

Regionaal geo-hydrologisch onderzoek bij de bepaling van de optimale grondwateronttrekking in een groot stroomgebied

1. Inleiding

In gebieden met een overwegend zandige ondergrond gaat grondwaterwinning veelal gepaard met een verlaging van de grondwaterstand in de directe en soms ook wijde omgeving van de winplaats. Aangezien als gevolg hiervan schade aan de landbouw en/of het landschap kan worden aangericht, zullen de winningsmogelijkheden van grondwater in vele gevallen beperkt zijn.

Als onderdeel van het onderzoek naar de optimale winningsmogelijkheden van grondwater zijn door het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening in diverse provincies reeds talrijke regionale geo-hydrologische onderzoeken uitgevoerd of zijn deze in uitvoering.

Deze onderzoeken zijn uiteraard veel omvangrijker en van geheel andere aard dan de gebruikelijke onderzoeken ten behoeve van de stichting of uitbreiding van een waterwinplaats. De laatste soort onderzoeken beperken zich tot verkenning van de lokale geo-hydrologie, het vaststellen van de te verwachten grondwaterstandverlagingen en de technische aspecten van de waterwinning. Meestal gebeurt dit op basis van één of meer pompproeven.

Een regionaal geo-hydrologisch onderzoek heeft veel meer ten doel basisgegevens te verschaffen om de mogelijkheden van grondwaterwinning voor een groot gebied in afweging tegen andere belangen zo nauwkeurig mogelijk vast te stellen. Een dergelijk onderzoek kan in het algemeen worden onderverdeeld in twee fasen, nl. een eerste fase bestaande uit een inventarisatie en bestudering van de beschikbare geologische en hydrologische gegevens en op basis daarvan het trekken van voorlopige conclusies en het opstellen van richtlijnen voor nader onderzoek en, vervolgens, het verzamelen van aanvullende gegevens ter opvulling van de lacunes in de kennis en de voltooiing van het onderzoek, resulterend in de eindconclusies. De eerste fase vergt betrekkelijk weinig tijd en kosten; met het aanvullende onderzoek, waarvoor boringen, pompproeven, geoelectrisch onderzoek, metingen van de afvoer van beken etc., noodzakelijk kunnen zijn, zal in het algemeen een periode van enige jaren zijn gemoeid.

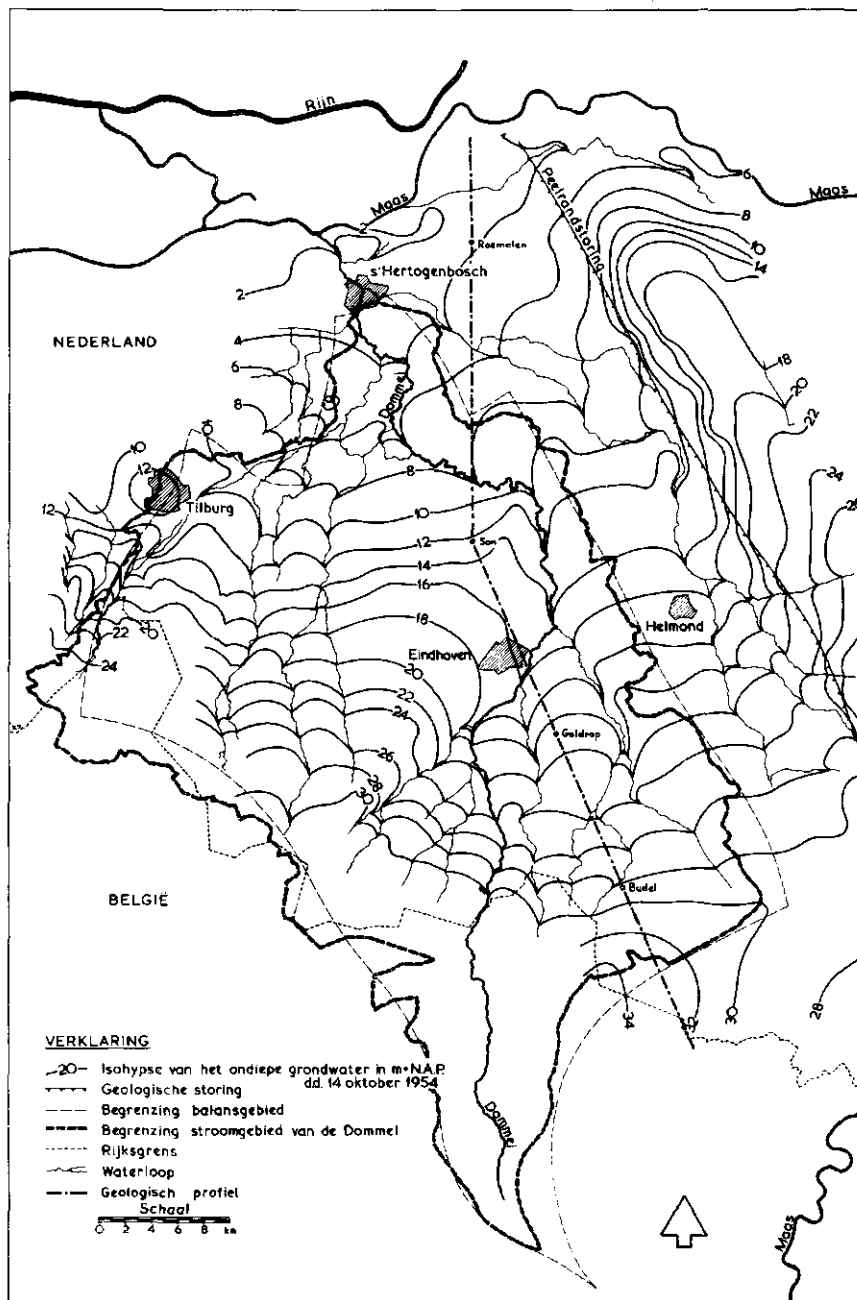
Teneinde een indruk te geven van de aard van het hydrologisch onderzoek op grond waarvan de optimale grondwateronttrekking kan worden bepaald, zullen hierna de resultaten van het desbetref-

