

NOTA 754

augustus 1973

voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

NN31545.0754

HET ACHTERHOEK ONDERZOEK
SAMENVATTING VAN DE LITERATUUR BETREFFENDE HET
HYDROLOGISCH ONDERZOEK IN DE ACHTERHOEK

ir J. Bon

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, dus geen officiële publikaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onder-
zoek nog niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking

SN 148986.02

I N H O U D

	Blz.
I. INLEIDING	1
II. ALGEMENE HYDROLOGISCHE BESCHRIJVING VAN HET GEBIED	1
a. Ligging en grootte	1
b. Topografie en bodemgesteldheid	2
c. Algemene stroomrichting van de beken	3
d. Detailontwatering	4
e. Kwel- en wegzijgingsgebieden	5
f. Onderhoud van leidingen	6
g. Wateroverlast	6
h. Verdrogingsverschijnselen	7
III. HET AFVOERONDERZOEK	8
A. Algemeen	8
a. Meetpunten, meetmethoden en meetfrequentie	8
b. Afvoerbepaling uit peilaflezingen	10
c. Hoge en minimum afvoeren	10
d. Oorzaken van het verschil in afvoer	11
e. De slootdichtheid	12
B. Analyse van de afvoer	13
a. Afvoerverhoudingen	13
b. Frequentie van afvoeren	14
c. Afvoerberekeningen uit grondwaterstandsanalysen	16
d. Kwel- en wegzijgingsbepalingen	17
e. Minimum afvoer	18

	Blz.
IV. LANDBOUWKUNDIGE EISEN	
a. Infiltratiemetingen	20
b. Inundatie proeven	20
c. Landbouw schadeberekening	20
V. INVLOED VAN POMPSTATIONS	21
LITERATUUR	24

I. INLEIDING

Het onderzoek in de Achterhoek is door het ICW opgezet met het doel om in enkele jaren (1964-1967) een inzicht te krijgen in de hydrologie van een groot gebied van ongeveer 60 000 ha. Het was daarvoor niet mogelijk om het gebied gedetailleerd te onderzoeken. Wel hebben enkele detailonderzoekingen plaatsgevonden om bepaalde hydrologische problemen op te kunnen lossen. Een aantal onderzoekers heeft ieder voor zich een onderdeel van het gehele hydrologisch gebeuren onderzocht waardoor een veelheid van kennis is vergaard, die samengevat, een redelijk inzicht in de hydrologie van het gebied op kan leveren.

Omdat tot nu toe geen samenvattend rapport van de verschillende onderzoekers verkregen resultaten is opgesteld, is getracht een globaal overzicht te geven van het verrichte onderzoek, waarin de voornaamste resultaten zoals deze in verschillende nota's en publikaties zijn beschreven, zijn opgenomen. Het overzicht is vooral bedoeld om de over het gebied verschenen literatuur bijeen te hebben, zulks ten behoeve van hen die zich thans bezig houden met onderzoek dat betrekking heeft op dit gebied.

II. ALGEMENE HYDROLOGISCHE BESCHRIJVING VAN HET GEBIED

a. Ligging en grootte

De Achterhoek wordt begrensd door drie rivieren die niet alleen het overtollige water uit het gebied ontvangen, doch tevens de afvoerbasis van het gebied vormen. De rivieren zijn: de Berkel in het noorden, de IJssel in het westen en de Oude IJssel in het zuiden. De oost-

zijde wordt bepaald door de Duitse grens (zie overzichtskaart, fig. 1). De grootte van het onderzochte gebied bedraagt ongeveer 60 000 ha.

Het noordelijk deel van de Achterhoek, tussen de Berkel en de lijn Vorden-Ruurlo-Groenlo werd niet in het onderzoek betrokken. Het stroomgebied van de Leerinkbeek werd door de Rijkswaterstaat aan een zeer intensief hydrologisch onderzoek onderworpen, onder leiding van Colenbrander. De resultaten hiervan zijn weergegeven in het tweede interimrapport van de COMMISSIE TER BESTUDERING VAN DE WATERBEHOEFTE VAN DE GELDERSE LANDBOUWGRONDEN (1).

b. Topografie en bodemgesteldheid

Zowel wat betreft de topografie als de bodemgesteldheid kan de Achterhoek in twee delen worden gesplitst. Ten oosten van de lijn Aalten-Lichtenvoorde-Groenlo-Eibergen, welke lijn ongeveer overeenkomt met de hoogtelijn van 20 m⁺ NAP, wordt een ondoorlatend plateau van tertiaire ouderdom aangetroffen, dat over het algemeen is afgedekt met een vrij dunne laag grove en fijne zanden. Dit plateau helt vanaf de grens naar het westen af, van 50 m tot 30 m⁺ NAP om dan over een korte afstand tot 20 m⁺ NAP te dalen. Vele grote en kleine beken hebben in het plateau dalen uitgeslepen.

Westelijk van het plateau wordt een dik zandpakket aangetroffen dat over een afstand van 30 km schildvormig naar de drie omgrenzende rivieren afhelt van 20 m tot 6 m⁺ NAP bij de IJssel. In dit zandgebied komen enkele jongere stuifruggen voor die invloed uitoefenen op de stroomrichting van de beekjes en op de richting van de grondwaterstroming. In een schematische doorsnede vanaf de IJssel tot Winterswijk wordt deze stroomrichting weergegeven (fig. 2).

c. Algemene stroomrichting van de beken

Door het min of meer schildvormige oppervlak van de Achterhoek, waarvan het hoogste punt aan de Duitse grens ligt, is de stroomrichting van de beken waaiervormig naar de drie omgrenzende rivieren. Naar de A-strang die uitmondt in de Oude IJssel stroomt de Keizersbeek. De

Aaltense Slinge stroomt in zuid-westelijke richting naar de Oude IJssel. De IJssel zelf ontvangt water van de in westelijke richting stromende beken, die op het zandgebied ontspringen zoals de Grootte beek, de Dunsborgerbeek, de Kloosterlaak, de Lindense laak en de Baakse beek met als grootste zijbeek de Veengoot. De Groenlose Slinge met haar zijtakken en de Leerinkbeek stromen in noord-westelijke richting naar de Berkel

In preglaciale en glaciële tijden was de stroomrichting van de beken in het tertiaire plateau anders dan thans. Erosie, dalopvullingen en de tectonische bewegingen hebben dit oude afwateringssysteem gewijzigd (2)

De oost-west verlopende zandrug van Aalten naar Zelhem, hier de rug van Halle genoemd vormt een waterscheiding. Deze zandrug verhindert de afstroming van het open water naar het westen. De rug ontsluit een vlak en nat bekken, 'het Goor' genaamd. De beken en sloten lozen alle op de Zilverbeek, die tussen Harreveld en Lichtenvoorde door de zandrug breekt en verder westwaarts Veengoot genoemd wordt.

Een tweede min of meer zuid-noord lopende boogvormige rug wordt aangetroffen vanaf Halle naar Ruurlo. Deze wordt de rug van Zelhem genoemd. Oostelijk van deze rug wordt ook hier door verhindering van de afstroming in westelijke richting een vroeger moerasachtig gebied aangetroffen, namelijk het Wolfersveen. Door deze zandrug buigt de Veengoot en het ontwateringsstelsel van het Wolfersveen in noordelijke richting om en breekt ten zuiden van Ruurlo door de rug heen.

Ten westen van deze brede rug daalt het terrein enige meters waardoor wegzijging van regenwater plaats vindt in het westelijke deel van het Wolfersveen en op de brede flank van de zandrug. De grondwaterstroming is dus westwaarts, het oppervlaktewater noord-west gericht.

d. Detailontwatering

Ieder ontwateringssysteem dat wordt aangetroffen is een weerspiegeling van de gestelde eisen, de hulpwerktuigen en de kennis van het moment waarop de ontwatering is aangelegd en eventueel later is verbeterd. Het geeft dus in feite de ontwikkeling van deze factoren weer.

Zo treft men op het tertiaire plateau grotendeels het natuurlijke afwateringssysteem nog aan. Door de grotere helling stroomt het overtollige water snel af. Op de bredere en vlakkere ruggen en in de bredere dalen zijn kunstmatig sloten gegraven om de afvoer te versnellen. De slootdichtheid is door het bekenstelsel niet groot en bedraagt ongeveer 70 m/ha.

In de winter is het dunne zanddek spoedig verzadigd, maar in de zomer daalt de grondwaterspiegel door de continue afstroming langs de hellingen en door de verdamping vrij diep tot op de ondoorlatende laag. Hierdoor vallen de vele kleine leidingen droog (3). In het vlakke westelijke zandgebied wordt nog op veel plaatsen het oude ontwateringspatroon aangetroffen, zoals dat ten tijde van de ingebruikneming als cultuurgrond is aangebracht. In de natte gronden werden sloten gegraven zoals in het Goor. Niet alleen was de afwatering ervan door de zandrug bij Harreveld onvoldoende, doch het gebied heeft ook te maken met drangwater uit de westflank van het tertiaire plateau. De slootdichtheid bedraagt daar soms meer dan 200 m/ha. In het veel later ontgonnen gebiedje van het Zwarte Veen, gelegen ten westen van het Goor heeft men een slootdichtheid van 60 m/ha.

