesland

Het grondwater is hier van goede kwaliteit en al het water voor de openbare watervoorziening wordt in dit district onttrokken. De grootste winplaats van de noordelijke provincies wordt gevonden in de noordoostelijke hoek van dit district ($23.10^6 m^3$/jaar). Het levert meer dan de helft van de behoefte van de openbare watervoorziening in de gehele provincie.

De beperkingen voor grondwateronttrekking worden bepaald door mogelijke schade voor de landbouw (een activiteit van vitale betekenis in deze provincie met beperkt ontwikkelde industrie) en voor flora en fauna, die goed gedijen in de laaggelegen, vochtige graslanden. De grondwaterstanden bevinden zich dikwijls slechts 0,5 meter onder maaiveld. In de veengebieden van het district beperkt de mogelijke schade aan bouwwerken ook de toelaatbare onttrekking per winplaats.

Over het geheel genomen zijn er echter nog steeds tamelijk grote hoeveelheden grondwater beschikbaar. Aangezien van de in totaal toelaatbare onttrekking van 130. $10^6 m^3$/jaar ongeveer 60. $10^6 m^3$ werd gebruikt in 1976 blijven er mogelijkheden over tot verdere uitbreining met een hoeveelheid van ongeveer 70. $10^6 m^3$/jaar.

Wadden-eilanden:

Hydrologische gegevens met betrekking tot de dieper gelegen lagen op deze eilanden zijn schaars, maar door vergelijking met de situatie in de provincies Noord-Holland, Friesland en Groningen, kan een redelijk totaalbeeld uit de enkele gegevens worden afgeleid. Het watervoerend pakket bestaat uit zanden uit het Pleistoceen en Holoceen, boven op Onder-Pleistocene kleien en lemige zanden die de basis van de aquifer markeren op 200 - 300 m onder NAP en op het eiland Terschelling zelfs nog dieper (300 - 400 m).
Aan de west - en/of noordzijde vormen Holocene duinen het bovendeel van de aquifer. Minder doorlatende afzettingen, die dikwijls worden waargenomen, bestaan in principe uit veen uit het Holoceen, Saalien keilemen en Elsterien glaciale kleien, maar deze zijn als slecht doorlatende lagen slechts belangrijk op Terschelling, Ameland en het duingebied van Texel, waar zij de aquifer onderverdelen en op het resterende deel van Texel waar zij een afsluitende laag vormen. In het geval van een gelaagde configuratie is de doorlatendheid van de bovenlaag gering (2 - 3 x 10^{-3} m^2/sec).

De grondwaterstanden bevinden zich boven NAP met maxima in de duinen. Alleen in die gebieden hebben zich op grotere diepte zoet waterzones van enige praktische betekenis ontwikkeld boven zout grondwater.

District 8

De totale toelaatbare hoeveelheid voor onttrekking is klein en niet meer dan ongeveer 2. $10^6 m^3$/jaar. Zij werd bijna geheel gebruikt in 1976. Voor een van de eilanden (Texel) levert het ontzouten van zeewater een extra bron op tot 1. $10^6 m^3$/jaar, terwijl voor een ander eiland aanvulling van water via een pijpleiding vanaf het vasteland plaatsvindt.

Drenthe:

In de provincie Drenthe is de Plio-Pleistocene aquifer voornamelijk opgebouwd uit zanden van het Midden- en Onder Pleistoceen en Plioceen met tussengeschakeld minder goed doorlatende afzettingen. In slechts enkele zones is de meerlagenstructuur duidelijk aanwezig, met name in een deel van de Hunze-vallei, waar Eemien-kleien Boven-Pleistocene zanden scheiden van een reeks doorlatende afzettingen uit het Plioceen en Midden Pleistoceen. Ook aan de ZW-rand van de provincie, waar een slecht doorlatende laag uit het Onder Pleistoceen wordt aangetroffen, vindt men deze situatie. Aan of dichtbij de oppervlakte worden dikwijls minder doorlatende afzettingen aangetroffen, zoals Holoceen veen, Saale keilemen en glaciale kleien uit het Elsterien, maar doordat de continuïteit ontbreekt, zijn hun afsluitende eigenschappen uitsluitend van lokale betekenis. Mariene kleien van Miocene tot Pliocene ouderdom (resp. in het oostelijk en westelijk deel van de provincie) vormen de beneden-begrenzing van de aquifer. De totale dikte van de watervoerende laag varieert van ongeveer 50 meter in de zuidoostelijke zone tot ongeveer 200 meter in het westelijk deel.

De isohypsen volgen vrijwel de topografie. Verschillen tussen de twee niveaus zijn in het grootste deel van de streek niet meer dan 1 meter. Het stijghoogtevlak wijst op belangrijke aanvulling van het grondwater en op divergerende grondwaterstromingen voornamelijk in noordelijke en westelijke richting.

In de provincie wordt in totaal een aanzienlijke hoeveelheid grondwater van goede kwaliteit gevonden. Aangezien de bevolkingsdichtheid van de provincie betrekkelijk klein is en de economische activiteiten dan ook beperkte hoeveelheden water vragen, zijn er duidelijk mogelijkheden om de grondwateronttrekking uit te breiden. Aan de provincie Groningen wordt al ongeveer 15 millioen m^3/jaar geleverd.

District 9

Ongeveer 160 millioen m^3 grondwater wordt geacht in totaal beschikbaar te zijn voor onttrekking. Aangezien in 1976 de winning 51 millioen m^3 bedroeg blijft er 109 millioen m^3/jaar over voor uitbreiding van de onttrekking. De bestaande onttrekkingen zijn echter on-

evenredig verdeeld. Zo worden er in het zuidoostelijk deel grote hoeveelheden onttrokken zowel voor de openbare watervoorziening als voor de industrie. De beschikbare voorraad wordt daar geheel geëxploiteerd en meer onttrekkingen worden niet toegestaan.

De landbouw gebruikt slechts kleine hoeveelheden grondwater voor beregening. Dit komt door de relatief grote neerslag en geringe evapotranspiratie in vergelijking met het landelijk gemiddelde. Grondwater is van belang voor de gewassen via capillaire wateropname. Dit verschijnsel tezamen met de ongunstige invloed die verlaging van de grondwaterstand heeft op de natuurlijke vegetatie en het landschap, bepalen de limieten waaraan grondwateronttrekkingen zijn gebonden.

Overijssel:

De Plio-Pleistocene aquifer in deze provincie vertoont een opmerkelijke oost-west trend. In het oostelijk deel is de aquifer erg dun, plaatselijk ontbreekt zij zelfs geheel, daar waar niet-doorlatende tertiaire afzettingen tevoorschijn komen in de vorm van onder invloed van het ijs ontstane stuwwallen. De niet-doorlatende basis die uit mariene kleien uit het Mioceen bestaat, duikt in westelijke richting weg en wordt op 200 - 250 meter diepte bij de stad Zwolle aangetroffen. Verder naar het westen wordt de diepte, waarop de watervoerende laag ligt, door mariene kleien uit het Plioceen of zelfs Onder-Pleistoceen bepaald op 200-250 meter onder maaiveld.

In het noordwestelijk deel van de provincie vormen Holoceen veen en mariene kleien een afsluitende laag, elders kan de Plio-Pleistocene aquifer worden beschouwd als een watervoerende laag met freatisch water. De aquifer wordt in de brede IJssel-vallei vertikaal onderverdeeld door glaciale kleien uit het Saalien; verder naar het noorden en de glaciale kleien gedeeltelijk overlappend vormen rivierkleien uit het Onder-Pleistoceen een belangrijke slecht doorlatende laag. Vermeldenswaard is de aanwezigheid van watervoerende Onder-Krijt zanden/zandsteen in het oostelijk deel van de provincie, dicht bij de Nederlands-Duitse grens. Ofschoon exploitatie reeds plaatsvindt, is er nog geen degetailleerde informatie voorhanden ten aanzien van omvang, kenmerken en mogelijkheden.