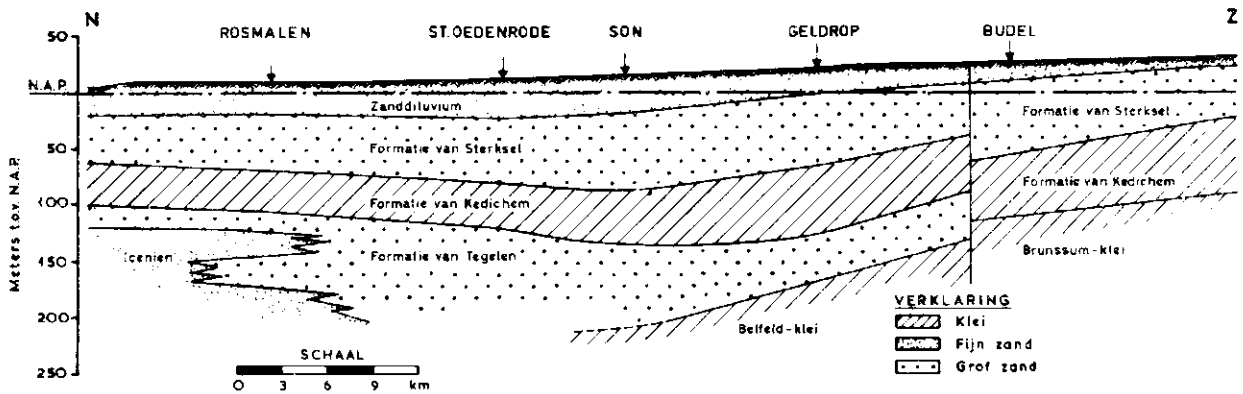
fende onderzoek in het stroomgebied van de Dommel in Noord-Brabant nader worden beschouwd. Deze studie vormde een deel van het regionale hydrologische onderzoek in de provincie Noord-Brabant.

Na een geologische en hydrologische be-

schrijving van het stroomgebied zal aandacht worden geschonken aan de waterbalans. Tenslotte zal een eenvoudig verband tussen de hoeveelheid te onttrekken grondwater en de hiermee corresponderende gemiddelde verlaging van de grondwaterstand worden afgeleid.

Afb. 1 - Isohypsenkaart van het ondiepe zandpakket.





Afb. 2 - Geschematiseerd geologisch profiel.

2. Geologische en hydrologische beschrijving van het stroomgebied

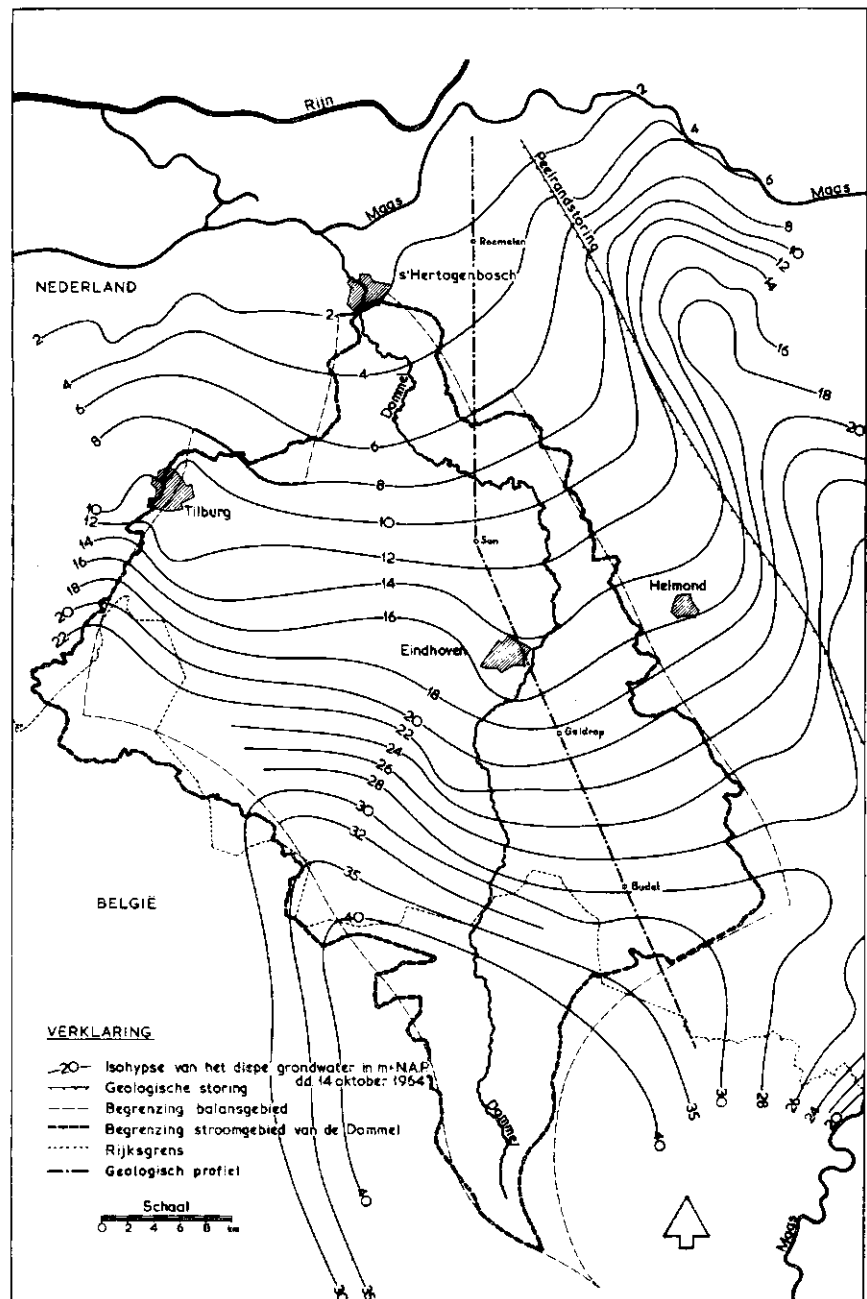
De rivier de Dommel ontspringt in de Belgische Kempen op een hoogte van ca. 60 m + NAP en stroomt, zoals in afb. 1 is aangegeven, in noordelijke richting af naar de Maas. Bij 's-Hertogenbosch mondt de Dommel uit in de Dieze; de maaiveldhoogte bedraagt hier ca. 5 m + NAP. Het stroomgebied heeft een oppervlakte van ca. 1725 km²; de grootste lengte is ca. 75 km, terwijl de gemiddelde breedte ca. 23 km bedraagt.