De oorzaak hiervan is een betere techniek van ontginnen, minder kwelwater en geen individuele ontginning. Toch is de grondwaterdiepte gelijk aan die van het Goor.

In het wat drogere Wolfersveen heeft men kunnen volstaan door bijna alle leidingen langs het rechthoekige weggennet te leggen. Het oostelijke deel langs de Veengoot heeft een slootdichtheid van ongeveer 100 m/ha, en naar de zandrug toe neemt de dichtheid af tot 70 m/ha. De drassigheid van het gebied in de winter ontstaat door de aanwezigheid van meer of minder leem, ondiep in het zandprofiel en instromen van water uit de Veengoot in de leidingen.

Het thans aanwezige slotennet houdt per gebied veelal verband

met de ontwateringseisen in de winter. Uit het onderzoek van FONCK (4) naar de samenhang tussen de huidige winterontwateringsdiepte en de slootdichtheid blijkt dan ook, dat bij de huidige gelijke grondwaterdiepte, van gebied tot gebied een grote spreiding aanwezig is van deze slootdichtheid.

Door de kortgeleden uitgevoerde verbeteringswerken aan beken, volgens de nieuwste inzichten zijn verschillende vroeger natte gronden in de regenrijke zomer van 1965 vrijgebleven van wateroverlast, zoals in de ruilverkavelingen Warnsveld, Dinxperlo, Beltrum, langs de Keijzersbeek en in het gebied van de Berkel (5).

In het centraalgelegen waterschap van de Baakse beek werden na 1955 de hoofdleidingen en plaatselijk de secundaire leidingen verdiept en vergroot onder andere in de ruilverkaveling Zieuwent-Harreveld.

e. Kwel en wegzijgingsgebieden

Kwel wordt veelal aangetroffen aan de voet van een uitgestrekt hogergelegen terrein, dat als grondwaterreservoir dienst doet, zoals aan de voet van het tertiaire plateau en langs de westzijde van de rug Zelhem-Hengelo-Ruurlo. De daar aanwezige wat diepere sloten en beken voeren in droge zomers steeds water af (6).

Wegzijgingsgebieden zijn onder andere te herkennen door de afwezigheid van sloten. Deze komen voor in het westelijk deel van het Wolfersveen. De infiltratie kan gemeten worden door het peilverschil in een ondiepe peilbuis en een diepe buis. Bij lage IJsselstanden treedt in een brede strook langs de IJssel ook wegzijging op. Bij hoge rivierstanden wordt de natuurlijke afvoer belemmerd en moeten gemalen te hulp komen om het overtollige water te lozen.

In de streek tussen Zelhem-Slangenburg-Westendorp-Sinderen-Dinxperlo is de terreinhelling vrij groot en vindt wegzijging van het oppervlaktewater plaats via de ondergrond naar de diepgelegen Oude IJssel en A-strang. Ook deze gronden hebben een geringe dichtheid van het slotennet.

f. Onderhoud van leidingen

In de Achterhoek liggen de volgende waterschappen:

- . Het waterschap van 'de Berkel' in het noorden met de Berkel als hoofdrivier en de Groenlose Slinge en Leerinkbeek als voornaamste zijbeken.
- . Het waterschap de 'Oude IJssel' ligt in het zuid-oosten, met als hoofdrivier de Oude IJssel en A-strang en de zijbeken als Keijzersbeek en Aaltense Slinge.
- . Het waterschap 'IJssellanden' in de westhoek gelegen tussen de IJssel, Oude IJssel en de lijn Steenderen-Zelhem-Doetinchem. De voornaamste leiding is de Grote- of Rode beek.
- . Het waterschap 'de Baakse beek' omvat het grote middengebied dat bijna al het overtollige water via de Baakse beek en de Veengoot naar de IJssel afvoert.

Doordat veel leidingen niet meer aan de huidige ontwateringseisen voldeden, zijn de laatste jaren veel verbeteringswerken uitgevoerd. Het onderhoud dat vroeger alleen in handkracht werd gedaan, ondergaat ook een evolutie in de richting van de mechanische of de chemische onkruidbestrijding of in een combinatie van beide methoden. Een overzicht hiervan werd door FONCK (7) gegeven, met een kostenvergelijking.

Het waterschap 'de Berkel' is sterk gespecialiseerd in de mechanische methode. De IJssellanden is sterk op de chemische reiniging ingesteld. Beide methoden worden in het waterschap de Oude IJssel toegepast, terwijl in het waterschap van de Baakse beek, mede door de uitvoering van een groot aantal verbeteringswerken het onderhoud door handkracht sterk zal afnemen.

g. Wateroverlast

Uit de beschrijving van de detailontwatering is gebleken, dat in natte jaren op veel plaatsen wateroverlast werd ondervonden. Deze treedt vooral op in kwelgebieden, op de vlakke ruggen en dalen in het tertiaire gebied en in brede vlakke dalen in het zandgebied bovenstrooms van de doorsnijding van de beek door een zandrug. De voornaam-

ste plekken waren in de Baakse beek ten oosten van Vorden en bij Ruurlo, langs de Veengoot bij Harreveld, langs de Grote beek ten noorden van Doetinchem, in het Schaarsbeekdal bij Breedevoort, langs de Groenlose Slinge ten westen van Groenlo (fig. 3) en bij Aalten langs de Aaltense Slinge en langs de Keiaersbeek. De meeste van deze genoemde gebieden zijn door de beekverbeteringen gevrijwaard tegen wateroverlast. Ook op de hoge gronden tussen de beken in kwam door verschillende oorzaken wateroverlast voor. Deze kunnen zijn: een achterstallig slootonderhoud, te kleine leidingen en de grote afstanden tussen de beken als drainageleidingen. Door de laatste oorzaak loopt het grondwater in perioden met langdurige regen zoals in 1965 sterk op en wordt niet of spaarzaam in de weinig aanwezige sloten afgevoerd.

Door het geringe bergend vermogen van de, met een vrij dun zanddek bedekte tertiaire gronden zal spoedig wateroverlast op gaan treden. De wateroverlast in het tertiaire gebied is door de grote afvoercapaciteit van de sterk hellende beken, kortstondig van duur. Dit kan niet gezegd worden van het vrij vlakke zandgebied. Het langdurige en hoge afvoerpeil van de hoofdbeken en sloten wordt onder andere veroorzaakt door de geringe helling en te kleine profielen.

Door de grote grondwaterstijgingen in het vrij vlakke zandgebied duurt het daardoor vaak dagen voordat de volgelopen gronden weer redelijk zijn ontwaterd.

h. Verdrogingsverschijnselen

Ondanks de overmaat aan water in de winter, treden in de zomer in grote delen van de Achterhoek verdrogingsverschijnselen op. Het sterkst komt dit tot uiting in en om de vermelde zandruggen. Op de droogste gronden komt dan ook grove dennenbossen voor. Volgens de beoordeling van REUTER en KOUWE (8) is ongeveer 12 % van het gras- en bouwland verdrogend (meer dan 20 % oogstdepressie) en 24 % droogtegevoelig (10-20 % oogstdepressie). Vele van de 57 % goede gronden behoren eigenlijk tot de wisselvochtige gronden die of te nat of spoedig te droog zijn, als gevolg van de grote grondwaterfluctuaties.

Verdrogend grasland komt langs de IJssel voor door de diepe zomer

grondwaterstanden. Verdrogend bouwland wordt op de zandrug Hengelo-Zelhem-Gaanderen aangetroffen, op de hoge gronden bij Aalten en tussen Aalten en Dinxperlo. Deze gronden liggen alle in wegzijgingsgebieden.

Vele droogtegevoelige gronden zullen door de dieper wordende ontwatering als gevolg van de beekregulering, ondanks de stuwen de kans lopen te verdrogen. Het water in de gestuwde panden zal in de grovere zandondergrond inzijgen en met de algehele stroomrichting naar de omringende rivieren afstromen.

Voordat de beekverbeteringswerken werden uitgevoerd stonden grote delen van de Baakse beek en de Veengoot bijna iedere zomer droog, evenals de beken die uit het centrale zandplateau ontspringen, zoals de bovenlopen van de Grote beek, de Hengelose beek, de Kloosterlaak en Lindense laak.

III. HET AFVOERONDERZOEK

A. Algemeen

a. Meetpunten, meetmethoden en meetfrequentie

Het afvoeronderzoek dat door het ICW werd uitgevoerd heeft plaatsgevonden in de waterschappen van de Baakse beek, de IJssellanden (Grote beek en Kleine beek), de Oude IJssel (Keijzerbeek en bovenlopen van de Aaltense Slinge) en in het waterschap de Berkel (Groenlose Slinge met zijbeken). Langs de grote rivieren werden afvoermetingen verricht door de Provinciale waterstaat, Het Leerinkbeek onderzoek is door de Rijkswaterstaat verricht onder leiding van COLENBRANDER (1).

