



INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING
INSTITUTE FOR LAND AND WATER MANAGEMENT RESEARCH
P.O. BOX 35, WAGENINGEN, THE NETHERLANDS

***Het hanteren van afvoernormen
in stroomgebieden op de zandgronden
in Nederland***

J. Bon

Verspreide overdrukken
Miscellaneous Reprints **136**

Uit:
From:

Waterschapsbelangen
58, 4, 1973

Het hanteren van afvoernormen in stroomgebieden op de zandgronden in Nederland

ir. J. Bon
*Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding,
 Wageningen*

Inleiding

Beekverbeteringen omstreeks de eeuwwisseling uitgevoerd, beoogden het voorkomen van zomerinundaties. Omstreeks 1930 bleken de afmetingen van de beken echter niet meer te voldoen aan de hoge gestelde normen. Sindsdien werden steeds zwaardere eisen aan de afvoernormen gesteld om de afvoercapaciteit van de beken te vergroten. Aanpassing aan de nieuwe normen had soms tot gevolg dat verdroging van de gronden ging optreden. Door de bouw van stuwen trachtte men dit euvel op te heffen. Het begrip waterbeheersing vond steeds meer ingang, waarbij tevens sterker werd gelet op de drooglegging, het toelaatbare peil in de leidingen beneden de insteek.

Daar het ene gebied uiteraard meer afvoerde per eenheid van oppervlakte dan het andere werd een differentiatie in de afvoernormen toegepast, waarbij gelet werd op de topografie, de aard van de grond en het grondgebruik. Het onderzoek naar het afvoerverschijnsel werd uitgebreid o.a. door de Werkgroep Waterlopen (1958) die richtlijnen gaf voor het ontwerpen van leidingen en de Werkgroep Afvloeiingsfactoren die een eerste interimrapport uitbracht in 1963, waarin methoden werden aangegeven om de afvoer te analyseren en reconstrueren. Het tweede interimrapport (1970) gaf meer voorbeelden van de gedifferentieerde afvoernormen toegepast in Drenthe en Noord-Brabant, die mede berusten op het bergend vermogen van de grond. De Werkgroep Ontwerptechniek liet in 1967 een rapport verschijnen waarin de onderlinge

samenhang tussen de verschillende factoren die de afvoer bepalen wordt belicht en waarin het kiezen van afvoernormen bij het ontwerpen van waterbeheersingsplannen werd beschreven.

Gehanteerde ontwerpnormen

Uit het archief van de Cultuurtechnische Dienst werden uit de uitgevoerde en nog uit te voeren verbeteringsplannen na 1950 de ontwerpcriteria van waterlopen verzameld. De leidingen worden ontworpen naar aanleiding van een van te voren vastgestelde maatgevende afvoer. Eenzelfde leiding kan bijvoorbeeld een afvoer van 0,7 l/sec. ha bij een drooglegging van 70 cm verwerken, maar ook een afvoer van 1,1 l/sec. ha bij 25 cm drooglegging. Deze afvoer wordt verondersteld eenmaal per jaar te worden bereikt of overschreden. Verschillende maatgevende afvoeren en droogleggingen geven de mogelijkheid tot differentiatie. Zo kan, met name bij kleinere leidingen met een fractie van de ontwerpnorm, een grotere drooglegging worden toegepast. Bij meer risicodragende projecten als stedelijke bebouwingen, past men een hogere maatgevende afvoer toe. De differentiatie van de normen en het aantal daarbij behorende afvoerclassen is de afgelopen 10 jaar sterk toegenomen.

Aanname van een te hoge maatgevende afvoer geeft een te grote drooglegging, de leiding is dan overgedimensioneerd. Het omgekeerde geeft een te klein gedimensioneerde leiding, hetgeen zich uit in een te frequent overschrijden van de drooglegging, te grote stroomsnelheden en de kans op wateroverlast. Uit de verzamelde gegevens blijkt dat op laaggelegen natte gronden een hogere maatgevende afvoer wordt gehanteerd dan op droge gronden.