Het gebied bevindt zich, geologisch gezien, in de z.g. Centrale Slenk van Brabant. De Slenk wordt aan de oostelijke en westelijke zijde begrensd door ongeveer NW-ZO lopende breuken.

In de afb. 1 en 3 is slechts de in hydrologisch opzicht belangrijkste breuk, de Peelrandstoring, aangegeven; deze storing vormt de grens tussen de aan de westzijde hiervan gelegen centrale slenk en het aan de oostzijde gelegen horstgebied. De opbouw van de ondergrond in genoemde gebieden is geheel verschillend. Terwijl in de slenk tot grote diepte (ca. 200 m — NAP) Pleistocene formaties met voor de waterwinning belangrijke zandlagen worden aangetroffen, bevinden zich in het horstgebied al op geringe diepte minder goed waterdoorlatende lagen, behorende tot het Mioceen en het Pliocceen.

In afb. 2 is een sterk vereenvoudigd N—Z profiel van de ondergrond in het Dommelstroomgebied weergegeven. Aan de hand hiervan kan de bodemopbouw als volgt worden beschreven. Van maaiveld tot een diepte van ca. 20 m komen fijne, slijboudende zanden voor, behorende tot het Zanddiluvium (het *ondiepe zandpakket*). Aan de basis van dit ondiepe zandpakket wordt in het algemeen een enkele meters dikke leemlaag aangetroffen (Brabantse leem). Hieronder volgt tot een diepte van ca. 80 m een uit grof zand en grind bestaande, zeer goed waterdoorlatende formatie, de formatie van Sterksel (het *middeldiepe*

Afb. 3 - Isohypsenkaart van het middeldiepe zandpakket.



Berekening nuttige neerslag (mm/jaar)

| Jaar | Neerslag R | Verdamping E | Nuttige neerslag N | Oppervlakte afvoer Q _b | Ondergrondse afvoer kDiL | Berging Δ S | Grondwateronttrekking t.b.v. landbouw Q _a | Voeding grondwater N' | Verdamping E' = R - N' |
|-----------|------------|--------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------------|-------------|--|-----------------------|------------------------|
| 1953 | 509 | 488 | 21 | 169 | 5 | - 72 | 8 | 110 | 399 |
| 1954 | 809 | 474 | 335 | 206 | 5 | + 67 | 8 | 286 | 523 |
| 1955 | 632 | 492 | 140 | 204 | 5 | - 16 | 8 | 201 | 431 |
| 1956 | 758 | 432 | 326 | 237 | 5 | + 24 | 8 | 274 | 484 |
| 1957 | 787 | 513 | 247 | 262 | 5 | - 8 | 8 | 267 | 520 |
| 1958 | 783 | 472 | 311 | 241 | 5 | + 31 | 8 | 285 | 498 |
| 1959 | 498 | 599 | -101 | 140 | 5 | -120 | 8 | 33 | 465 |
| 1960 | 960 | 468 | 492 | 273 | 5 | +115 | 8 | 401 | 559 |
| 1961 | 884 | 460 | 424 | 302 | 5 | - 10 | 8 | 305 | 579 |
| 1962 | 710 | 430 | 280 | 200 | 5 | - 10 | 8 | 193 | 517 |
| 1963 | 603 | 446 | 157 | 153 | 5 | + 16 | 8 | 182 | 421 |
| 1964 | 615 | 500 | 115 | 165 | 5 | - 7 | 8 | 171 | 444 |
| Gemiddeld | 712 | 481 | 231 | 212 | 5 | 0 | 8 | 225 | 487 |