De grondwaterstroming in de Plio-Pleistocene aquifer beweegt zich over het algemeen in westelijke richting. Het grondwater wordt hoofdzakelijk aangevuld door de neerslag en door grondwaterstroming uit Drenthe en Friesland. Het noordwestelijk poldergebied en de IJssel zijn belangrijke gebieden voor waterafvoer.

In de NW-zone vormt het zoutgehalte een belangrijke beperking voor de exploitatie van grondwater.

District 10 : Noordoostpolder

Deze drooggelegde Zuiderzeepolder ligt beneden het gemiddeld zeeniveau (tot 5 meter NAP$^-$). Het grondwater is brak tot zout en zoet wateronttrekking is niet mogelijk. Uit het aangrenzende land van Overijssel en Friesland vindt enige kwel plaats.

District 11 : IJsseldelta

Dit district kan min of meer worden gezien als de delta van de IJssel. Als gevolg van verzouting gedurende het Holoceen is het grondwater overwegend brak.

District 12 : Kop van Overijssel

In dit district wordt de bovenlaag gevormd door veen- en kleiachtige afzettingen van Holocene ouderdom. Voornamelijk in het zuidelijk deel komt dikwijls zouthoudend grondwater voor. Het risico van verzilting is de voornaamste reden dat de beschikbare hoeveelheid grondwater klein is. Zij wordt geraamd op 20 millioen m^3/jaar, waarvan ongeveer 10 millioen werd onttrokken in 1976, zodat nog 10 millioen m^3 per jaar voor uitbreiding overblijft.

District 13: Vechtgebied

Dit deel van de provincie grenst in het zuiden aan de rivier de Vecht en in het noorden aan de provincie Drenthe. Het helt van ongeveer 10 meter NAP$^+$ in het oosten tot ongeveer NAP in het westen. Er zijn goede mogelijkheden voor grondwateronttrekking die worden geraamd op 60 millioen m^3/jaar. In het lager gelegen westelijk deel waar op een diepte van minder dan 100 meter zout water voorkomt, moet bij onttrekkingen voorzichtig te werk worden gegaan om stijging van het

zoute grondwater te voorkomen. In het andere deel kunnen de natuurlijke vegetatie en landbouwgewassen (in het bijzonder blijvend grasland) te lijden hebben van de daling van de grondwaterstand. Daar in 1976 ongeveer 17 millioen m^3 is gebruikt zou uitbreiding van de grondwateronttrekking mogelijk zijn met ongeveer 43 millioen m^3/jr.

District 14 : Salland

Tot dit district behoren enkele door landijs gevormde stuwwallen. Daar ook de ondergrond is gestuwd is de grondwaterstroming gecompliceerd en zijn de mogelijkheden voor onttrekking onzeker. In de andere delen van het district echter zijn de omstandigheden voor grondwateronttrekking gunstiger. Beperkingen ontstaan door het gevaar van optrekken van zout water indien onttrekking op grote diepte, met name onder op veel plaatsen voorkomende fluvioglaciale klei-afzettingen plaatsvindt. Tevens bestaat gevaar voor schade aan landbouwgewassen en natuurlijke vegetatie bij onttrekkingen uit de bovenste doorlatende lagen.

In totaal wordt de beschikbare hoeveelheid grondwater geraamd op 55 millioen m^3 per jaar. Daar in 1976 al 50 millioen m^3 is onttrokken, is uitbreiding van de onttrekking niet gewenst. Nader onderzoek in dit gebied zou deze conclusie evenwel kunnen wijzigen.

District 15 : Twente

In een groot deel van dit district komen dicht aan de oppervlakte formaties ouder dan het Pleistoceen voor. Boven-Tertiaire en Onder-Pleistocene formaties bieden op sommige plaatsen slechts bescheiden mogelijkheden voor grondwateronttrekking. De meeste onttrekkingen zijn geconcentreerd in de Onder-Krijt zanden en zandstenen die onder dikke klei-afzettingen van tertiaire oorsprong liggen en in vroegere dalen opgevuld met grof Pleistoceen zand. Men schat dat in totaal ongeveer 40 millioen m^3/jaar beschikbaar is terwijl in 1976 ongeveer 34 millioen m^3 is onttrokken. Een belangrijke uitbreiding van de onttrekking is derhalve niet te verwachten.

Bijna overal bestaan beperkingen door het gevaar van optrekken van de zoutwatergrens of schade voor landbouw en natuurlijke vegetatie.

Gelderland:

Drie tamelijk duidelijk afgebakende zones kunnen in deze provincie worden onderscheiden: Oost-Gelderland de Veluwe en het Rivierengebied.

District 16: Achterhoek

Oost-Gelderland vertoont zeer veel overeenkomst met het aangrenzende deel van de provincie Overijssel (districten 14 en 15). Ook hier wint een zeer dunne aquifer met vrij freatisch water in de meest oostelijke zone snel aan betekenis in westelijke richting en wordt in de brede IJsselvallei door glaciale kleien uit het Saalien in twee boven elkaar liggende aquiferdelen gesplitst. Mariene Miocene kleien die onder de Plio-Pleistocene aquifer liggen, bevinden zich op ongeveer 150 meter diepte dicht bij de IJssel, maar op zeer geringe diepte in de meest oostelijke zone. Hier en daar dagzomen zij zelfs. In die zone vindt enige onttrekking van grondwater plaats uit een plaatselijk voorkomende kalksteen aquifer uit het Onder-Krijt.

De algemene stroomrichting in de Plio-Pleistocene aquifer is westwaarts, in de richting van de IJssel en de Rijn.

In dit district is de totale hoeveelheid beschikbaar grondwater in de orde van 70 millioen m^3/jaar. In 1976 is ongeveer 50 millioen m^3 gebruikt. In dit cijfer is bijna 11 millioen m^3 begrepen ten behoeve van aanvullende irrigatie voor de landbouw. De 20 millioen m^3 beschikbaar per jaar voor verdere uitbreiding zal moeten worden gevonden in het westelijk deel van het district, aangezien dikke Tertiaire klei-afzettingen uitbreiding van de onttrekking van enige betekenis in het oostelijk deel onmogelijk maken.

De beperkingen die in het westelijk deel bestaan houden verband met het belang van landbouw en natuur door de betrekkelijk hoge grondwaterstanden (vaak ongeveer 1 meter onder maaiveld) en ook met het verhinderen van een eventuele stijging van het zoute grondwatervlak.

District 17: Veluwe

Dit district, de Veluwe, wordt gekenmerkt door complexen

zandige stuwwallen die uit de Saale ijstijd stammen en die voor Nederlandse begrippen opmerkelijke hoogten – tot ongeveer 100 meter boven NAP – bereiken. Het centrale deel draagt grotendeels het karakter van een enkelvoudige aquifer met vrij grondwater: subaquifers op 150 - 200 meter diepte en meer worden als van weinig praktische betekenis gezien. In de richting van de IJsselvallei en in de Gelderse vallei vormen glaciale kleien uit het Saalien een belangrijke slecht doorlatende laag. In laatstgenoemde vallei bevat de aquifer semi-spanningswater als gevolg van ondiep liggende klei- en veenlagen uit het Eemien die verder naar het noorden aansluiten op slecht doorlatende glaciale klei. De Veluwe is een belangrijk infiltratiegebied zoals door het stijfhoogtevlak wordt weergegeven. Beide genoemde valleien zijn kwelgebieden.