Bij het kiezen van een meetpunt werd vooral gelet op een zo constant mogelijk dwarsprofiel in de leiding, het gemakkelijk bereikbaar zijn van het meetpunt en het bekend zijn van het afstromende oppervlak. Soms moest een meetpunt verworpen worden omdat bij hoog peil water via een koppelleiding uit het stroomgebied verdween, of uit een ander stroomgebied toestroomde.

Op de kaart (fig. 1) staan de meetpunten van het ICW met de bij-

behorende stroomgebieden aangegeven. Ook een viertal meetpunten van het Leerinkbeekgebied staan erop aangegeven.

Bij afwezigheid van stuwen, met uitzondering van die in de Meibeek (G8), in de Hengelose beek (H1) en in de Grote en Kleine beek werden de stroomsnelheden gemeten met de vleugelmolen van Ott. Gecombineerd met profielmetingen om de gemeten stroomsnelheden om te rekenen tot afvoeren. Bij de stuwen werd de afvoer berekend uit de gemeten overstorthoogte bij de kruin en de breedte van de stuwopening. Tevens werd het beekpeil bij iedere meting gemeten om het verband tussen afvoer- en waterhoogte van het betreffende beekpeil vast te leggen. Op zes plaatsen werden de peilen met schrijvers continu geregistreerd en op een drietal meetpunten werd de waterhoogte dagelijks van een peilschaal afgelezen.

De eerste metingen vonden plaats in november 1964 en duurden tot het voorjaar 1967. Op alle punten werden incidentele afvoermetingen verricht met een wisselende frequentie. Dit hing af van de weersgesteldheid (na veel of weinig regen, hoog of laag water). In de natte jaren 1965 en 1966 werden veel metingen uitgevoerd om een betrouwbaar verband te krijgen tussen de waterhoogte (h) en de afvoerhoeveelheid (Q), zowel voor hoge als lage afvoeren, in de winter en in de zomer.

Door de beekpeilen en de afvoeren van op eenzelfde dag gemeten aantal beken uit te zetten tegen die van een andere beek (hoofdmeetpunt) en dit veelvuldig te herhalen van lage tot hoge afvoeren, krijgen men het verband tussen de beekpeilen en de afvoeren van de diverse meetpunten en het hoofdmeetpunt (fig. 4).

Door de grote afstanden tussen de meetpunten was het niet mogelijk om op eenzelfde dag al de meetpunten door te meten. Op iedere dag werden enkele hoofdpunten meegenomen, die dan als referentiepunten kunnen dienen. Als hoofdmeetpunt wordt het meetpunt gekozen waar een peilschrijver was geplaatst. Hierdoor was het mogelijk de peilverandering die tussen twee metingen plaats vond naderhand te kunnen overdragen op de andere meetpunten.

b. Afvoerbepaling uit peilaflezingen

Uit afvoermetingen bij begroeide leidingen kon de invloed van de begroeiing op de peilverhoging ten opzichte van de schone leiding worden bepaald (fig. 5). Niet alleen kon de seizoeninvloed van de begroeiing op het beekpeil worden vastgelegd, maar ook die van een afvoergolf op de begroeiing en daardoor ook op het slootpeil (9).

Worden afvoerbepalingen uitsluitend gebaseerd op peilaflezingen en uit het Q-h verband voor schone leidingen, dan kunnen die aanzienlijke afwijken geven van de werkelijk gemeten afvoer als gevolg van de begroeiing. Bij lage afvoeren kunnen fouten van meer dan 400 % voorkomen (10).

De begroeiing geeft aanleiding tot grotere stromingsweerstand. Deze worden uitgedrukt in de reciproke waarde van de weerstand, namelijk de k_M -factor, of de wandruweheidsfactor van Manning ($m^{1/3}/\text{sec}$) zie fig. 5.

Uit de aard van de weerstanden zoals de begroeiingshoogte en -dichtheid, bodemobstakels, waterdiepte en gemiddelde stroomsnelheid werd een taxatiemethode uitgewerkt om de k_M -waarde zowel voor grote als kleine leidingen binnen nauwe grenzen te benaderen (11).

Van iedere zes weerstandsmogelijkheden wordt een aantal punten gegeven en het gemiddelde geeft de onderhoudsklasse van het leidingstuk aan (fig. 6).

Volgens experimentele weg is een verband gevonden tussen deze weerstandsklassen en de stroomsnelheid waardoor de k_M -waarde uit een grafiek is af te lezen.

c. Hoge en minimum afvoeren

Door de voor het onderzoek gelukkige omstandigheid dat de zomer 1965 en de winters 1965 en 1966 extreem nat waren, werden hoge zomer en winterafvoeren gemeten. Als voorbeelden zijn van enkele meetpunten de juni-afvoer en de december-afvoer van 1965 gegeven.

Tabel 1. De zomer- en winterafvoeren van enkele meetpunten in 1965 van de Achterhoek

Meetpunt	Afvoer l/sec.ha		Meetpunt	Afvoer l/sec.ha	
	juni	december		juni	december
VI	1,63	1,52	H1	0,16	0,85
V4	0,74	0,81	K3	0,98	0,76
B4	0,62	0,69	G5	1,96	2,66
			13	1,38	2,13

Het onderlinge verband tussen de peilen en de afvoeren van de beken kan door de vele metingen worden vastgesteld zoals onder Aa is vermeld en door fig. 4 is weergegeven. Zijn geen afvoermetingen verricht, doch wel peilen gemeten, dan is het mogelijk via de registratiestroken van de registrerende meters de afvoer die bij het gemeten peil behoort te berekenen (12 en 13).

Uit het onderzoek is gebleken dat de hoge afvoeren in het westelijke zandgebied sterk afhankelijk waren van de langdurige verhoging van het grondwaterpeil en in het tertiaire gebied meer bepaald werden door de regenintensiteit. De topafvoeren van ieder afzonderlijk stroomgebied, uitgedrukt in l/sec.ha staan in fig. 1 aangegeven.

d. Oorzaken van het verschil in afvoer

De waargenomen verschillen in afvoeren worden door de topografie en de geologische opbouw van het gebied veroorzaakt.

Door het dunne zanddek op het tertiaire plateau is de bergingscapaciteit klein. Mede door de sterkere helling wordt het water snel afgevoerd. Dit heeft hoge afvoerfactoren tot gevolg die na een bui zeer snel afnemen. Hierdoor is het voorgekomen, dat in de zomer 1965 door intensievere buien hogere afvoeren van beken uit het tertiaire gebied werden gemeten, dan in december 1965 toen de buien kleiner en regelmatiger waren.

In de zandgebieden die weinig helling hebben is in normale zomers

de bergingscapaciteit groot. In 1965 nam deze door de herfst- en winterregens snel af door de grondwaterstijging. Na zware regens trad oppervlaktebergings op, vooral op de brede vlakke gronden tussen de beken en in de beekdalen. Door de grote afstanden tussen de beken en de geringe helling, wordt de afvoer naar de beek sterk vertraagd en de basisafvoer blijft daardoor geruime tijd hoog. Het langzaam leeglopen van een dergelijk vlak nat zandgebied is te vergelijken met een afvoer uit een moerasgebied of stuwmeer met geringe overlaat. De 'hoge' afvoeren uit het zandgebied, gemeten onder natte omstandigheden, waren in somme stroomgebieden laag (zie fig. 1).

Hoge afvoeren van meer dan 1 l/sec.ha werden dan ook alleen gemeten in kleine stroomgebieden in de kwelzone langs de Grote Beek bij Hummelo 1,34 l/sec.ha en 1,21 l/sec.ha (meetpunt Y1a en Y1), bij de Kleine beek 1,76 l/sec.ha (Y4) en bij de Kloosterlaak 1,03 l/sec.ha (H3). Lage afvoerfactoren kwamen voor in wegzijgingsgebieden zoals bij de Dunsborger of Hengelose beek (H2) 0,53 l/sec.ha en in het benedenstuk van de Keijzersbeek (K1) 0,36 l/sec.ha.

Naar de drie diepgelegen omringende grote rivieren heeft continu een grondwaterstroom naar deze rivieren plaats vanuit het zandgebied. Hierdoor daalt het grondwater in de zomer. Deze daling wordt nog versterkt door het verdampingsoverschot in de normale zomer.

e. De slootdichtheid

Zoals reeds in hoofdstuk II d, detailontwatering, reeds werd vermeld, kan de slootdichtheid een afspiegeling zijn van het bergend vermogen. De van nature diepontwaterde gronden hebben geen of weinig sloten. Afhankelijk van het ontginningstijdstip en de kennis die men toen bezat om terreinen te ontwateren zijn in de loop der tijden meer of minder sloten gegraven. In sommige gebieden werden bij latere verbeteringen aan de ontwateringstoestand weer nieuwe en diepere sloten gegraven zonder dat de overbodige ondiepere leidingen werden gedicht. Hierdoor ontstond weliswaar een redelijke ontwatering, zonder dat de percelen werden vergroot (7). In de jongere ruilverkavelingen en in de nieuwe polders gaat men uit van grotere percelen met of zonder drainage, waardoor men bij eenzelfde ontwateringsdiepte met minder

slootlengte per ha toe kan.