zandpakket). Vervolgens treft men een ca. 40 m dikke kleilaag aan (Formatie van Kedichem), die aan de verticale waterbeweging een zeer grote weerstand biedt. Tenslotte bevindt zich beneden deze kleilaag tot een diepte van ca. 200 m de Formatie van Tegelen, waarin ook nog een goed waterdoorlatend zandpakket voorkomt (het *diepe zandpakket*). Laatstgenoemde laag wordt aan de onderzijde begrensd door de Belfeldklei. In het zuiden van de provincie wijkt de opbouw van de bodem enigszins af van het hierboven geschetste beeld. De goed doorlatende Formatie van Tegelen ontbreekt hier; beneden de Formatie van Kedichem worden afzettingen van de Brunssumklei aangetroffen. Een en ander vindt zijn oorzaak in één of meer ongeveer 0—W lopende storingen. Het *grondwaterregiem* van het ondiepe en middeldiepe zandpakket is bekend uit een zeer groot aantal waarnemingen van de grondwaterstand, c.q. grondwaterstijghoogte in talrijke landbouwbuizen en diepe peilputten in het onderzochte gebied. In afb. 1 zijn de isohypsen (lijnen van gelijke grondwaterpotentiaal) van het grondwater in het ondiepe zandpakket weergegeven. Het drainerend effect van de Dommel en de vele zijstroompjes op de ondiepe grondwaterstand is op deze kaart duidelijk zichtbaar. Op afb. 3 is het isohypsenbeeld van het middeldiepe grondwater geschetst. In tegenstelling tot het freatische grondwater is hier geen zichtbare invloed van de open watergangen op het stromingsbeeld te bespeuren. De depressie in het piezometrisch niveau bij Eindhoven is het gevolg van de intensieve grondwaterexploitatie in deze stad. Van het diepe watervoerende zandpakket zijn nog te weinig stijghoogtegegevens voorhanden om een isohypsenkaart te vervaardigen. Binnen het beschouwde stroomgebied is de stijghoogte van het middeldiepe grondwater in het algemeen geringer dan die van het ondiepe en diepe grondwater. Derhalve vindt er een zekere

verticale waterbeweging plaats van ondiep en diep grondwater via de semi-permeabele scheidingslagen naar het middeldiepe watervoerende zandpakket, resulterend in een voeding van dit pakket.

3. Waterbalans van het stroomgebied

Teneinde een indruk te verkrijgen van de voeding van het grondwater is een waterbalans van het stroomgebied opgesteld. De volgende vergelijkingen liggen hieraan ten grondslag.

$$R - E = N \quad (1)$$

$$N' = Q_d + \Sigma kDiL + Q_g + \Delta S \quad (2)$$

Hierin zijn:

- R = neerslag;
- E = evapotranspiratie;
- N = nuttige neerslag;
- N' = natuurlijke aanvulling van het grondwater;
- Q_d = natuurlijke afstroming van grondwater naar de waterlopen, het drainagegebied;
- Σ kDiL = in- en uitstroming van grondwater langs de omtrek van het balansgebied, waarin kD de doorlatendheid, i het verhang van het grondwater en L de lengte waarover de in-, resp. uitstroming plaats vindt;
- Q_g = kunstmatige grondwateronttrekking;
- Δ S = verschil in berging aan het begin en einde van elk balansjaar.

Zoals uit vgl. (2) blijkt, is de oppervlakte-afvoer van de neerslag naar de waterlopen niet in de balans opgenomen; aangenomen is dat in dit vlakke en zandige gebied geen oppervlakte-afvoer van betekenis optreedt. De nuttige neerslag N is derhalve gelijk aan de voeding van het grondwater N'. Deze voeding kan dus zowel met vgl. (1) als met vgl. (2) worden berekend. In de praktijk worden beide methodes toegepast, teneinde de uitkomsten te kunnen vergelijken.

De resultaten van de berekening van de nuttige neerslag met behulp van vgl. (1) zijn vermeld in de opgenomen tabel. De neerslag R is bepaald als gemiddelde van de jaarregenvall van drie KNMI-meetstations binnen het stroomgebied. De evapotranspiratie E is berekend uit de Penman-verdamping voor het vrije wateroppervlak (E_o), vermenigvuldigd met een reductiefactor 0,7 voor de invloed van de bodem en de vegetatie. Als gemiddelde waarde voor N wordt op deze wijze voor de onderzochte 12-jarige periode van 1953 t/m 1964 231 mm/jaar gevonden.

Meer betrouwbare resultaten kunnen, zoals we straks zullen zien, worden verkregen met behulp van vgl. (2). De begrenzing van het balansgebied dient uiteraard zo goed mogelijk overeen te komen met die van het stroomgebied doch wordt voorts zodanig gekozen dat de ondergrondse in- en uitstroming gemakkelijk kunnen worden berekend. Bij voorkeur dienen de grenzen van het stroomgebied dus samen te vallen met stroomlijnen of isohypsen. In het onderzochte gebied is dit laatste niet overal het geval.