Van de hoogste plaatsen op de heuvels ten noorden van Arnhem helt het terrein naar ongeveer 2 - 5 meter NAP^+ in de valleien naar ongeveer NAP in noordwestelijke en noordelijke richting en naar ongeveer 10 meter NAP^+ in het zuiden langs de Rijn. De isohypsen volgen globaal de topografie en zij leiden tot grondwaterstanden dichtbij maaiveld rondom het hoger liggende deel, maar enkele tientallen meters diep in het centrale deel. De hydrostatische druk heeft het zout in het centrale deel tot een diepte van meer dan 300 meter NAP^- weggedrukt. Het grondwater is van uitstekende kwaliteit.

De doorlatendheid van de aquifer is groot en de beschikbare hoeveelheid grondwater wordt geraamd op 185 millioen m^3/jaar. Niettemin gelden ook hier beperkingen.

Belangrijk is in dit verband het verhinderen van uitdroging van de bovenloop van de beken die ontspringen rond het centrale deel van het district. Verder weg van het centrum vormt het voordeel dat landbouwgewassen (hoofdzakelijk blijvend grasland) en natuurlijke vegetatie hebben van relatief hoge waterstanden een belangrijk aspect, dat bij grondwateronttrekking en de daarmee samenhangende verlaging van de grondwaterstand, in beschouwing moet worden genomen.

De hoeveelheid onttrokken grondwater ten behoeve van de landbouw is tot op heden bescheiden en bedraagt 2 millioen m^3/jaar. Dit is het gevolg van de regelmatige toevoer van grondwater in de lager gelegen delen van de Veluwe, waar overwegend landbouwgrond ligt.

In het hogere, centrale deel vormen heide en bossen de voornaamste vegetatie.

In totaal wordt de hoeveelheid voor onttrekking beschikbaar grondwater geraamd op 185 millioen m^3/jaar. Aangezien in 1976 al ongeveer 126 millioen m^3 is gebruikt, blijft ongeveer 59 millioen m^3 over voor uitbreiding. Deze beschikbare hoeveelheid is niet gelijkmatig over het district verdeeld. In het zuidelijk deel, grenzend aan de Rijn, ligt een grote concentratie van onttrekkingen en het is twijfelachtig of hier uitbreiding kan worden toegelaten. Hetzelfde geldt, zij het in mindere mate voor de noordelijke regio. In de valleien in het oosten en westen van hetdistrict liggen meer mogelijkheden.

District 18 : Rijn-, Waal- en Maasgebied

In dit rivierengebied bevindt zich een gelaagd aquifer uit het Pleistoceen met glaciale kleien uit het Saalien (oostelijk deel) en fluviatiele kleien uit het Onder-Pleistoceen als de belangrijkste slecht doorlatende lagen. In het algemeen is het gebied bedekt met enkele meters slecht doorlatende kleien uit het Holoceen. De totale dikte van het watervoerend pakket is beïnvloed door tectonische bewegingen en wisselt tussen 100 en 200 meter.Mariene kleien en lemige zanden uit het Plioceen en Onder-Pleistoceen vormen een minder doorlaatbare basis. In de uiterste zuidoost hoek van de zone bevindt zich tussen de Waal en de Maas een stuwwal, vergelijkbaar met die uit het Veluwe-gebied.

De richting van de grondwaterstroom is overwegend westwaarts. Er bestaat zeer nauw hydraulisch contact tussen de aquifer en de rivieren. De Maas is in dit gebied overwegend drainerend, terwijl de Rijn en de Waal grote hoeveelheden infiltratiewater leveren. Deze kwantitatief gunstige aanvulling werkt echter nadelig op de grondwaterkwaliteit. Uit de stuwwal wordt bij Nijmegen veel water onttrokken ten behoeve van de bevolking en de industrieën in deze stad, zodat uitbreidingsmogelijkheden daar sterk beperkt zijn.

In andere delen van het district zijn echter nog steeds grote hoeveelheden grondwater beschikbaar, ook door het feit dat er terplaatse

weinig water wordt onttrokken, omdat de dichtheid van bevolking en industrie betrekkelijk gering is. Ook de landbouw onttrekt maar kleine hoeveelheden grondwater omdat er genoeg oppervlaktewater beschikbaar is. Men schat dat in dit district ongeveer 140 millioen m^3 grondwater zou kunnen worden onttrokken terwijl in 1976 ongeveer 57 millioen m^3 gebruikt is. Dit betekent dat een verdere uitbreiding kan worden gesteld op 83 millioen m^3 per jaar.

Utrecht:

Een tamelijk smalle rug stuwheuvels loopt van de zuidoost hoek van de provincie in noordwestelijke richting en zet zich voort tot over de grens met de provincie Noord-Holland. De afzettingen uit het Pleistoceen,al of niet gestuwd, vormen een niet-gelaagde aquifer met freatisch vrij water ter dikte van ongeveer 100 meter (in het zuiden) tot 200 meter (in het noorden) en gelegen op minder doorlatende mariene afzettingen uit het Onder-Pleistoceen. Ten oosten er van bevat de aquifer spanningswater ten gevolge van minder doorlatende Eem-afzettingen en ten dele door glaciale kleien uit het Saalien, zoals eerder werd opgemerkt (zie: Gelderland).
Ten westen van de heuvels wordt een gelaagde aquifer uit het Pleistoceen aangetroffen afgedekt door slecht doorlatende kleien en veen uit het Holoceen die aan de westgrens van de provincie een dikte van ongeveer 10 meter bereiken. Ook hier wordt de dikte van het watervoerende pakket begrensd door de aanwezigheid van mariene kleien uit het Pleistoceen en zij varieert grofweg tussen 100 meter (ZO) en 200 meter (N).

De isohypsen laten een grondwaterscheiding zien in de stuwwal, welke zone een door neerslag gevoed infiltratiegebied is. Ten oosten en westen er van wordt het grondwater geleidelijk in de oppervlaktewatersystemen afgevoerd, vooral in de diepe polders in het noordwestelijk deel van de provincie, waar de stijghoogten zich meerdere meters onder NAP bevinden. In deze zone is het zoutgehalte van het grondwater een ernstige belemmering voor de grondwaterwinning.
De Rijn is in het zuiden een belangrijke bron voor grondwateraanvulling.

District 19: Oost-Utrecht

Tot dit district behoort de stuwwal, een klein deel van de Gelderse vallei in het oosten en wat laag gelegen met Holoceen afgedekte formaties in het westen. Bovendien behoren de uitlopers van de stuwwal in de provincie Noord-Holland er toe. Als gevolg van de geringe breedte van de heuvelrug komen de grondwaterstanden niet hoger dan 8 m NAP^{+}. Ze worden sterk beïnvloed door grote onttrekkingen.

De beperkingen voor de grondwateronttrekkingen in de zandige heuvelrug worden bepaald door de verminderd gunstige invloed van het grondwater op de vegetatie op de hellingen van de heuvelrug in geval de onttrekking te groot wordt.
In het centrale deel van de Gelderse vallei komt op matige diepte brak water voor. Ten westen van de centraal gelegen heuvels zou veel waardevolle vegetatie te lijden kunnen hebben van een verlaging van de grondwaterstand.

In totaal is de hoeveelheid beschikbaar grondwater groot en bedraagt 113 millioen m^3/jaar. Ook de onttrekkingen die in 1976 werden gedaan waren belangrijk en bereikten bijna het peil van 100 millioen m^3. Ofschoon dit zou betekenen dat ongeveer 14 millioen m^3 per jaar overblijft voor uitbreiding, maakt de hachelijke situatie in sommige regio's (bv. rond het conglomeraat van steden in Noord-Holland en rond de stad Utrecht) het moeilijk om de reserve aan te spreken.