Per provincie en per ruilverkavelingsplan bestaan soms

TABEL 1. Globaal overzicht van de toegepaste afvoernormen (l/sec. ha) en de drooglegging in een aantal provincies

	Gron.	Frsl.	Dr.	Ov.	Gld.	Utr.	N. Br.	Lb.	
1. Hoge zandgronden, stuifzand, bos, woeste grond	—	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,33	0,4	
2. Middelhoge en hoge zandgronden met weinig sloten	—	0,8	0,7	0,6	0,6	—	0,67	—	
3. Lage middelhoge gronden met veel sloten, middelhoge gronden met keileem	1,2	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,7	
4. Beekdalen; madelanden, lage veengronden	—	1,3	>1,2	>1,2	1,2	1,5	1,33	1,0	
5. Kwelgebieden (bemaling)	—	1,5	1,6	—	2,6	—	—	—	
drooglegging cm -mv	zand	70	40-70	40	30-40	30-50	60	50	40-50
		beekdal en veengronden	70	25-40	80-100	60-130	60-80	60	50

Overdruk uit Waterschapsbelangen van 21 februari 1973/4.

26 SEP. 1973



0000 0686 5741

Het hanteren van afvoernormen in stroomgebieden op de zandgronden in Nederland

ir. J. Bon
*Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding,
 Wageningen*

Inleiding

Beekverbeteringen omstreeks de eeuwwisseling uitgevoerd, beoogden het voorkomen van zomerinundaties. Omstreeks 1930 bleken de afmetingen van de beken echter niet meer te voldoen aan de hoge gestelde normen. Sindsdien werden steeds zwaardere eisen aan de afvoernormen gesteld om de afvoercapaciteit van de beken te vergroten. Aanpassing aan de nieuwe normen had soms tot gevolg dat verdroging van de gronden ging optreden. Door de bouw van stuwen trachtte men dit euvel op te heffen. Het begrip waterbeheersing vond steeds meer ingang, waarbij tevens sterker werd gelet op de drooglegging, het toelaatbare peil in de leidingen beneden de insteek.

Daar het ene gebied uiteraard meer afvoerde per eenheid van oppervlakte dan het andere werd een differentiatie in de afvoernormen toegepast, waarbij gelet werd op de topografie, de aard van de grond en het grondgebruik. Het onderzoek naar het afvoerverschijnsel werd uitgebreid o.a. door de Werkgroep Waterlopen (1958) die richtlijnen gaf voor het ontwerpen van leidingen en de Werkgroep Afvloeiingsfactoren die een eerste interimrapport uitbracht in 1963, waarin methoden werden aangegeven om de afvoer te analyseren en reconstrueren. Het tweede interimrapport (1970) gaf meer voorbeelden van de gedifferentieerde afvoernormen toegepast in Drenthe en Noord-Brabant, die mede berusten op het bergend vermogen van de grond. De Werkgroep Ontwerptechniek liet in 1967 een rapport verschijnen waarin de onderlinge

samenhang tussen de verschillende factoren die de afvoer bepalen wordt belicht en waarin het kiezen van afvoernormen bij het ontwerpen van waterbeheersingsplannen werd beschreven.

Gehanteerde ontwerpnormen

Uit het archief van de Cultuurtechnische Dienst werden uit de uitgevoerde en nog uit te voeren verbeteringsplannen na 1950 de ontwerpcriteria van waterlopen verzameld. De leidingen worden ontworpen naar aanleiding van een van te voren vastgestelde maatgevende afvoer. Eenzelfde leiding kan bijvoorbeeld een afvoer van 0,7 l/sec. ha bij een drooglegging van 70 cm verwerken, maar ook een afvoer van 1,1 l/sec. ha bij 25 cm drooglegging. Deze afvoer wordt verondersteld eenmaal per jaar te worden bereikt of overschreden. Verschillende maatgevende afvoeren en droogleggingen geven de mogelijkheid tot differentiatie. Zo kan, met name bij kleinere leidingen met een fractie van de ontwerpnorm, een grotere drooglegging worden toegepast. Bij meer risicodragende projecten als stedelijke bebouwingen, past men een hogere maatgevende afvoer toe. De differentiatie van de normen en het aantal daarbij behorende afvoerclassen is de afgelopen 10 jaar sterk toegenomen.