B. Analyse van de afvoer

a. Afvoerverhoudingen

Om van een groot gebied binnen enkele jaren, met weinig mankracht en kosten, enigszins een betrouwbare indruk te krijgen van de grootte van de afvoeren onder bepaalde klimatologische omstandigheden, werd gebruik gemaakt van de methode van afvoerverhoudingen (13). Deze methode berust op hetzelfde principe als die welke gebruikt wordt voor het maken van grondwaterfluctuatiediagrammen. Het een en ander staat reeds aangegeven onder hoofdstuk Aa en Ac.

In het grote onderzoeksgebied was een aantal afvoerm Meetpunten zodanig gekozen dat het afstromende oppervlakte dat bij ieder meetpunt behoorde bekend was. Hierdoor was grote differentiatie naar gebiedsgrootte en afvoer en naar de morfologie en geologische opbouw aanwezig. Door gebruik te maken van registrerende peilmeters, die als referentiepunten kunnen worden gebruikt voor de andere meetpunten waar incidenteel wordt gemeten, kon het verloop van een afvoergolf op andere punten worden benaderd.

Door de op een bepaalde meetdag waargenomen peilen tegen die van een referentie meetpunt uit te zetten, wordt het onderlinge verband tussen de peilen vastgelegd van hoge tot lage eventueel na correctie voor de begroeiingstoestand. Daar van alle meetpunten ook het Q-h verband is bepaald gedurende het onderzoek, is het mogelijk de peilverhoudingen om te zetten in afvoerverhoudingen (zie fig. 4).

Uit de gevonden afvoerverhoudingslijnen is op te maken, dat deze geen rechte zijn. Krommingen in de lijnen duiden op hydrologische verschillen van de afzonderlijke stroomgebieden ten opzichte van het referentie meetpunt. Inundatie of wegzijging wijzen op een grote bergingscapaciteit en komen tot uiting in een vlakker verloop van de lijn bij hogere afvoeren van het referentie meetpunt. Steile lijnstukken duiden op een snelle afvoer of kleinere bergingscapaciteit.

De aard van het gebied die tot uiting komt in de afvoer, kan van karakter veranderen. Zo kan een wegzijgingsgebied na langdurige regens

zodanig met water verzadigd worden, dat het als een snel afvoerend stroomgebied gaat reageren. Ook het omgekeerde kan plaatsvinden. Een vrij vlak graslandgebied met een vrij ondiepe grondwaterstand in de beginfase zal eerst snel op de neerslag reageren, doch na langdurige regens zullen de optredende inundaties groter worden waardoor de toenemende afvoer wordt afgeremd.

b. Frequentie van afvoeren

Wil men beekverbeteringen uitvoeren, dan dient men over afvoernormen te beschikken die op afvoerfrequenties berusten. Om deze te kunnen maken dient men minstens over 15 à 20 jaar waarnemingsmateriaal te beschikken. Het extrapoleren van frequentielijnen is zeer risikant, daar veelal niet bekend is hoe een stroomgebied bij een grotere of langduriger neerslag, dan tijdens de waarnemingen is geconstateerd, gaat reageren.

Ook de gekozen tijdvaklengte kan van invloed zijn op de frequentielijn. Extreme neerslaghoeveelheden die bijvoorbeeld eens in de 300 jaar zouden optreden, kunnen zeer goed binnen de relatief korte waarnemingsperiode van 15 à 20 jaar, één of meerdere keren zijn voorgekomen. Tevens moet bekend zijn dat in de waarnemingsperiode geen veranderingen zijn opgetreden in de leiding of in het stroomgebied zoals: aanslibbingen, verbreding en verdieping van de leiding of dat het slotennet is uitgebreid of vernieuwd, of woeste grond is ontgonnen.

Vanaf 1955 zijn door de Rijkswaterstaat in de Baakse Beek bij 'de Wierse' peilwaarnemingen verricht en is een aantal ijkingsafvoeren gemeten. Uit de peilstanden zijn frequentiecurven gemaakt van de afvoeren over verschillende tijdvakken en perioden die ieder voor zich andere uitkomsten geven. In de korte tijd dat het ICW van hetzelfde meetpunt afvoergegevens verzamelde, moest de Q-h lijn enkele maken worden bijgewerkt, doordat uitschuring, aanslibbing en bodembegroeiing had plaatsgevonden. Na het uitdiepen van de beek in oktober 1965 werd de hoogste dagafvoer door de Rijkswaterstaat berekend op $7,2 \text{ m}^3/\text{sec}$ terwijl het ICW $6,0 \text{ m}^3/\text{sec}$ had gemeten.

Met de door de Rijkswaterstaat verstrekte dagafvoergegevens, van de Baakse beek die uit peilaflezingen zijn berekend, heeft FONCK (14)

afvoerfrequenties berekend en in grafieken vastgelegd over verschillende tijdvaklengten, variërend van 1 tot 180 dagen en verdeeld over de maanden van het jaar. Uit de berekeningen volgde onder andere dat de overschrijdingskansen van de afvoersommen van de k-daagse tijdvakken in 1965 als volgt waren:

Tabel 2. Overschrijdingskans van de maximale afvoer in juni en december 1965 bij verschillende tijdvaklengten

Overschrijdingskans van de maximale afvoer				
	k = 1 dag	k = 3 dagen	k = 10 dagen	k = 30 dagen
juli '65	1 x/10 000 jr	1 x/10 000 jr	1 x/3333 jr	1 x/100 jr
dec. '65	1 x/10 000 jr	1 x/10 000 jr	1 x/1000 jr	1 x/167 jr

Dergelijke overschrijdingskansen geven wel aan dat het jaar 1965 bijzonder nat was. De berekeningen van FONCK waren een aansluiting op de berekeningen van SNIJDERS (15) betreffende de neerslagfrequenties van het regenstation Winterswijk. Een serie figuren werd vervaardigd met vier variabelen: de neerslag, de kans, de maand en de tijdvaklengte.

In onderstaande tabel 3 is een overzicht gegeven van de uit de verzamelde figuren afgeleide frequentie, waarmee de neerslag van 1965 in een 30-daagse periode zou voorkomen in de maanden april, juni en december.

Tabel 3. Overschrijdingskans van de neerslagsommen te Winterswijk als in 1965 in 30-daagse tijdvakken

Tijdvak	Neerslag mm	Kans %	Frequentie van voorkomen
april	116,6	2,2	1 x per 45 jaar
juni	146,-	4,-	1 x per 25 jaar
december	184,-	0,38	1 x per 260 jaar

De in de zomer van 1965 opgetreden situatie van hoge grondwaterstanden en afvoeren werd veroorzaakt doordat in april weliswaar niet de grootste neerslag is gevallen, maar dat die neerslag van 116,6 mm voor april met 2,2 % kans van overschrijden voor april neerslagen wel zeer gering was. Hierdoor werd in het voorjaar de grondslag gelegd voor de wateroverlast die zich later zou voordoen. Normaal zakt het grondwater in april diep weg, doch steeg in dat jaar aanzienlijk door de regens. Door de vele regens van mei kon, ondanks de grotere verdamping in die maand, het grondwater niet tot een redelijke diepte dalen waardoor de regen van juni aanleiding gaf tot grote inundaties.

c. Afvoerberekeningen uit grondwaterstandsanalyses

Een geheel andere wijze om de maatgevende afvoer te berekenen is door BLOEMEN (16 en 17) ontwikkeld, zonder dat hierbij afvoermetingen worden verricht. De maatgevende afvoer zowel als de bijbehorende drooglegging, kan worden berekend als een functie van het neerslagoverschot, het bergend vermogen, de doorlatendheid van de grond en van de hydrologische ontsluiting van het gebied. De grondwaterstandsanalyse steunt in belangrijke mate op de samenhang die bestaat tussen de in gegeven perioden optredende neerslagsaldo's en de grondwaterstandsveranderingen. Met de open waterverdamping kan dan de vochtvoorraadsverandering in het profiel worden bepaald uit de grondwaterstandsveranderingen.

Afvoernormen kunnen worden berekend door de hoogst toelaatbare grondwaterstand en de frequentie waarmee deze mag worden overschreden als eis van het gewas te definiëren.

Voor elke willekeurige herhalingstijd kan de samenhang tussen de tijdvaklengte en de neerslagsom grafisch worden weergegeven. De verkregen krommen worden door BLOEMEN regenduurlijnen genoemd (fig. 7). Er bestaat een verband tussen de gemiddelde dagafvoeren en de drooglegging, daar de drooglegging bij een hydrologische ontsluiting gecorreleerd is met de bergingscapaciteit. Hierdoor kan uit de gegeven regenduurlijn de samenhang worden afgeleid tussen de maatgevende afvoer en de drooglegging. Deze samenhang wordt de afgeleide van de regenduurlijn genoemd en is van het type zoals is weergegeven.