District 20 : West-Utrecht

Dit westelijk deel van de provincie Utrecht ligt grotendeels onder NAP. De bovenlaag wordt gevormd door een dikke laag Holoceen bestaande uit veen en klei. In de diepst gelegen polders komt kwel voor. Het water is afkomstig uit de heuvels in het oosten van Utrecht. Ook infiltreert rivierwater in dit gebied uit Oude Rijn, Lek en Hollandse IJssel.

Daar de aquifer uit het Pleistoceen op veel plaatsen in 2 subaquifers wordt verdeeld door klei-afzettingen uit het Midden-Pleistoceen kunnen onttrekkingen worden gedaan uit de bovenste of onderste sub-aquifer. Als gevolg van verziltingsgevaar kunnen onttrekkingen in het noordelijk deel slechts plaatsvinden uit de bovenste subaquifer.

Het gevaar voor schade aan gebouwen in gebieden met veen vormt ook een ernstig risico. In totaal wordt 43 millioen m^3/jaar geacht beschikbaar te zijn voor onttrekkingen. Tot op heden bedraagt de gebruikte hoeveelheid ongeveer 10 millioen m^3. Hierdoor blijft ongeveer 33 millioen m^3 over voor uitbreiding van de te onttrekken hoeveelheid. Het meeste hiervan is aanwezig in het zuidwestelijk deel van het district.

Flevopolders:

Een dikke (150-250 m) Pleistocene aquifer met spanningswater ligt onder Oostelijk en Zuidelijk Flevoland. De slecht doorlatende deklagen bestaan uit complexen klei en veen uit het Holoceen, mariene kleien uit het Eemien en (lacustro-) glaciale kleien uit het Saalien, die in een deel van het gebied tientallen meters dik zijn, vooral in Zuidelijk Flevoland. De kleien uit het Eenmien en het Saalien hebben zich echter afgezet in een glaciaal bekken van beperkte afmetingen en waar zij ontbreken is de slecht doorlatende laag beperkt gebleven tot enkele meters dikke afzettingen uit het Holoceen (bv. in het noordwestelijk en westelijk deel van het gebied). Tussen de afzettingen uit het Holoceen en het Eemien komen zanden voor uit het Boven Pleistoceen, maar slechts in een klein gebied in Zuid-Flevoland is de doorlatendheid van de corresponderende laag groot genoeg om deze te bestempelen tot het bovenste deel van een 2-lagen aquifer. In het resterende deel kan de aquifer worden beschouwd als één laag behalve in de noordoostelijke zone waar lagen uit het Onder-Pleistoceen een gelaagde configuratie kunnen veroorzaken. Aan de onderzijde wordt de aquifer, die overwegend uit het Midden - en Onder-Pleistoceen stamt, begrensd door kleilagen, gewoonlijk een mariene formatie uit het Onder-Pleistoceen.

Daar het maaiveld zich op verscheidene meters onder NAP bevindt, wordt het overtollige water door pompen afgevoerd. Als gevolg daarvan vertoont het stijghoogtevlak van het grondwater een duidelijke verlaging, hetgeen convergerende grondwaterstromingen met zich meebrengt, voornamelijk uit aangrenzende gebieden in het zuiden en oosten.

District 21: Zuidelijk deel Flevopolders

In dit deel van de polders hebben de grondwaterstromingen van het het vasteland een zoet water pakket doen ontstaan tot op soms grote diepte, in het bijzonder in Zuid-Flevoland. In de oostelijke polder bevat alleen een smalle strook in het zuiden zoet water. Ofschoon na de drooglegging van de polders het evenwicht in het hydrologisch systeem nog niet is bereikt, is de voorlopige schatting dat ongeveer 35 millioen m^3/jaar aan grondwater beschikbaar zal zijn; van deze hoeveelheid werd 5 millioen m^3 in 1976 gebruikt, zodat in de toekomst een uitbreiding met 30 millioen m^3/jaar mogelijk zal zijn.

District 22: Noordelijk deel Flevopolders

In dit district is het grondwater nog overwegend zout en onttrekkingen vinden hier niet plaats.

Noord-Holland en Zuid-Holland

Het watervoerend pakket dat zich van het westelijk deel van Utrecht in deze provincies voortzet is grotendeels gelaagd en bevat spanningswater. De afsluitende venen en kleien uit het Holoceen zijn hier wat dikker (tot enkele tientallen meters). De fluviatiele kleien uit het Onder-Pleistoceen die in het westelijk deel van Utrecht en in het rivierengebied in Gelderland slecht doorlatende lagen vormen, zetten zich voort in westelijke richting, maar verdwijnen ten noorden van de grens tussen Zuid-Holland en Noord-Holland. In het noordelijk deel zorgen minder doorlatende mariene afzettingen uit het Eemien en glaciale afzettingen uit het Saalien voor een gelaagde structuur. Mariene kleien en lemige zanden van Onder-Pleistocene en Pliocene ouderdom vormen de basis van de aquifer op diepten die naar het noorden groter worden, variërend tussen ongeveer 150 en 300 meter.

Langs de kustlijn van de Noordzee vormt de smalle strook duinen uit het Holoceen het bovenste deel van de kwartaire aquifer, dat gewoonlijk van de afzettingen uit het Pleistoceen worden gescheiden door dunne, onderbroken veenlagen uit het Holoceen. De duinen bereiken hoogten van ongeveer 30-40 meter boven zeeniveau.

Dezelfde tegenstelling met het lage, aangrenzende polderland vormen de heuvels van het Gooi, die een voortzetting zijn van de stuwwal in Utrecht.

Zoals door de isohypsen duidelijk wordt aangegeven, is het lage poldergebied van Holland een typisch kwelgebied. Zelfs komen in meerdere kleine gebieden waarden van meer dan 1 mm/dag kwel voor. De eerdergenoemde zones van het Gooi en de duinen langs de kust zijn belangrijke infiltratiegebieden. Ook de grote rivieren infiltreren belangrijke hoeveelheden water in de aangrenzende aquifer. Tengevolge van verzilting blijft grondwateronttrekking voornamelijk beperkt tot de infiltratiegebieden.

In het duingebied worden de mogelijkheden voor de grondwateronttrekking vergroot door kunstmatige aanvulling van oppervlaktewater uit de Rijn en de Maas. Zoetwaterlenzen zijn in dat gebied soms dikker dan 100 meter.

District 23 : Hollands duingebied

In dit district zijn alle duingebieden begrepen van de twee provincies waar wateronttrekking plaatsvindt. Zij worden al lang gebezigd voor het verkrijgen van uitstekend water voor de grote steden. Toen na de oorlog de behoefte aan water toenam, werd het spoedig duidelijk dat de natuurlijke voeding onvoldoende was om de zoetwatervoorraad in stand te houden. Daarom werd kunstmatige infiltratie ingevoerd, zodat momenteel water, afkomstig uit de Rijn en de Maas, via een pijpleiding wordt aangevoerd voor het noordelijke en centrale deel van de duinen (de Rijn) en voor het zuidelijk deel (de Maas). Een kleine hoeveelheid wordt in de duinen van het zuidelijkste eiland van het district geïnfiltreerd en is afkomstig uit het Haringvliet, dat nu door een dam van de Noordzee is afgescheiden.

De beperkingen ten aanzien van onttrekkingen uit het duinengebied zijn:

1. Het gevaar van het optrekken van zout water;
2. De ongunstige invloed op de natuur in natte duinpannen;
3. Schade voor het bollenteeltgebied dicht bij de duinen, waar de grondwaterstand nauwkeurig moet worden gehandhaafd.