Zoals uit de afb. 1 en 3 blijkt komen de westelijke, zuidelijke en oostelijke begrenzingen van het stroomgebied praktisch overeen met stroomlijnen van het grondwater in het ondiepe en middeldiepe pakket. Hier vindt derhalve geen in- of uitstroming plaats. Slechts langs de noordelijke zijde van het stroomgebied vindt grondwateruitstroming plaats; deze hoeveelheid kan, na aanpassing van het stroomgebied, worden berekend als kDiL. Aanpassing van het balansgebied aan het grondwaterregiem in het diepe pakket is achterwege gelaten gezien het geringe aantal beschikbare stijghoogtegegevens van het diepe grondwater.

In vgl. (2) komen twee onbekenden voor, nl. N' en Q_d. Het drainagegebied Q_d kan worden bepaald uit de volgende vergelijking, de balansvergelijking van het oppervlaktewater.

$$Q_b = Q_g - Q_a + Q_d \quad (3)$$

Hierin is

Q_b = afvoer van de rivier de Dommel, gemeten te 's-Hertogenbosch;
 Q_a = binnen het stroomgebied onttrokken hoeveelheid grondwater t.b.v. de berekening van land- en tuinbouwgronden.

De overige symbolen zijn reeds eerder verklaard.

Uit vgl. (3) volgt dat is aangenomen dat de totale grondwateronttrekking t.b.v. huishoudelijk en industrieel gebruik uiteindelijk weer op de open watergangen binnen het stroomgebied wordt geloosd. De naar verwachting geringe verliezen als gevolg van bv. verdamping en verbruik als proceswater in de industrie zijn dus verwaarloosd.

Aan de andere kant zal de hoeveelheid grondwater voor agrarisch gebruik Q_a praktisch geheel door verdamping verloren gaan en zal het grondwater dus niet aanvullen. De vgl. (2) en (3) leiden samen tot

$$N' = Q_b + Q_a + \Sigma kDiL + \Delta S \quad (4)$$

Ten aanzien van de bepaling van de diverse posten van deze balansvergelijking kan nog het volgende worden opgemerkt.

1. Over een groot aantal jaren zijn gedetailleerde afvoergegevens van de Dommel (Q_b) beschikbaar. In de tabel is voor de jaren 1953 t/m 1964 de jaarafvoer Q_b uitgedrukt in mm/jaar, gerekend over het totale oppervlak van het stroomgebied, vermeld.

2. Betreffende de grondwateronttrekking t.b.v. agrarisch gebruik Q_a zijn voor ieder jaar afzonderlijk geen exacte gegevens bekend. Wel bekend zijn echter de uitkomsten van een enquête waaruit schattenderwijs kan worden afgeleid dat in 1961 binnen het stroomgebied ca. 8 mm grondwater werd onttrokken t.b.v. de berekening. Deze hoeveelheid is eveneens aangehouden voor de overige jaren binnen de onderzochte periode. Afwijkingen hierin hebben op de uitkomsten van de balans weinig invloed.

3. Gezegd is reeds dat slechts langs de noordelijke begrenzing van het stroomgebied een grondwateruitstroming $kDiL$ plaats vindt. De doorlatendheid kD van het ondiepe en het middeldiepe zandpakket kan op grond van de resultaten van pompproeven worden gesteld op 100, resp. 2500 m^2 /dag. Het verhang i en de lengte L kunnen voorts worden afgeleid van de isohypsenkaarten. Als resultaat van de berekening werd voor de hoeveelheid water die ondergronds het stroomgebied verlaat slechts ca. 5 mm/jaar gevonden. Ten opzichte van de totale afvoer uit het gebied is dit een zeer geringe hoeveelheid. De doorlatendheid van de Brabantse bodem, die praktisch tot aan het maaiveld toe is gevuld met grondwater, en het beschikbare verhang zijn blijkbaar

te gering om een grote ondergrondse afstroming te bewerkstelligen. Gezien de geringe variatie in het verhang over een groot aantal jaren, mag deze hoeveelheid als constant voor de beschouwde balansperiode worden gerekend. Uit de beschikbare hydrologische gegevens van het diepe zandpakket kan voorts worden geconcludeerd dat de netto uitstroming van grondwater uit het balansgebied door dit pakket eveneens zeer gering zal zijn. Verwaarlozing van deze hoeveelheid heeft derhalve weinig invloed op de balans.

4. Teneinde een globale indruk van de verandering van de grondwatervoorraad ΔS voor elk balansjaar te verkrijgen, wordt het gemiddelde verschil van de grondwaterstand aan het begin en einde van ieder jaar vermenigvuldigd met het werkzame poriënvolume van de bovenste grondlagen. Het verschil in grondwaterniveau vindt men uit waarnemingen van een groot aantal landbouwbuizen binnen het beschouwde gebied.

Voor het werkzame poriënvolume is een waarde van 10 % aangehouden.

In de tabel zijn de uitkomsten voor ieder jaar vermeld.

Als gemiddeld resultaat wordt op deze

| IN | UIT | |
|--|---|--------------------|
| Nuttige neerslag $N =$ | Grondwateruitstroming $\Sigma kDiL$ | 5 mm/jaar |
| Natuurlijke aanvulling van het grondwater N' | Grondwater voor agrarisch gebruik Q_a | 8 mm/jaar |
| | Beekafvoer $Q_b = 212$ mm/jaar, bestaande uit: Natuurlijke drainage Q_d | 180 mm/jaar |
| | Grondwater t.b.v. bevolking en industrie $Q_g - Q_a$ | 32 mm/jaar |
| | | <u>225 mm/jaar</u> |

wijze voor de voeding van het grondwater N' in de onderzochte 12-jarige periode een waarde van 225 mm/jaar gevonden. Het blijkt dus dat er een zeer redelijke overeenstemming bestaat met het resultaat van de berekening van de nuttige neerslag N volgens vgl. (1).