De berekening blijft beperkt tot situaties waarin hoofdzakelijk grondwaterafvoer optreedt en kan dus niet worden toegepast in gebieden waar oppervlakte-afvoer voorkomt, die niet het gevolg is van inundatie door stijging van het grondwater tot aan het maaiveld. Er is van uitgegaan dat de neerslag ten goede komt aan de grondwaterstijging en bij oppervlakte-afvoer komt slechts een deel van de neerslag voor de grondwaterstijging ten goede.

d. Kwel en wegzijgingsbepalingen

Voor de onttrekking van drinkwater aan de diepere ondergrond werd een uitvoerig boorprogramma uitgewerkt om na te gaan waar de mogelijkheid zich voordoet om dit water te onttrekken.

Van deze boringen is een uitvoerig verslag verschenen van DE RIDDER (18) waarin de geologische opbouw en de dikte van het watervoerend pakket in kaarten staan afgebeeld. Bouwend op dit feitenmateriaal is door ERNST, DE RIDDER en DE VRIES (19) onderzocht op welke plaatsen kwel, dan wel inzijging in de ondergrond plaats vindt en hoe groot deze zijn. Hierbij werd naast de gegevens van de diepboringen gebruik gemaakt van grondwaterstandsverschillen van het diepe en ondiepe water, kD-waarden en pompproeven.

Op de kaart werd een vierkantennet geprojecteerd waarna de toegenomen afstroming van ieder vierkant werd berekend. Hieruit werd een overzicht verkregen van de gebieden met een positieve of negatieve toestroming (fig. 8). Op veel plekken stemmen de kwel en inzijgingsgebieden overeen met die in landbouwkundige of waterstaatkundige zin, zoals aan de voet van het tertiaire plateau en langs de zandrug Zelhem-Hengelo. Op andere plekken waar een sterke toestroming in de ondergrond werd berekend, vindt aan de oppervlakte wegzijging en plaatselijk verdroging plaats zoals langs de Oude IJssel, ter hoogte van Silvolde tot de Keijzersbeek en langs de IJssel (vergelijk de opmerkingen bij verdrogingsverschijnselen onder II e enz.). Voor de ondergrond kon een sterke grondwaterstroom en een grote kD-factor worden geconstateerd, terwijl in de bovengrond wegzijging plaats vindt naar de diep ingesneden rivierdalen. De grove samenstelling van de diepere ondergrond en oude rivierdalen spelen hierbij een rol.

e. Minimum afvoer

Voor de toekomstige wateronttrekking in de Achterhoek is het van belang te weten of de beken en sloten in droge tijden waterafvoeren dat gebruikt kan worden voor de aanvulling van het weggepompte water uit de ondergrond. Juist in droge tijden is door de grote verdamping de diepte van het grondwater beneden maaiveld van belang voor de landbouw. In de zomer is ook het drinkwaterverbruik groter dan in de winter.

Zoals reeds is vermeld onder Bb heeft FONCK (14) behalve afvoerfrequenties van de Baakse beek, ook de frequenties gemaakt van de neerslag minus afvoer over verschillende tijdvaklengten en maanden. Uit deze figuren kan worden afgelezen welk deel van de neerslag tijdelijk in de grond geborgen wordt of wordt verdampt.

Tabel 4 geeft een indruk van de door FONCK berekende overschrijdingskansen van de afvoer voor 1 dag, zoals die in het natte jaar 1965 zich heeft voorgedaan. In deze tabel valt het op, dat de kans op maximaal optreden van afvoeren, zoals in 1965 eigenlijk in alle gevallen groot is.

Tabel 4. Overschrijdingskansen van de afvoersommen als in 1965
k-daagse tijdvakken (k = 1 dag) van de Baakse beek

Tijdvak maand	Afvoer in mm/dag		Maximale afvoer		Minimale afvoer	
	max.	min.	overschr. %	1 x per jaar	overschr. %	1 x per jaar
J	5,46	0,99	2,5	40 j	60,-	1 j + 8 m
F	1,28	0,52	50,-	2 j	83,-	1 j + 3 m
M	1,57	0,29	29,-	3 j + 6 m	87,-	1 j + 2 m
A	3,37	0,05	1,-	100 j	98,1	1 j
M	2,56	0,52	0,5	200 j	14,-	7 j + 2 m
J	3,31	0,29	0,01	10 000 j	26,-	3 j + 11 m
J	2,56	0,06	0,01	10 000 j	62,-	1 j + 7 m
A	1,98	0,52	0,2	500 j	16,-	6 j + 4 m
S	2,44	0,76	0,2	500 j	16,-	6 j + 4 m
O	1,28	0,23	17,-	6 j	55,-	1 j + 1 m
N	7,49	0,05	0,02	5 000 j	85,-	1 j + 3 m
D	8,31	1,63	0,01	10 000 j	37,-	2 j + 9 m

Uit de tabel blijkt dat de minimum afvoeren van april, juli en oktober van respectievelijk 0,05; 0,06 en 0,05 mm per dag regelmatig voorkomen.

Met dezelfde basisgegevens als waarmee FONCK gewerkt heeft, namelijk de neerslag van het station Winterswijk, de 10-daagse verdamping gegevens van het KNMI en de afvoergegevens van de Baakse beek, werd door BON (20) een andere methode uitgewerkt. Door de berekende maandafvoeren grafisch uit te zetten tegen de maandsommen van de neerslag minus de open waterverdamping krijgt men een stippenzwerm die begrensd wordt door een rechte bij een waarde van $N - E_0 > 0$ mm en die de $N - E_0$ lijn snijdt bij een waarde $N - E_0 = -31$ mm. Dit wil zeggen dat de beek praktisch geen afvoer heeft gedurende die maand bij een verdampingoverschot van 31 mm. Afhankelijk van het regenpatroon bleek de beek bijna ieder jaar geen afvoer te hebben gedurende twee tot zes maanden

IV. LANDBOUWKUNDIGE EISEN

Uit de hoofdstukken II g en h werd gewezen op gebieden met wateroverlast in de winter en verdroging in de zomer. Deze verschijnselen zijn deels te verklaren uit de topografische ligging van de percelen, en uit de profielopbouw van de grond. De voornaamste landbouwkundige eis heeft betrekking op de grondwaterdiepte in het groeiseizoen en tijdens de oogst die voor grasland anders is dan voor bouwland.

Brede vlakke dalen en komvormige laagten zullen indien geen wegzijging plaats vindt, door de geringe verhangen in de veelal kleine leidingen, bij grote neerslag de kans lopen op wateroverlast. De doorlatendheid van het grondprofiel moet niet gestoord worden door fijne lemige laagjes of door een dichte fijnzandige ondergrond, daar deze aanleiding kunnen geven tot dras staan van de akker door een te geringe doorlatendheid.

a. Infiltratiemetingen

Infiltratiemetingen werden door FONCK (21) uitgevoerd zowel op bouwland als op graslandpercelen. In 50 % van de waarnemingen van graslandpercelen was de doorlatendheid in de bovengrond kleiner dan 1 cm/dag en werd na een uur inundatie wat groter. In grasland ontginningsgronden bleef in 50 % van de waarnemingen de doorlatendheid gelijk en bedroeg 3 cm/dag.

b. Inundatie proeven

De invloed van inundatie op grasland tijdens de vegetatieperiode werd door BAKKER (22) onderzocht met behulp van potproeven. Aange- toond werd dat een toenemende waterdiepte, hogere temperaturen en een langere inundatietijd de grasproduktie snel afnam. Deze afname van de produktie werd niet alleen veroorzaakt door het afsterven van het grasbestand, doch ook door bodemprocessen zoals de nitrificatie en anaerobe omzettingen.

c. Landbouw schadeberekening

Met behulp van de landbouw voorlichtingsdienst heeft SNIJDERS (5) een overzichtskaart van de Achterhoek vervaardigd, waarop de ge- bieden staan aangegeven waar in 1965 schade aan het grasland was op- getreden door wateroverlast als gevolg van de zware zomerregens (fig. 9). Deze schade werd berekend als extra kosten die de veehouder moest maken. Deze kunnen zijn: extra kosten voor krachtvoer, inscha- ringskosten van vee naar hogere gronden, extra kunstmest om het gras- bestand op peil te brengen en inkoop van zaaizaad. Ook verliezen door afstoting van melkvee en een verminderde melkproduktie werden op re- kening van de wateroverlast geboekt. Het onderzoek heeft plaatsgevon- den aan de hand van ca. 50 bedrijven. De totale schade in de Graaf- schap waarbij de uiterwaarden meegerekend zijn, bedroef f 424 500,- over 625 ha of een vermindering van het inkomen van f 6,80 per ha geïnundeerd grasland.