De onttrekkingen in het duingebied geschieden uitsluitend ten be-

hoeve van de openbare watervoorziening. In totaal bedraagt de in 1976 onttrokken hoeveelheid 193 millioen m^3. In datzelfde jaar is ongeveer 150 millioen m^3 oppervlaktewater kunstmatig geïnfiltreerd. Tezamen met de voeding van het grondwater door de neerslag blijkt een zeker evenwicht tussen onttrekking en aanvoer tot stand te zijn gekomen. Om dit evenwicht niet te verstoren is het ongewenst de huidige onttrekking te vergroten. Misschien zal dit wel mogelijk zijn bij vergroting van de geïnfiltreerde hoeveelheid oppervlaktewater.

District 24 : West-Friesland

In dit district bevindt zich een zoet water lichaam dat 30-70 meter dik is. Enige onttrekking van water is misschien mogelijk, maar dit moet worden gezien als een bescheiden hoeveelheid, temeer daar in historische tijden door inundaties op sommige plaatsen de bovenste 10 m grondwater brak is geworden.

District 25: Noord- en Zuid-Holland

Langs de gehele westelijke en noordelijke zeekust komt zout grondwater voor. Aangezien het niveau van bijna het gehele gebied momenteel van net boven, tot enige meters onder NAP ligt, kan geen ontzilting plaatsvinden niettegenstaande het neerslagoverschot. Dit district behoort tot de regio met zout grondwater waarvan het peil zich soms dicht aan de oppervlakte bevindt. Met name in de diepliggende polders is dit het geval en kwel van brak grondwater is hier regel. Daar dit kwelwater samen met het neerslagoverschot door gemalen worden afgevoerd naar kanalen en uiteindelijk naar zee, is er sprake van een doorlopend gevecht tegen verzilting van het oppervlaktewater.

Op veel plaatsen komt op minder dan 10 meter onder het oppervlak al zout water voor. Plaatselijk kan op grotere diepten zoet water worden gevonden, maar in de meeste gevallen zijn onttrekkingen nauwelijks mogelijk wegens het gevaar van optrekken van brak grondwater.

District 26 : Oude Rijngebied

In dit district wordt langs de grens met de provincie Utrecht zoet grondwater gevonden als gevolg van infiltratie uit de Oude Rijn. Het waterpeil van de rivier ligt enkele meters hoger dan dat van het omliggende land. Alle onttrekkingen vinden tot op heden plaats langs de oevers. De totale onttrokken hoeveelheid bedraagt 17 millioen m^3. Aangezien een geraamde hoeveelheid van ongeveer 15 millioen m^3/jr geacht wordt beschikbaar te zijn kan de onttrekking niet worden uitgebreid.

District 27 : Zuid-Hollandse waarden

Tot dit district behoren drie waarden, waarvan er twee een deklaag hebben van zo'n 10 meter veen, bedekt met een dunne kleilaag, terwijl de Hoekse waard een deklaag heeft van mariene klei en zand. In het meest westelijke deel daarvan vormt verzilting van het grondwater een voortdurende bedreiging bij grondwaterwinning. Bij de eerste twee (de Alblasser - en de Krimpenerwaard) heeft de kwaliteit van het grondwater dikwijls te lijden van grote concentraties ijzer en ammonia, terwijl een te grote concentratie van onttrekkingen zou kunnen leiden tot zakking van het veen en schade aan gebouwen.

Een en ander heeft er toe geleid dat de grondwateronttrekkingen worden uitgevoerd op of dicht bij de rivieroevers. Doordat de waterniveaus van de rivieren hoger zijn dan die van het grondwater, vindt hierdoor aanzienlijke aanvulling plaats, die nog in de hand wordt gewerkt door de zandige afzettingen uit het Pleistoceen, die zich onder de Holocene formaties bevinden en die een tamelijk grote doorlatendheid hebben. De middelmatige kwaliteit ter plaatse in aanmerking genomen, zijn er aanzienlijke hoeveelheden grondwater beschikbaar. Zij worden geraamd op een grootte in de orde van 110 millioen m^3/jaar. Daar in 1976 de hoeveelheid onttrokken water 53 millioen m^3 bedroeg, kunnen nog 57 millioen m^3/jaar meer worden onttrokken.

Zeeland:

In Zeeuws Vlaanderen ligt een voornamelijk Boven-Pleistocene aquifer op Oligocene en Miocene mariene kleien op een diepte van

10-35 meter. Het grondwater staat onder spanning tengevolge van een slecht doorlatende Holocene dunne deklaag, waarvan de dikte in noordelijke richting toeneemt tot 15 à 20 meter, vooral plaatselijk in het noordoosten van de provincie. Evenzo in noordelijke richting neemt de dikte van de aquifer toe, die voornamelijk is samengesteld uit matig doorlatende zanden uit het Onder-Pleistoceen en het Plioceen, boven kleien uit het Mioceen en Plioceen. Mariene kleien uit het Onder-Pleistoceen (en Plioceen?) zorgen in enkele zones voor een gelaagde configuratie. Langs de Noordzee liggen wat kustduinen uit het Holoceen, gelijkend op die in Noord-Holland en Zuid-Holland, maar veel kleiner. Kleine zoetwaterlenzen die daar ontstaan zijn, bieden wat mogelijkheden tot grondwateronttrekking; in de andere delen van de provincie daarentegen is het grondwater overwegend brak of zout. De stijghoogteniveaus in de aquifer worden grotendeels bepaald door de ontwateringssystemen van de polders.

Het meeste benodigde water wordt in deze provincie verkregen door grondwateronttrekking in de provincie Noord-Brabant en uit oppervlaktewater uit bekkens in Zeeland of elders.

District 28: Zeeland

In dit district wordt slechts zout water aangetroffen, dikwijls al op minder dan enkele meters onder het oppervlak.

District 29: Zeeuwse duingebieden

De kleine duingebieden op twee eilanden bieden de mogelijkheid grondwater te onttrekken tot ongeveer 4 millioen m^3/jaar. Daar deze hoeveelheid in 1976 is verbruikt kan geen grotere onttrekking worden toegestaan. Men overweegt infiltratie van voorbehandeld oppervlaktewater.

District 30: Zuidoost Zeeuws Vlaanderen

In deze regio wordt ongeveer 2 millioen m^3/jaar aan grondwater onttrokken door een waterleidingsmaatschappij. Deels is dit water geïnfiltreerd oppervlaktewater, afkomstig uit België. Er zijn in dit gebied slechts zeer beperkte mogelijkheden voor verdere onttrekkingen op kleine schaal.

Noord Brabant en Limburg m.u.v. Zuid Limburg

Belangrijke breuksystemen verdelen deze provincies in meerdere, hydrologisch gezien, aparte zones.

In het westelijk deel ligt een gelaagd aquifer uit het Plio-Pleistoceen boven op de kleien uit het Oligoceen (Z), Mioceen en Plioceen(N), van zuid naar noord in diepte toenemend van 50 tot 200 meter. Bij de Nederlands-Belgische grens komt in de aquifer spanningswater voor als gevolg van matig doorlatende fluviatiele afzettingen uit het Onder-Pleistoceen. De aquifer bevat mariene zanden uit het Onder-Pleistoceen, door een slecht doorlatende laag uit het Plioceen gescheiden van zeer belangrijke schelprijke zanden uit het Plioceen. Deze laatste worden in noordelijke richting minder belangrijk en in dezelfde richting duikt de slecht doorlatende laag weg onder zanden uit het Onder-Pleistoceen, die in de meest noordelijke en westelijke zones als gevolg van enkele meters klei uit het Holoceen een aquifer met spanningswater vormen.