Niettemin treden er voor ieder jaar afzonderlijk aanzienlijke afwijkingen tussen de resultaten van beide berekeningswijzen aan de dag. Gedeeltelijk is dit te wijten aan onnauwkeurigheden in de bepaling van de beekafvoer en in de berekening van de voorraadverandering van het grondwater. Belangrijker moet echter worden geacht het feit dat bij de bepaling van de evapotranspiratie E in vgl. (1) geen rekening is gehouden met de diepte van het grondwater beneden maaiveld. Onder overigens dezelfde omstandigheden zal de verdamping E groter zijn bij hoog grondwater dan bij een lage stand van het grondwater. Dat dit verschijnsel een rol van betekenis speelt, kan worden geïllustreerd aan de hand van de cijfers in de tabel. In een relatief droog jaar met lage grondwaterstanden (regenval geringer dan ca. 700 mm/jaar) blijkt de Penman-evapotranspiratie E steeds groter te zijn dan de uit de grond-

waterbalans berekende waarde E' . In een nat jaar is het omgekeerde het geval. Naarmate de onderzochte periode groter wordt gekozen, zullen de gemiddelde uitkomsten van de beide toegepaste methodes elkaar beter benaderen.

Zoals hiervoor reeds is uiteengezet, kan de gemeten beekafvoer Q_b worden gesplitst in twee hoofdcomponenten nl. het drainagegebied Q_d en voorts de als afvalwater geloosde hoeveelheid grondwater t.b.v. huishoudelijk en industrieel gebruik $Q_g - Q_a$. Voor het jaar 1964 zijn redelijk betrouwbare gegevens betreffende de hoeveelheid $Q_g - Q_a$ beschikbaar.

Binnen het balansgebied werd in genoemd jaar ca. 15 miljoen m^3 grondwater gewonnen voor huishoudelijk gebruik, terwijl voorts ca. 40 miljoen m^3 ten behoeve van de industrie werd onttrokken. In totaal derhalve ca. 55 miljoen m^3 of ca. 32 mm. Uit vgl. (3) volgt nu dat het drainagegebied Q_d in een klimatologisch gemiddeld jaar, waarin genoemde grondwateronttrekking plaats vindt, ca. 180 mm/jaar moet bedragen.

Het voorgaande samenvattend, kan de volgende globale waterbalans van het stroomgebied van de Dommel worden opgesteld.

4. Grondwaterwinning en verlaging van het freatisch vlak

Uit het voorgaande is gebleken dat de hoeveelheid water die uiteindelijk het balansgebied als grondwater verlaat, zeer gering is ten opzichte van de totale beekafvoer, waarvan overigens het water uit natuurlijke, ondergrondse afvloeiing de belangrijkste bron is. Vergroting van de grondwateronttrekking leidt daarom tot vermindering van de natuurlijke drainage van het bovenste grondwater naar de open watergangen. Het mechanisme van dit effect kan als volgt worden verklaard. Tengevolge van de onttrekking van grondwater aan het middeldiepe watervoerende zandpakket (ca. 20 tot 80 m — NAP) neemt de stijghoogte van het water in deze formatie af. De verlaging is uiteraard het grootst nabij de winplaats en neemt af naarmate de afstand tot de winningsmiddelen groter is.

Het potentiaalverschil tussen het grondwater in het ondiepe zandpakket (van maaiveld tot ca. 20 m — NAP) en het middeldiepe pakket neemt dus toe, hetgeen met een vergroting van de wegzijging van ondiep grondwater, via de semi-permeabele scheidingslaag, naar de

diepere formaties gepaard gaat. De uitgestrektheid van het gebied waarin dit verschijnsel in belangrijke mate plaats vindt, wordt o.m. beïnvloed door de grootte van de onttrekking, de doorlatendheden van de beide zandpakketten en de hydraulische weerstand van de scheidende laag. Aangezien uit het bovenste zandpakket door de grondwaterwinning dus meer water naar de diepere lagen zal wegzijgen, zal de horizontale stroming in dit pakket naar de waterlopen, de natuurlijke drainage, met een gelijke hoeveelheid verminderen. De freatische grondwaterstand zal daardoor worden verlaagd.

In het onderhavige, grotendeels agrarische gebied zullen de mogelijkheden van grondwaterwinning in het algemeen nauw samenhangen met de grootte van de als gevolg hiervan optredende grondwaterstandsverlagingen. Teneinde de winningsmogelijkheden in een dergelijk groot gebied vast te kunnen stellen, is het daarom van belang de orde van

grootte van de te verwachten verlaging van het freatische vlak als gevolg van een bepaalde onttrekking zo goed mogelijk te bepalen. In het volgende zal hier nader op worden ingegaan.