V. INVLOED VAN POMPSTATIONS

Wanneer de behoefte aan goed drinkwater in de toekomst sterk wordt uitgebreid, zal men een keuze dienen te maken tussen winning van grond- en oppervlaktewater. Hierbij zullen de kosten van de waterwinning, de schade als gevolg van de grondwaterverlaging die aan de landbouw betaald dienen te worden. De zuiveringsmethoden, de wijze van waterwinning (geconcentreerd of verspreid) de verandering in het afvoerpatroon van de beken, het maken van spaarbekkens, infiltratie van gezuiverd rioolwater enz. zullen in beschouwing moeten worden genomen.

Aan de hand van de geologische profielbeschrijvingen werden door DE VRIES (23) kD-waarden geschat en getest aan een 24-tal pompproeven. Bij een aanname van een toekomstige wateronttrekking van $90 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ voor het westelijke deel van de Achterhoek, waarbij een maximale grondwaterstandsaling op gaat treden van 75 cm in de zomer, zal de oogstderving ongeveer 15 à 20 % bedragen of voor een gemiddeld bedrijf ongeveer f 200,-/ha. Ook is uit deze onderzoeken gebleken, dat een groot aantal kleinere pompstations het nadeel hebben in een grotere oppervlakte het grondwater te laten dalen dan met een geconcentreerde grondwateronttrekking.

Uit een van de pompproeven die bij Baak zijn uitgevoerd, werd de kD-waarde bepaald en vergeleken met de berekende waarden uit de granulair samenstelling van de grondmonster. Met inachtneming van de winter en zomerafvoeren van de omringende beken om het toekomstige pompstation, werd de invloedssfeer bij een onttrekking van $3 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ berekend (24). Voor een normaal jaar reikte de invloedssfeer tot een 750 m buiten de watervoerende beken. De straal van de onttrekkingsellips zou dan 1,5 tot 2,5 km bedragen. Voor zeer droge zomers, wanneer de beken geen water afvoeren zou deze straal ruim 5 km bedragen.

Uit de onderzoeken van ERNST, DE RIDDER en DE VRIES (1970, (19)) naar de samenstelling van het diepe en freatisch grondwater en de temperatuurgradiënten kon de herkomst van het water worden nagegaan. Bepaald kon worden of er inzijing of kwel plaats vond en hoe groot de potentiaalverschillen zijn tussen het diepe en freatisch water. Met inachtneming van de berekende kD-waarden, de neerslag de beekaf-

voer en de verdamping werd een kaart samengesteld waar en hoe groot de kwel of wegzijging bedraagt (fig. 9 hoofdstuk II Bd).

De werkelijke invloed van het bestaande pompstation te Olden Eibergen op de grondwateronttrekking werd door SNIJDERS (25) onderzocht. Nagegaan werd hoe groot de opbrengstverliezen voor de landbouw waren als gevolg van deze onttrekking. Zowel de voordelen voor sommige percelen als de nadelen zoals respectievelijk een beter ontwaterd grasland of hogere opbrengsten door meer rendabele gewassen, als verdroging werden in de berekening betrokken. Uitgegaan werd van de grondwaterdiepte die aanwezig was voor het pompstation in werking trad (fig. 10). Deze werd vergeleken met die welke is ontstaan door de waterwinning, waarbij rekening gehouden werd met het bodemprofiel en de vochthoudendheid ervan. Met behulp van de vochttrappen zoals de Stiboka die hanteert kon per bodemprofiel de oogstderving worden bepaald bij een onttrekking van $1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ en bij $3,10^6 \text{ m}^3/\text{j}$.

Sommige bodemprofielen ondergaan praktisch geen oogstderving door de wateronttrekking, doordat ze al te hoog boven het grondwater lagen of dat zoals bij sommige esgronden de vochthoudendheid zeer groot is. Natte gronden kunnen door de grondwaterverlaging een hogere opbrengst geven.

Vanuit het onttrekkingspunt werden een negental concentrische ringen gedacht van 250 m breedte. Van elke ring werd per profieltype de oogstdepressie of vermeerdering berekend voor een onttrekking van 1,5 en $3,10^6 \text{ m}^3/\text{j}$ en de uitkomsten vergeleken met die van voor de wateronttrekking. De uitkomsten van de gemiddelde schade van deze negen ringen zijn in onderstaande tabel samengevat.

Tabel 5. Gemiddelde schadeberekening bij een wateronttrekking van $1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$ en van $3 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$ over 9 ringen van 250 m breedte

	Onttrekking van $1\ 500\ 000 \text{ m}^3/\text{jaar}$		Onttrekking van $3\ 000\ 000 \text{ m}^3/\text{jaar}$	
1. gem. inkomen/ha	f	801,84	f	763,12
2. aantal ha (9 ringen)		1 591 ha (2 377 ha) ^x		1 591 ha (2 829 ha) ^x
3. totaal inkomen	-	1 275 735,-	-	1 214 125,-
4. id. bij onttrekking = 0	-	1 397 010,- (f 1 525 279,-)	-	1 397 010,- (f 1 609 825,-)
5. gemid. schade	-	121 275,- (- 128 269,-)	-	182 885,- (- 212 815,-)
6. schade/ha	-	7 623,- (- 54,-)	-	114,95 (- 75,-)
7. inkomensdepressie %		8,6 (6,-)		13,5 (8,5)

^xUitgegaan was van een oppervlakte van 9 ringen ofwel van 1591 ha

Nadere berekeningen gaven aan dat de invloedssfeer van de onttrekkingskegel bij een onttrekking van $3 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$ zicht uitbreidde tot 12 kringen. Voor deze drie laatste kringen was de schade f 29 930,- groter waardoor de totale schade toenam tot f 212 815,- (regel 5 kolom 4) voor een grotere oppervlakte van totaal 2829 ha (regel 2 kolom 4). De gemiddelde schade per ha zou dan f 75,- bedragen en de inkomensdepressie 8,5 %. Ook bij een onttrekking van $1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$ bleek in de laatste kring nog schade voor te komen tot kring 11. De daarbij behorende bedragen staan tussen haakjes in kolom 2 vermeld.

De voor de drinkwatermaatschappij eventueel uit te betalen netto schade na aftrek van schade aan eigen grond (12,5 ha), aan niet in cultuur gebrachte grond als wegen, sloten enz. en aan onverminderde waterschapslasten, bedraagt dan f 90 946,-. Dit bedrag komt overeen met $6,1 \text{ ct}/\text{m}^3$. Bij een onttrekking van $3 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$ zouden de extra kosten per m^3 5,2 ct bedragen.

Ook hier blijkt dat bij een geconcentreerde grotere wateronttrekking de schade per m^3 kleiner wordt dan bij verspreide onttrekkingspunten met kleinere capaciteit.

LITERATUUR

1. COMMISSIE TER BESTUDERING VAN DE WATERBEHOEFTE VAN DE GELDERSE LANDBOUWGRONDEN, 1970. Hydrologisch onderzoek in het Leerinkbeekgebied. 2e Interimrapport werkgroep I.
2. VRIES, J.J. DE en E. VAN REES VELLINGA, 1972. Buried channel aquifers and present open drainage systems of East Gelderland, the Netherlands. Geologie en Mijnbouw 51.1, Verspreide overdrukken ICW nr 127.
3. BON, J., 1968. Topografie in de vorm van het grondwatervlak als achtergrond van de te verwachten afvoeren in de Gelderse Achterhoek. Cultuurtechn. tijdschr. 8.3. Verspr. overdr. ICW nr 69.
4. FONCK, H., 1968. Het verband tussen de slootdichtheid en de winterwaterstand in de Gelderse Achterhoek. Waterschapsbel. 53, 4 Verspr. overdr. ICW nr 69
5. SNIJDERS, J.H., 1966. Schade door extreme regenval in de zomer van 1965 op het gemengde bedrijf in de Achterhoek. ICW nota 332.
6. BON, J., 1969. De invloed van bos in Nederland op de afvoer van beekgebieden. Waterschapsbel. 56.1 Verspr. overdr. ICW nr 75.
7. FONCK, H., 1966. Een vergelijking van chemische slootreiniging met andere slootreinigingsmethoden naar ervaringen in enkele Geldersche waterschappen in 1963-1964. Waterschapsbel. 51.23 Verspr. overdr. ICW nr 42
8. REUTER, K.N. en J.J. KOUWE, 1958. De landbouwwaterhuishouding in de provincie Gelderland. Comm. Onderz. Landb. Waterhuish. Ned. TNO.
9. BON, J., 1966. Enige beschouwingen omtrent het gedrag van de begroeiing op het peilverloop in de Veengoot en Baakse beek ICW nota 358.
10. ——— 1967. Afvoerberekeningen uit peilwaarnemingen ICW nota 386.
11. ——— 1967. Bepaling van de k_M voor het ontwerpen van leidingen. Waterschapsbel. 52.21 Verspr. overdr. ICW nr 52.
12. ——— 1967. Hoge beekafvoeren in de Achterhoek. Waterschapsbel. 52.11 Verspr. overdr. ICW nr 46.