In de 'Centrale Slenk' ligt een aquifer boven mariene kleien doorgaans van Miocene (zuiden en midden) tot Pliocene ouderdom die op meer dan 400 meter diepte liggen in het midden van Noord-Brabant. Zanden uit het Midden-Pleistoceen worden door rivierafzettingen uit het Pleistoceen gescheiden van zanden uit het Onder-Pleistoceen/ Plioceen. In de provincie Zuid-Limburg is deze slecht doorlatende laag minder belangrijk of afwezig en kleien uit het Plioceen scheiden zanden uit het Onder- en Midden-Pleistoceen van er onder liggende zanden uit het Plioceen. Alhoewel de afzetting uit het Pleistoceen, aan of dicht bij het oppervlak gelegen doorgaans een geringe doorlatendheid heeft, is de aquifer in de Centrale Slenk als één watervoerende laag met freatisch water in kaart gebracht, behalve in een klein gebied in het noordelijk deel, waar zich slecht doorlatende lagen uit het Holoceen bevinden.

In het gebied van de Peelhorst ligt, boven kleien en lemige zanden uit het Mioceen en in het noordelijk deel mogelijk uit het Plioceen, een betrekkelijk dunne (10-60 m) aquifer gevormd uit zanden uit het Plioceen, en het Midden- en Onder-Pleistoceen. De aquifer bevat plaatselijk freatisch water, behalve in een noordelijke zone bij

de Maas waar slecht doorlatende kleien uit het Holoceen voorkomen. Ten oosten van de Peelhorst, in de zogenaamde Venlo-Slenk, is de aquifer uit het Plio-Pleistoceen wat dikker, tot zo'n 100 meter in het zuidelijk deel. Het watervoerend pakket is samengesteld uit zanden uit het Pleistoceen en Plio-Mioceen, die in het zuidelijk deel zijn gescheiden door een slecht doorlatende Pliocene afzetting.

Tenslotte komt in een smalle strook land tussen de Peelrandbreuk en de Heerlerheide-storingen in Midden Limburg een aquifer met spanningswater uit het Mioceen voor (max. dikte 150 m) tussen mariene kleien uit het Mioceen. In het noordelijk deel van de zone is de aquifer gelaagd en bevat spanningsvrij water als gevolg van het er boven liggende Mio-Pliocene zand. De afdekkende Pleistocene afzettingen behoren over het algemeen tot de onverzadigde zone.

De algemene richting van de grondwaterstroming in het gehele betreffende gebied is noordwaarts. De stijghoogten staan sterk onder invloed van de rivier de Maas en zijn zijrivieren en ook van sommige belangrijke breuken. Er vindt infiltratie van neerslag plaats. Het noordwestelijke deel kan worden aangemerkt als een afvoergebied.

De isohypsen weerspiegelen de algemene topografie vrij nauwkeurig. De diepte waarop grondwater onder het maaiveld voorkomt is gemiddeld niet groter dan 1 - 1,5 meter. Dit betekent dat een deel van het water, benodigd voor gewassen en natuurlijke vegetatie wordt geleverd door capillaire stijging van het grondwater. Deze omstandigheid is de voornaamste beperking van de mogelijkheden tot grondwaterwinning.

In het algemeen valt er wat minder regen en de potentiële evapotranspiratie in de zomermaanden is hoger dan het landelijk gemiddelde. Deze relatief drogere omstandigheden in combinatie met het geringe waterhoudend vermogen van de zandgronden, hebben tot gevolg dat in deze provincies veel aanvullende beregening plaatsvindt zodat een aanzienlijk grondwaterverbruik door de landbouw voorkomt. Ongeveer 60% van het grondwater, verbruikt door de Nederlandse landbouw, wordt in deze provincies onttrokken.

District 31: Noordoost Brabant

In dit overwegend Holocene gebied is het grondwater brak en slechts voor enkele doeleinden geschikt.

District 32 : Land van Altena

Het zoutgehalte van het grondwater is in dit district het voornaamste probleem. Zoet grondwater wordt dicht bij de infiltrerende zij-armen van de Maas aangetroffen en de hoeveelheid grondwater die hier zou kunnen worden onttrokken, wordt geschat op 15 millioen m^3/jr. Aangezien in 1976 al 9 millioen m^3 werd verbruikt, zou nog een uitbreiding van de onttrekking met 6 millioen m^3/jaar mogelijk zijn.

District 33 : Zuidwest Brabant

In deze regio is een aanzienlijke hoeveelheid grondwater voorhanden, naar schatting ca. 150 millioen m^3/jaar. De reeds bestaande onttrekkingen zijn ook groot en bedroegen in 1976 103 millioen m^3. De openbare watervoorziening nam 75 millioen m^3 voor haar rekening en 17 millioen m^3 werd geleverd aan de provincie Zeeland. Door de landbouw wordt gemiddeld ruim 3 millioen m^3 verbruikt. De meeste belangrijke onttrekkingen zijn geconcentreerd in het westelijk deel van het district, waar schelprijke mariene zanden uit het Pleistoceen voorkomen. Uitbreiding van de hoeveelheid te onttrekken grondwater is in het district mogelijk met 47 millioen m^3/jaar.

District 34 : Centraal Noord-Brabant

Ook in de Centrale Slenk kan een zeer grote hoeveelheid grondwater worden onttrokken, in totaal 240 millioen m^3/jaar. Aangezien in deze regio belangrijke steden voorkomen en intensieve economische activiteiten plaatsvinden, waren ook de bestaande onttrekkingen in 1976 belangrijk: 185 millioen m^3. Dat wil zeggen dat nog 55 millioen m^3 per jaar geacht wordt beschikbaar te zijn.

De landbouw heeft in 1976 ongeveer 100 millioen m^3 grondwater gebruikt voor beregening. Daar dit een uitzonderlijk droog jaar is geweest, toont een aan gemiddelde omstandigheden gerelateerde berekening aan, dat deze hoeveelheid moet worden teruggebracht tot 25 millioen m^3 per jaar als gemiddelde,hetgeen nog steeds aanzienlijk is, vergeleken met het verbruik ten behoeve van de industrie, dat in 1976 bijvoorbeeld 63 millioen m^3 is geweest.

In het bijzonder rond de grote steden zal het hoge grondwaterverbruik daar verdere verhoging van de onttrekking in de weg staan.

District 35: Noordoost Brabant

Dit district omvat een deel van de Peelhorst en een deel van de slenk van Venlo. In de Peelhorst zijn de mogelijkheden voor grondwaterwinning beperkt door de omvang van de watervoerende laag; alleen bij de Maas in het noorden zijn de omstandigheden gunstiger. De meeste onttrekkingen vinden plaats in de Venlo slenk, het oostelijk deel van het district. In 1976 werd in totaal 28 millioen m^3 onttrokken. Daar het uiteindelijk cijfer van toelaatbare onttrekkingen is bepaald op 34 millioen m^3/jaar, blijft er nog slechts 6 millioen m^3 over, waarmee de te onttrekken hoeveelheid kan worden uitgebreid. De industrie neemt in deze regio ruim 50% van de hoeveelheid gewonnen grondwater voor haar rekening. De openbare watervoorziening en de landbouw onttrekken ieder 25%.

District 36: Noord Limburg

Dit noordelijk deel van de provincie Limburg omvat een deel van de Slenk van Venlo in het noorden en een deel van de Peelhorst in het zuiden. Ook hier worden de meeste onttrekkingen aangetroffen in de Slenk van Venlo. In 1976 bedroeg de waterwinning 36 millioen m^3. Men schat de totale beschikbare hoeveelheid op 55 millioen m^3, zodat voor uitbreiding van de winning 19 millioen m^3/jaar overblijft.