Indien de grondwaterwinning gelijkmatig gespreid wordt gedacht over het gehele beschouwde gebied, zal een uitbreiding hiervan, zoals hiervoor reeds is uiteengezet, resulteren in een even grote afname van de natuurlijke drainage van het gebied. De gezochte relatie tussen een bepaalde grondwateronttrekking en de verlaging van de grondwaterstand is derhalve vergelijkbaar met het verband tussen een verandering van het drainagegebied en de grondwaterstand.

Genoemd verband kan nu worden gevonden, door voor een aantal landbouwbuizen het verloop van de grondwaterstand voor de onderzochte 12-jarige periode (1953 t/m 1964) uit te zetten. In afb. 4 is hiervan een gedeelte weer-

gegeven, waarbij tevens de regenval en de gemeten Dommelfoer (mm/maand) in beeld zijn gebracht. Tussen grondwaterstand, regenval en rivierafvoer blijkt een duidelijke relatie te bestaan. In afb. 5 is vervolgens langs de horizontale as de gemiddelde grondwaterstand (m + NAP) uitgezet van perioden, waarin de waterstand slechts weinig varieert (nagenoeg stationaire stroming); langs de verticale as zijn de in deze perioden gemeten Dommelfoeren (gemiddeld in mm/maand) vermeld. De perioden hebben veelal een duur van enkele maanden, waardoor fouten als gevolg van naijling en erratische waarnemingen zoveel mogelijk worden vermeden.

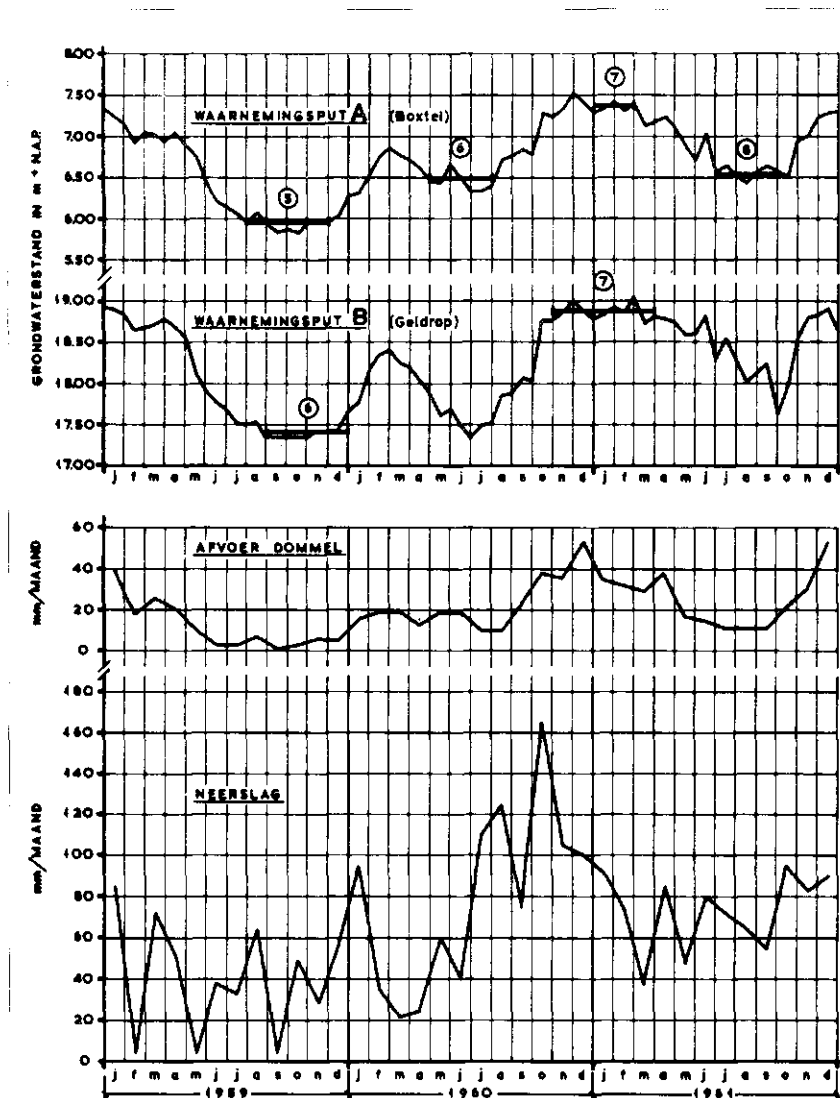
Uit de grafiek blijkt, dat er tussen rivierafvoer en grondwaterstand een duidelijke relatie bestaat. Het in wezen zeer gecompliceerde afvoerproces kan voor ons doel derhalve worden vereenvoudigd tot een betrekkelijk eenvoudig, empirisch verband. Wel dient te worden bedacht, dat men op bovengeschetste wijze een gemiddelde verhouding vindt tussen de grondwaterstand en de rivierafvoer van het gehele stroomgebied. In een volgende fase van het onderzoek zal dit verband nader kunnen worden vastgesteld voor een aantal substroomgebieden binnen het Dommelgebied, waaruit een gedetailleerd beeld van de relatie grondwaterstand — beekafvoer zal worden verkregen.