13. BON, J., 1968. Gebruik van afvoerverhoudingen bij het bepalen van de maatgevende afvoer in grotere stroomgebieden. Waterschapsbel. 53.3 Verspr. overdr. ICW 63.
14. FONCK, H., 1967. Frequenties van de afvoer en van neerslag min afvoer voor de Baakse beek ICW nota 404.
15. SNIJDERS, J.H., 1966. Neerslagfrequentie in de Achterhoek. ICW nota 376.
16. BLOEMEN, G.W., 1967. Berging, afvoer en verdamping in de Achterhoek volgens grondwaterstandsanalyse ICW nota 424.
17. ——— 1970. Een berekening van de maatgevende afvoer, onafhankelijk van gemeten afvoeren. ICW nota 570.
18. RIDDER, N.A. DE, 1966. De geohydrologische gesteldheid van de Achterhoek. ICW nota 344.
19. ERNST, L.F., N.A. DE RIDDER and J.J. DE VRIES, 1970. A hydrologic study of East Gelderland (Netherlands). Geologie en Mijnbouw 49.6.
20. BON, J., 1968. De minimum afvoer van de Baakse beek. Watersch. bel. 53.8 Verspr. overdr. ICW 65
21. FONCK, H., 1968. Onderzoek naar de infiltratiecapaciteit van de gronden in de Gelderse Achterhoek. ICW nota 455.
22. BAKKER, J.W., 1967. Schade door inundatie van grasland tijdens de vegetatieperiode ICW nota 391.
23. VRIES, J.J. DE, 1967. De geologische gesteldheid van de Achterhoek en de consequenties van de toenemende grondwaterwinning ICW nota 390.
24. WIT, K.E. en N.A. DE RIDDER, 1966. Geohydrologisch onderzoek naar de te verwachten grondwaterstandsverlaging in de omgeving van een door de N.V. Waterleiding Oostelijk Gelderland te stichten pompstation in Baak, gemeente Steenderen ICW nota 329.
25. SNIJDERS, J.H., 1970. De betekenis van het landbouwkundig aspect bij de keuze van plaats en omvang van grondwaterwinning ICW nota 565.

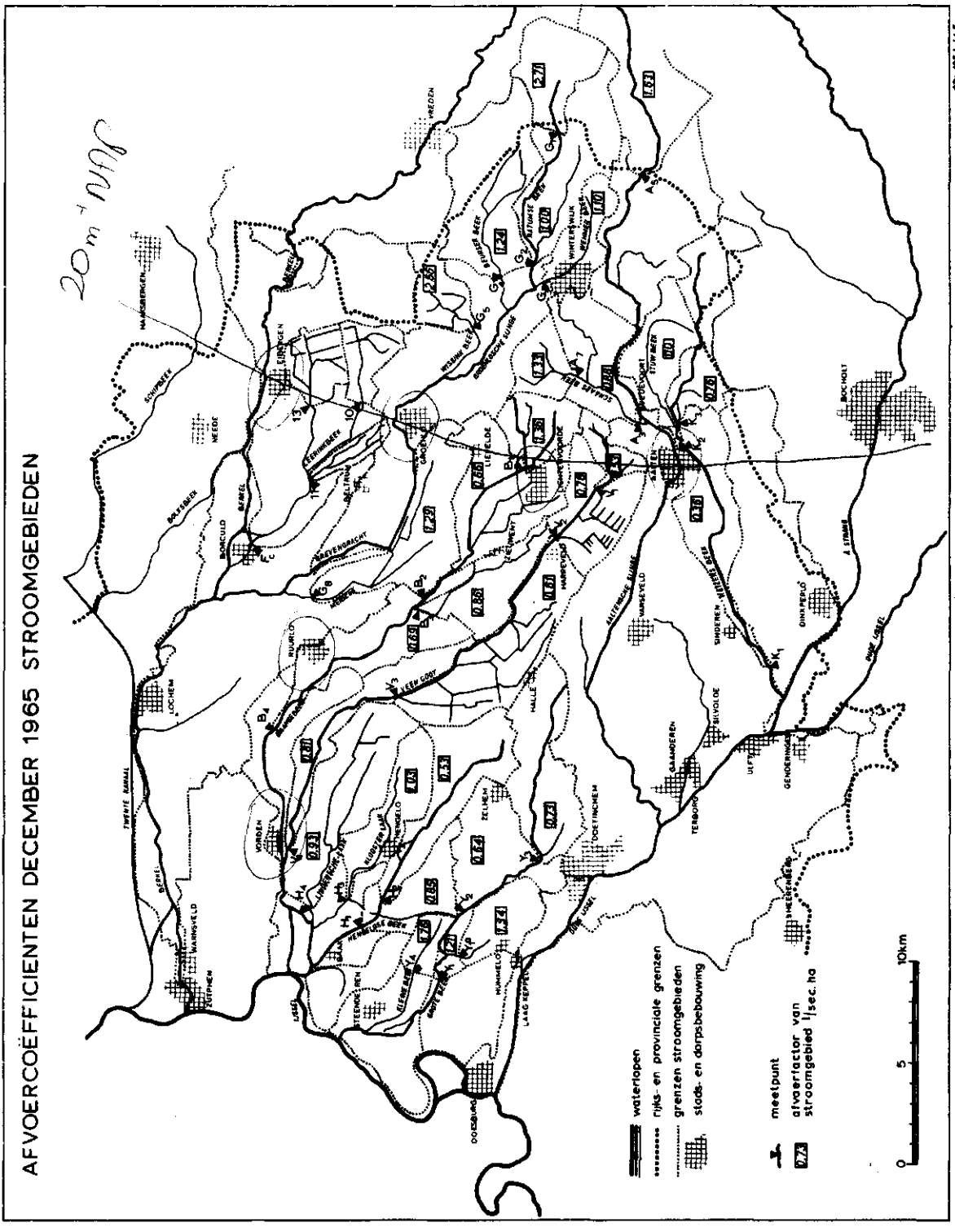


Fig. 1. Overzichtskaart van de Achterhoek met de afvoermeeptpunten en de daarbijbehorende afvoernormen (nota 631 ICW 1971)

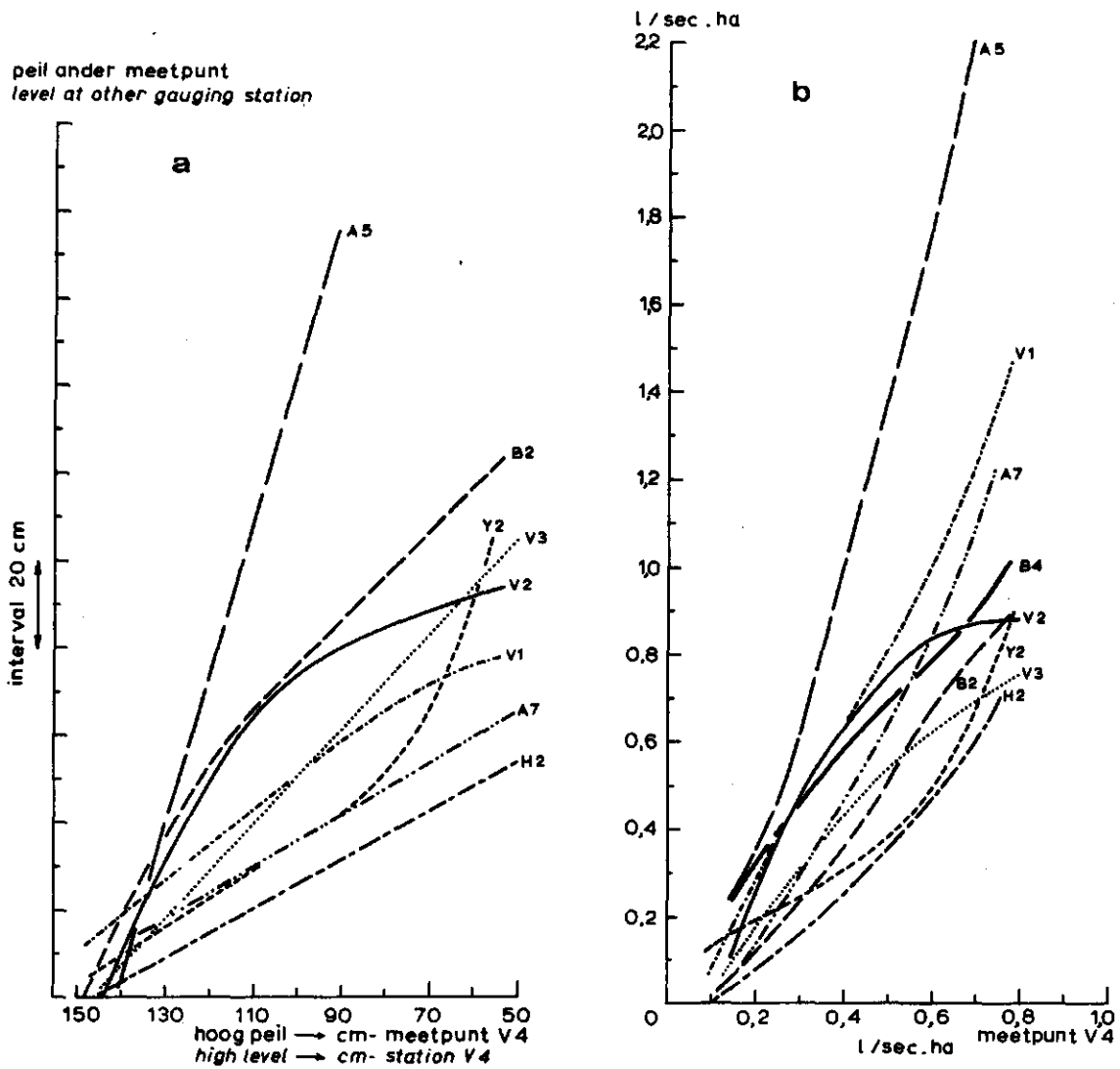


Fig. 4. a. Verhouding tussen beekpeilen bij diverse meetpunten en dat van meetpunt V4

b. Verhouding tussen de debieten van dezelfde meetpunten en die van meetpunt V4 (Watersch. bel. '68, 53.3)