District 37: Midden Limburg

Midden Limburg maakt deel uit van de Centrale Slenk. De totale reserves aan beschikbaar grondwater zijn geschat op 55 millioen m^3 per jaar en in 1976 zijn 32 millioen m^3 verbruikt. De resterende hoeveelheid beschikbaar voor uitbreiding van de waterwinning is derhalve 23 millioen m^3.

Zuid Limburg

District 38

In dit gebied vormen de krijt-kalksteen formaties uit het Paleoceen en Boven-Krijt een watervoerend pakket meestal met vrij freatisch water. Naast poriën-permeabiliteit blijkt ook spleet-permeabiliteit

van belang te zijn. De aquifer vertoont hier dan ook meestal een gemengd karakter; het meest zuidelijk deel is zelfs een spleetaquifer (het onderscheid is nogal arbitrair). De watervoerende laag ligt op semi-doorlatend fijne zanden uit het Boven-Krijt, die in enkele kleine zones aan de zuidelijke grens aan de oppervlakte komen. Langs de Maas laten grove zanden en grind ter dikte van slechts enkele meters, het grondwater door naar de rivier. Alhoewel minder doorlatende afzettingen boven de aquifer zijn gedeponeerd, bevinden de meeste hiervan zich binnen de onverzadigde zone.

De aquifer wordt voornamelijk gevoed door neerslag en voert af naar de Maas en zijn zijrivieren. Als gevolg van de geringe bergingscoëfficiënten zijn de grondwaterstandsschommelingen nogal groot.

Gescheiden van het genoemde Krijt-Kalksteenpakket, komen daaronder in het zuidwesten nog watervoerende Carboon-kalken voor, die op Nederlandgebied overigens niet van praktisch belang zijn.

Er is een aanzienlijke hoeveelheid beschikbaar grondwater die wordt geraamd op 85 millioen m^3. Van deze hoeveelheid is in 1976 58 millioen m^3 gebruikt. Het verschil van 27 millioen m^3/jaar zou kunnen worden gebruikt om de onttrekking uit te breiden. Daar de bovenlagen in dit gebied bestaan uit löss, die goede waterhoudende eigenschappen heeft, wordt er hoegenaamd geen grondwater gebruikt voor de landbouw.

CONCLUSIES

In tabel 3 wordt een samenvatting gegeven van de beschikbaarheid en de onttrekkingen van grondwater in de 38 districten, gebaseerd op de cijfers uit het jaar 1976.

Er wordt aan herinnerd dat de cijfers voor de landbouw niet de werkelijke onttrekkingen in dat jaar weergeven, maar een gemiddelde over een lange periode voorstellen.

De cijfers wijken enigszins af van die in tabel 1, hetgeen voornamelijk moet worden toegeschreven aan afronding. Ook de raming van het in totaal beschikbare grondwater wijkt af van het genoemde cijfer 1900 millioen m^3.

Vergeleken met de uiteindelijk toelaatbare onttrekking van 1966 millioen m^3 zou, gezien het totale onttrekkingscijfer van 1210 m^3 nog bijna 40% beschikbaar zijn voor uitbreiding van de winning.

Tabel 3. Onttrekkingen en beschikbaarheid van grondwater in Nederland uitgaande van cijfers over het jaar 1976

Provincie	Nummer van het district	Onttrekkingen in $10^6 m^3$/jaar				Totaal beschikbaar in $10^6 m^3$/jr	Beschikbaar voor uitbreiding in $10^6 m^3$/jr
		Openbare watervoorziening	industrie	landbouw	totaal		
Groningen	1			-			
	2	8,5	3,5	-	12	25	13
	3	32	4	-	36	40	4
	4	0	19	-	19	20	1
	5	2	2	-	4	20	16
Friesland	6	-	-	-	-	-	-
	7	40	20	-	60	130	70
Wadden-eilanden	8	2	-	-	2	2	0
Drenthe	9	31	20		51	160	109
Overijssel	10	-	-	-	-	-	-
	11	-	-	-	-	-	-
	12	5,5	4,5	-	10	20	10
	13	7	9	1	17	60	43
	14	30	16	4	50	55	5
	15	26	7	1	34	40	6
Gelderland	16	27	13	10	50	70	20
	17	54	70	2	126	185	59
	18	34	19	4	57	140	83
Utrecht	19	74	24	1	99	113	14
	20	8	2	-	10	43	33
Flevopolders	21	5	-	-	5	35	30
	22	-	-	-	-	-	-
Noord-Holland en Zuid-Holland	23	193*	-	-	193*	43	0
	24	-	-	-	-	-	-
	25	-	-	-	-	-	-
	26	8	9	-	15	15	0
	27	42	11	-	53	110	57
Zeeland	28	-	-	-	-	-	-
	29	4	-	-	4	4	0
	30	2	-	-	2	2	0
Noord-Brabant en Limburg	31	-	-	-	-	-	-
	32	6	3	-	9	15	6
	33	75	25	3	103	150	47
	34	99	61	25	185	240	55
	35	7	15	6	28	34	6
	36	17	8	11	36	55	19
	37	19	11	2	32	55	23
Zuid-Limburg	38	30	28	-	58	85	27
		888	404	70	1360	1966	756
-/- * Kunstmatige infiltratie		-/- 150			-/- 150		
Totaal		738	404	70	1210	1966	756

Er moet echter met nadruk worden gesteld dat geen absolute zekerheid bestaat dat inderdaad vergunningen tot deze hoeveelheid zullen worden afgegeven. Onder ecologen en een steeds groter wordend deel van de bevolking heerst een groeiend onbehagen over de nadelen van grondwateronttrekkingen in ecologisch belangwekkende gebieden. Daar bij elke nieuwe onttrekking een evenwicht tussen watervoorziening enerzijds en ecologische en agrarische belangen anderzijds moet

worden gezocht, is er een tendens om de onttrekking, waar mogelijk, te beperken.

Een ander gegeven is dat in 1976 de waterleidingmaatschappijen toestemming hadden voor de onttrekking van meer grondwater dan zij in feite in dat jaar realiseerden. Dit is uiteraard een gebruikelijke voorzorgsmaatregel om aan de steeds groeiende vraag te kunnen voldoen. Bovendien zijn veel aanvragen voor vergunningen tot het doen van nieuwe onttrekkingen ingediend, die momenteel worden beoordeeld.

De beschikbare grondwaterreserve lijkt dus groter te zijn dan zij in werkelijkheid is. Verwacht wordt dat over 10 à 15 jaar nauwelijks nog een mogelijkheid is om de grondwaterwinning verder uit te breiden. Vergroting van het gebruik van oppervlaktewater zal daarna de meest waarschijnlijke oplossing zijn.

De bovengenoemde overwegingen, tezamen met enige onzekerheid ten aanzien van de ramingen van het in totaal beschikbare grondwater, hebben geleid tot het opnemen, op kaart 4, van enkele districten in de categorie: 'geheel verbruikte beschikbare voorraad', ofschoon nog enig grondwater aanwezig lijkt te zijn. In deze districten is ongeveer 85% van de totale beschikbare hoeveelheid al in 1976 verbruikt.

Tenslotte wordt opgemerkt dat alle cijfers slechts betrekking hebben op zoet grondwater. Over de beschikbaarheid van brak grondwater zijn geen gegevens bekend.

LITERATUUR

BOHEEMEN, P.J.M. VAN en J.G.S. DE WILDE. 1979. De watervoorziening van land- en tuinbouw in het droge jaar 1976. Regionale Studies ICW 15.