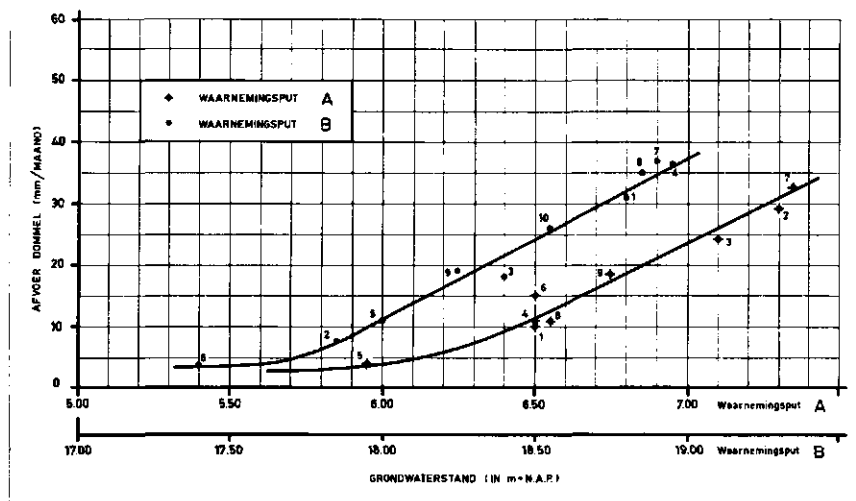
Opgemerkt kan nog worden, dat bij zeer lage rivierafvoeren afwijkingen optreden van de gevonden, praktisch lineaire verhouding; hier worden hogere afvoeren gemeten dan men op grond van de gevonden lijn zou verwachten. De oorzaak hiervan is gelegen in een tamelijk constante basisafvoer, die voornamelijk bestaat uit geloosd industrieel en huishoudelijk afvalwater. Extrapolatie van de curven in afb. 5 levert een droogweerafvoer op van ca. 3 mm/maand, een cijfer dat zeer goed aansluit bij de eerder genoemde grondwateronttrekking t.b.v. industrie en bevolking binnen het stroomgebied (32 mm/jaar).

Aangezien de variatie in de hoeveelheden onttrokken grondwater binnen de onderzochte periode van 12 jaar gering is ten opzichte van de totale rivierafvoer, zal de helling van de lijnen in afb. 5 praktisch niet veranderen, indien in plaats van de rivierafvoer Q_b , de natuurlijke drainage Q_d wordt uitgezet.

De helling van de lijnen is uiteraard afhankelijk van de plaats van waarneming van de grondwaterstand; de fluctuaties hierin zijn nabij waterlopen, die rechtstreeks met het grondwater in verbinding staan, veelal geringer dan op grotere afstand. Niettemin bleek reeds uit het voorlopige onderzoek, dat in het gehele onderzochte gebied slechts betrekkelijk geringe afwijkingen van het in afb. 5 weergegeven beeld optreden. De gevonden relatie kan derhalve in principe worden gebruikt om een indruk

Afb. 4 - Voorbeeld van grondwaterstanden, afvoer- en neerslaggegevens.





Afb. 5 - Verband tussen grondwaterstand en rivierafvoer.

te verkrijgen van de te verwachten gemiddelde daling van het freatische vlak als gevolg van een vermindering van het drainagegebied, of anders gezegd, als gevolg van een bepaalde grondwateronttrekking. Een uitbreiding van de grondwaterwinning met bv. 40 mm/jaar (ca. 70 miljoen m³/jaar) resulteert volgens het voorgaande in een gemiddelde verlaging van het freatische vlak van ca. 10 tot 15 cm.

In werkelijkheid vindt de waterwinning uit de aard der zaak niet zo gespreid plaats als hiervoor werd aangenomen. Ter plaatse van een pompstation zal een grotere verlaging van de grondwaterstand optreden. Op iedere waterwinplaats dient daarom voorts een gedetailleerd geo-hydrologisch onderzoek te worden uitgevoerd. Een dergelijk onderzoek besteedt, behalve aan de technische aspecten van de winning, ook aandacht aan de te verwachten grondwaterstands daling in de omgeving van de winplaats en geeft voorts enige indicatie omtrent de te verwachten schade aan de landbouw en het landschap. Op basis van deze gegevens is het veelal mogelijk de capaciteit van een pompstation vast te stellen. Een inzicht in de regionale mogelijkheden van grondwaterwinning verkrijgt men hieruit echter slechts in geringe mate. Tenslotte kan nog worden vermeld, dat zeer diepe winning beneden de op een diepte van ca. 75 m tot 125 m voorkomende dikke kleilagen van de Formatie van Kedichem de toegepaste werkmethode van de gespreide onttrekking zeer dicht benadert. Immers, door de grote hydraulische weerstand van deze kleilagen worden de verlagingen van de grondwaterstijghoogten in de zich hierboven bevindende grofzandige Formatie van Sterksel reeds sterk genivelleerd. Op vele winplaatsen in Oost-Brabant wordt aan het zeer diepe pakket (formatie van Tegelen) grondwater onttrokken.

Als conclusie van het voorgaande kan

worden gesteld, dat t.b.v. de raming van de mogelijke grondwaterwinning in een groter gebied een goed beeld van de waterbalans van het betrokken gebied noodzakelijk is. Voorts zal voor de vaststelling van de te verwachten gemiddelde daling van het freatische vlak als gevolg van een bepaalde grondwateronttrekking in vele gevallen met vrucht gebruik kunnen worden gemaakt van de beschreven relatiegrafieken, die het verband aangeven tussen de grondwaterstand op een bepaalde plaats en de hierbij behorende natuurlijke drainage van het grondwater naar de open watergangen in het betrokken gebied.