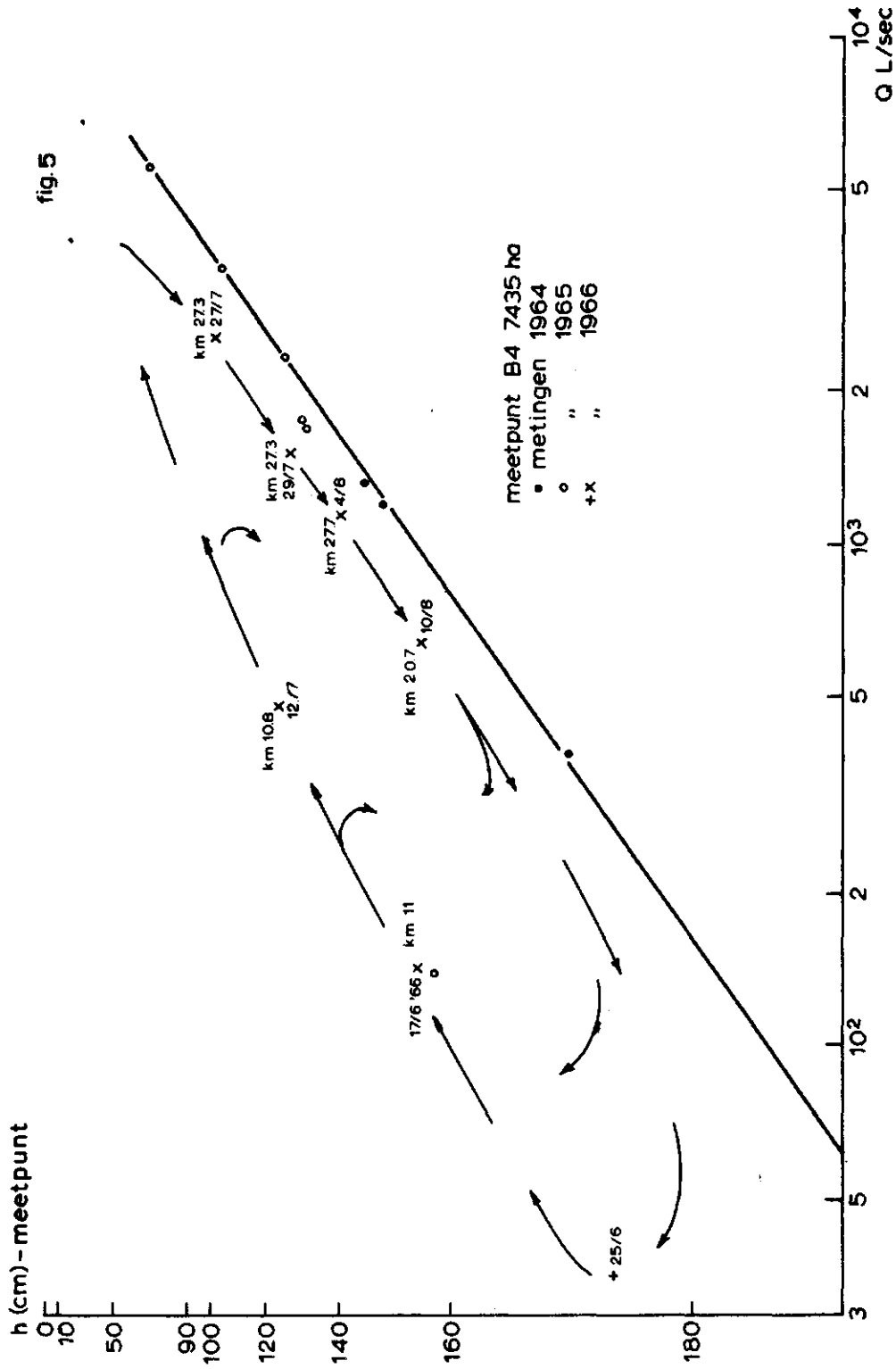
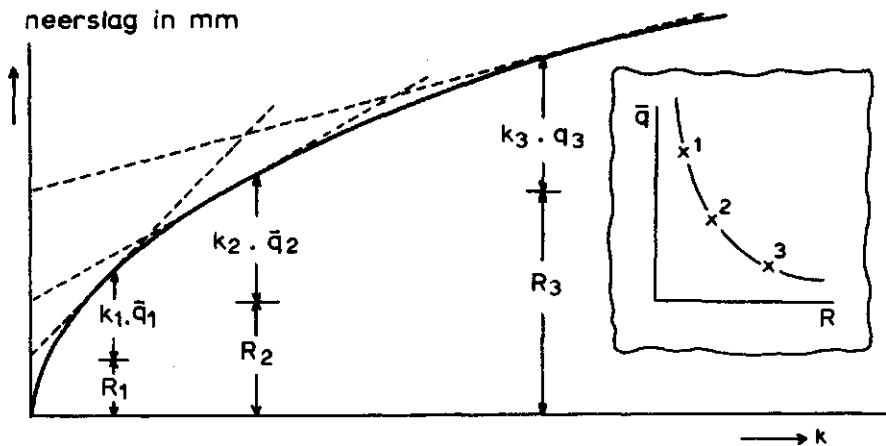


Fig. 5. Invloed van een afvoergolf op de opstuwingshoogte door de begroeiing (Watersch. bel. '67, 52.21)

	A	B	C	D	E	appraisal	
1	waterbreedte bij $h > 10\text{cm}$ id bij $h < 10\text{cm}$	$> 1,50\text{m}$	$0,75 - 1,5\text{m}$ $1,50\text{m}$	$0,75 - 1,50\text{m}$	$< 0,75\text{m}$ $h < 0,1\text{m}$	width water level at depth $> 10\text{cm}$ d.o. at $h < 10\text{cm}$	
2	bodembedekking (bovenaanzicht)	0 - 10%	10 - 25%	25 - 50%	$> 50\%$	bed vegetation (top view)	
3	verkleining door stromingsprofiel	0 - 10%	10 - 25%	25 - 50%	$> 50\%$	reduction wet profile	
4	onderwater talud	glad smooth	matig moderate rough	vrij ruw rather rough	ruw rough	zeer ruw very rough	under water talus
5	obstakels in verhouding tot waterdiepte of opstuwung door duikers, pijlers	geen none zandribbels sand ribs	weinig small stenen, blad, enkele twarskullen stones, leaves, some cross holes	matig moderate puin, bladnopen, zand- banken broken stone bed, leaves, sandbars	groot large steeriblokken, stronken, stroomversnellingen big stones, stumps, rapids	obstacles in relation to water depth or rise water level by culverts piers	
6	materiaal transport	helder water clear water weinig drijvend vuil little drifting dirt	troebel water muddy water zandtransport of veet drijvend vuil sand transport or a lot of drifting dirt			transport of material	

Fig. 6. Taxatieschema van de onderhoudsgraad van leidingen ter bepaling van de K_M (Watersch. bel. '67, 52.21)



Figuur 1 Schematische voorstelling van een regenduurlijn met de afleiding van de samenhang tussen de kritische berging (R) en de gemiddelde afstroming (\bar{q}) in k dagen.

Fig. 7. Schematische voorstelling van een regenduurlijn (nota 451 ICW, 1968)



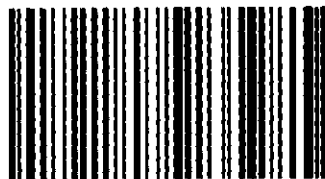
Fig. 9. Wateroverlast grasland in seizoen 1965 (nota 332 ICW, 1966)



WAGENINGEN UR

For quality of life

Wageningen UR library
P.O.Box 9100
6700 HA Wageningen
the Netherlands
www.library.wur.nl



10000910166144