BREEUWER, J.B. and S. JELGERSMA. 1973. An East-West geohydrological section across the Netherlands. Verh. Kon. Geol. Mijnb. Gen. 29, pp. 105-106.

BROEZE, H.G. and T. COUWENHOVEN. 1977. Groundwater withdrawal and water control in the Netherlands. Proc. Amsterdam Sympos. of the Effects of Urbanisation and Industrialisation on the Hydrological Regime and on Water Quality. IAHS nr. 123.

COUWENHOVEN, T. 1979. Afweging van belangen betrokken bij het grondwater. Cultuurt. Tijdschr. 5, pp. 248 - 256.

CRAMER, W. 1979. Waterbehoefte en beschikbaar grondwater. Cultuurt. Tijdschr. 5, pp. 233 - 247.

DIENST GRONDWATERVERKENNING TNO. Jaarverslagen

_____. Grondwaterkaart van Nederland 1 : 50.000 (gedeeltelijk gepubliceerd)

_____. Regionale geo-electrische onderzoekingen (gedeeltelijk gepubliceerd)

DOPPERT, J.W.Chr., G.H.J. Ruegg, C.J. VAN STAALDUINEN, W.H. ZAGWIJN en J.G. ZANDSTRA. 1975. Formaties van het Kwartair en Boven Tertiair in Nederland.

GROTENTRAAST, G.J. and T. COUWENHOVEN. 1978. Calculation of damage caused by groundwater extraction. A case study ICID Bulletin vol. 27 nr. 2.

JELGERSMA, S. 1976. De geologische grondslag van het geohydrologisch onderzoek in Nederland. H_2O 9-26, pp. 543-550.

RIJKSINSTITUUT voor Drinkwatervoorziening en Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne. 1975. Structuurschema Drink- en Industriewatervoorziening 1972.

RIJTEMA, P.E. en J. BON. 1974. Bepaling van de landbouwkundige gevolgen van grondwaterwinning met behulp van bodemkundige gegevens, toegepast op de waterwinning Losser. Regionale Studies ICW 7.

SOEST, J.J. VAN. 1979. Bestuurlijk raamwerk voor het grondwater. Cultuur. Tijdschr. 5 pp. 257 - 264

VEWIN. 1970 - 1976. Waterleidingstatistiek .

VEWIN. 1978. Tienjarenplan '78.

Werkgroep Midden West-Nederland. 1976. Hydrologie en waterkwaliteit van Midden West-Nederland. Regionale Studies ICW 9.

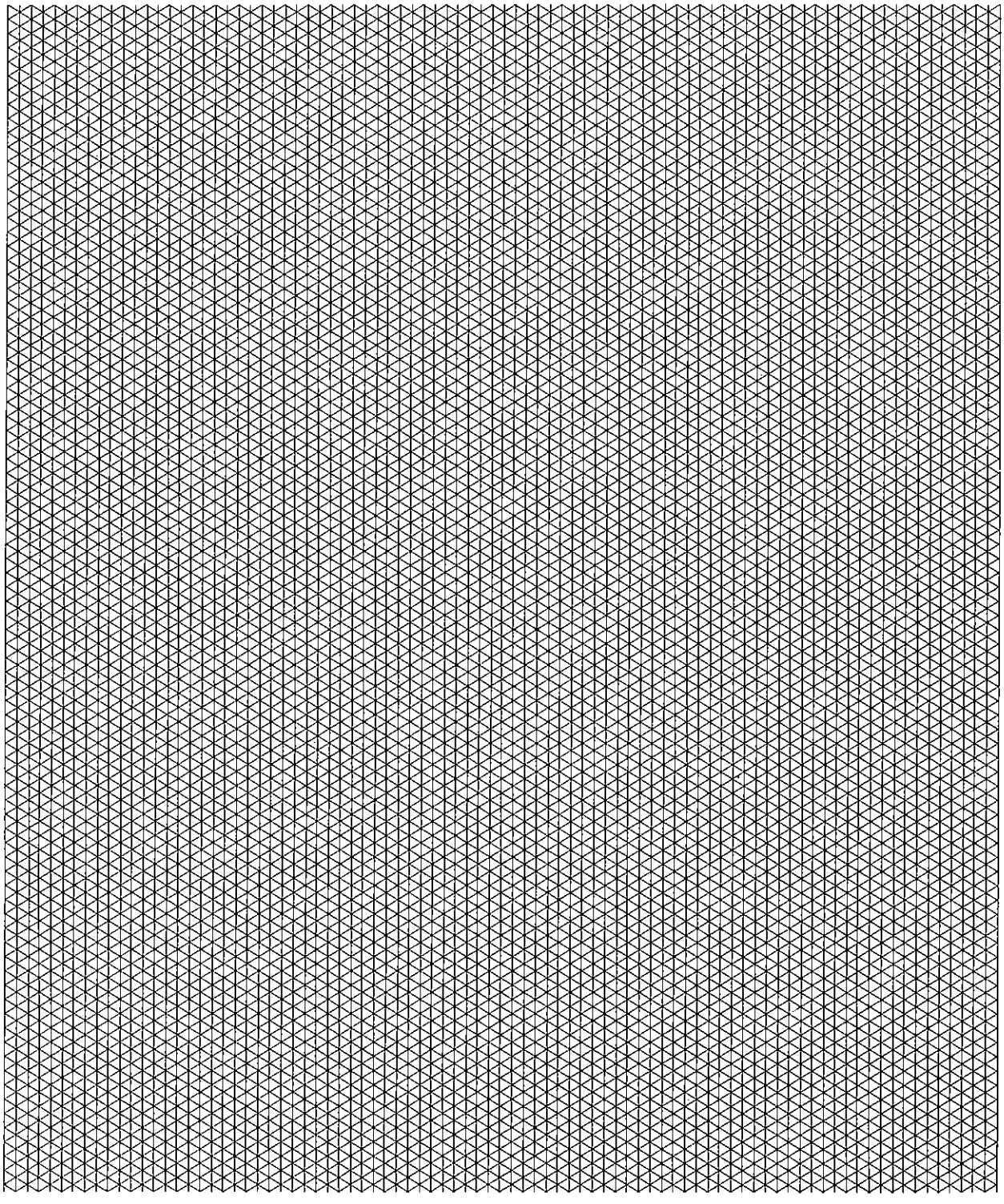
ZAGWIJN, W.H. 1963. Pleistocene stratigraphy in the Netherlands based on changes in vegetation. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnb. Gen. Geol. Serie 21-2, pp. 173-196.

Atlas van de Grondwaterreserves in de Europese Gemeenschap

Het werk omvat:

Tekstgedeelte
1. Samenvatting*
   en deel België
2. Samenvatting*
   en deel Duitse Bondsrepubliek
3. Samenvatting*
   en deel Denemarken
4. Samenvatting*
   en deel Frankrijk
5. Samenvatting*
   en deel Ierland
6. Samenvatting*
   en deel Italië
7. Samenvatting*
   en deel Luxemburg
8. Samenvatting*
   en deel Nederland
9. Samenvatting*
   en deel Verenigd Koninkrijk

* Het samenvattend gedeelte wordt slechts eenmal, met het gehele werk, geleverd.

Kaartengedeelte
1. België
2. Duitse Bondsrepubliek
3. Denemarken
4. Frankrijk
5. Ierland
6. Italië
7. Luxemburg
8. Nederland
9. Verenigd Koninkrijk

Vraag a. u. b. de uitvoerige folder bij
Th. Schäfer GmbH, Tivolistraße 4, D-3000 Hannover 1