Aanname van een te hoge maatgevende afvoer geeft een te grote drooglegging, de leiding is dan overgedimensioneerd. Het omgekeerde geeft een te klein gedimensioneerde leiding, hetgeen zich uit in een te frequent overschrijden van de drooglegging, te grote stroomsnelheden en de kans op wateroverlast. Uit de verzamelde gegevens blijkt dat op laaggelegen natte gronden een hogere maatgevende afvoer wordt gehanteerd dan op droge gronden.

Per provincie en per ruilverkavelingsplan bestaan soms

TABEL 1. Globaal overzicht van de toegepaste afvoernormen (l/sec. ha) en de drooglegging in een aantal provincies

	Gron.	Frsl.	Dr.	Ov.	Gld.	Utr.	N. Br.	Lb.	
1. Hoge zandgronden, stuifzand, bos, woeste grond	—	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,33	0,4	
2. Middelhoge en hoge zandgronden met weinig sloten	—	0,8	0,7	0,6	0,6	—	0,67	—	
3. Lage middelhoge gronden met veel sloten, middelhoge gronden met keileem	1,2	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,7	
4. Beekdalen; madelanden, lage veengronden	—	1,3	>1,2	>1,2	1,2	1,5	1,33	1,0	
5. Kwelgebieden (bemaling)	—	1,5	1,6	—	2,6	—	—	—	
drooglegging cm -mv	{ zand beekdal en veengronden	70	40-70	40	30-40	30-50	60	50	40-50
		70	25-40	80-100	60-130	60-80	60	50	80-100

grote verschillen in differentiatie van afvoernormen. Alleen in Drenthe en Noord-Brabant is de differentiatie van de normen vrijwel op gelijke criteria gebaseerd, namelijk op de maaiveldhoogte boven de COLN-winterwaterstanden en op de grondwatertrappen. Een directe vergelijking tussen de per provincie toegepaste normen is moeilijk te maken, omdat zowel het aantal normklassen als de criteria voor de indeling ervan verschillen. Een globaal overzicht van de normklassen en de toegepaste afvoernormen per provincie is gegeven in tabel 1.

Uit de tabel blijkt het verschil in afvoernormen en het nog grotere verschil in de drooglegging per provincie. In Noord-Brabant wordt bij een lagere hoogwaterlijn ook wel de halve maatgevende afvoer toegepast, dit is een afvoer die 15 maal per jaar wordt bereikt of overschreden.

Toetsing van bestaande afvoernormen aan afvoergegevens

Voor gelijksoortige gronden in de provincies worden vaak verschillende afvoernormen vastgesteld. De oorzaak hiervan kan worden gevonden in het tijdstip van de beoordeling daarvan. De gevormde indruk zoals die van 1960, 1961, 1965 en 1966 werkt nog lang na. Dikwijls wordt vergeten dat de frequentie van deze te natte of te droge perioden zeer laag is. Een regenbui van 50 mm in de droge zomer van 1960 had bijna geen invloed op de afvoer, terwijl eenzelfde bui op een bijna verzadigde grond in 1960 en 1961 zeer hoge afvoeren veroorzaakte. De dagelijkse relatief lage hoeveelheden neerslag in december 1965 en 1966 veroorzaakte, doordat de neerslaghoeveelheid groter was dan kon worden afgevoerd en het grondwater daardoor bleef stijgen, ook hoge afvoeren (Bon, 1967a). Ook onvoldoende slootonderhoud kan als gevolg van een kleine bergingscapaciteit aanleiding geven tot hoge grondwaterstanden en dus tot taxatie van hoge afvoernormen. Na verbetering van deze leidingen met een hoge afvoernorm zouden wel eens te lage afvoeren kunnen optreden. Alleen in kwelgebieden zou een hoog getaxeerde afvoernorm geoorloofd zijn.

Om een indruk te krijgen in hoeverre de gebruikte afvoernormen overeenkomen met de werkelijkheid kunnen zij aan de gemeten afvoeren worden getoetst. In Friesland, Drenthe en Noord-Brabant zijn alle afvoernormen min of meer gebaseerd op de hoogte van het maaiveld boven de gemiddelde wintergrondwaterstand. Door nu de in tabel 1 genoemde eerste vier normklassen niet in te delen naar veel of weinig sloten en hoge of lage gronden, maar in te delen naar COLN-klassen en GT-klassen (grondwatertrappen) en de bijbehorende afvoernormen van de provincies Friesland, Drenthe en Noord-Brabant te middelen, verkrijgt men de hier genoemde CD-afvoernormen (tabel 2).

Van vele stroomgebieden in de Achterhoek zijn de hoge afvoeren van juni en december 1965 bekend, terwijl door het vroegere COLN-buizenet ook de gemiddelde wintergrondwaterstanden bekend zijn. De COLN-buizen zijn ongeveer in een vierkanten net geplaatst met een onderlinge afstand van ca. 1 km. Iedere buis is representatief voor een bepaalde oppervlakte. Bij grote gebieden komt de spreiding van de buizen redelijk overeen met de oppervlakteverdeling van de door de COLN gehanteerde klassen van grondwaterdiepten. In een

TABEL 2. CD-afvoernorm als gemiddelde van de toegepaste normen uit Friesland, Drenthe en Noord-Brabant, per COLN-wintergrondwaterklasse en grondwatertrappen (GT)

COLN-winterwaterstand cm -mv	GT (Stiboka)	Afvoernorm (l/sec. ha)
>70	VII	0,3
70-40	VI	0,7
40-20	V, IIIb	1,0
20- 0	IIIa, II, I	1,2

stroomgebied wordt per grondwaterklasse de oppervlakte vastgesteld en vermenigvuldigd met de bijbehorende afvoernorm uit tabel 2. De som van deze afvoeren per klasse in een stroomgebied geeft de totale afvoer op het meetpunt (fig. 1). In stroomgebieden waar de ontwatering in orde is, zal er een relatie moeten zijn tussen de berekende en de gemeten afvoeren.

Voor gebieden met inundatie en wegzijging zullen de berekende afvoeren hoger zijn dan de gemeten afvoeren als gevolg van de optredende afvoerreductie door de oppervlakteberging en wegzijgingsverliezen. De keileem- en tertiaire gronden in het oosten van de Achterhoek reageren door de geringere bergingscapaciteit en grotere hellingen snel op de neerslag. Voor deze gebieden en ook voor kwelgronden zullen de berekende afvoeren lager zijn dan de gemeten afvoeren door respectievelijk snelle en hoge topafvoer en extra kwelwater.

De resultaten van de afvoerberekeningen van de sub-stroomgebieden van meer dan 500 ha in de Achterhoek zijn in fig. 2a uitgezet tegen de gemeten afvoeren van 19 december 1965. De spreiding van de punten is groot. De met een stippellijn omringde stroomgebieden, waarvan bekend is dat er inundatie of wegzijging optreedt, blijken zoals te verwachten een hogere berekende afvoer te hebben dan is gemeten. De stroomgebieden waarvan de gemeten afvoer veel groter is dan de berekende afvoer, liggen grotendeels op de keileem- en tertiaire gronden. Voor deze gronden zijn de in tabel 2 genoemde afvoernormen te laag.

Worden de hoge juni-afvoeren van 1965 van deze stroomgebieden uitgezet tegen de berekende afvoeren dan blijkt van een groter aantal stroomgebieden de berekende afvoer hoger te zijn dan de gemeten afvoer (fig. 2b). Deze juni-afvoeren komen dus frequenter voor dan eenmaal per jaar. Ook hier blijken de gebieden op de tertiaire gronden nog hogere werkelijke afvoeren te hebben dan de berekende.

Uit de vergelijking van berekende met gemeten afvoeren blijkt dat men een grotere differentiatie in de afvoernormen zou moeten toepassen. Voor de hellende tertiaire en keileem gronden zal een norm moeten worden gekozen die berekend is op een snelle afvoer van de neerslag.

De gemeten december-afvoeren hebben een spreiding van van 0,4 tot 2,6 l/sec. ha. De toegepaste CD-normen laten een spreiding zien van 0,5 tot 1,1 l/sec. ha. ofwel een marge van 0,6 l/sec. ha tegen 2,2 l/sec. ha bij de gemeten afvoer.

Vergelijking tussen de afvoeren van juni en december 1965
Ondanks de zwaardere regenbuien (mm) in juni waren de

AFVOERCOËFFICIENTEN DECEMBER 1965 STROOMGEBIEDEN

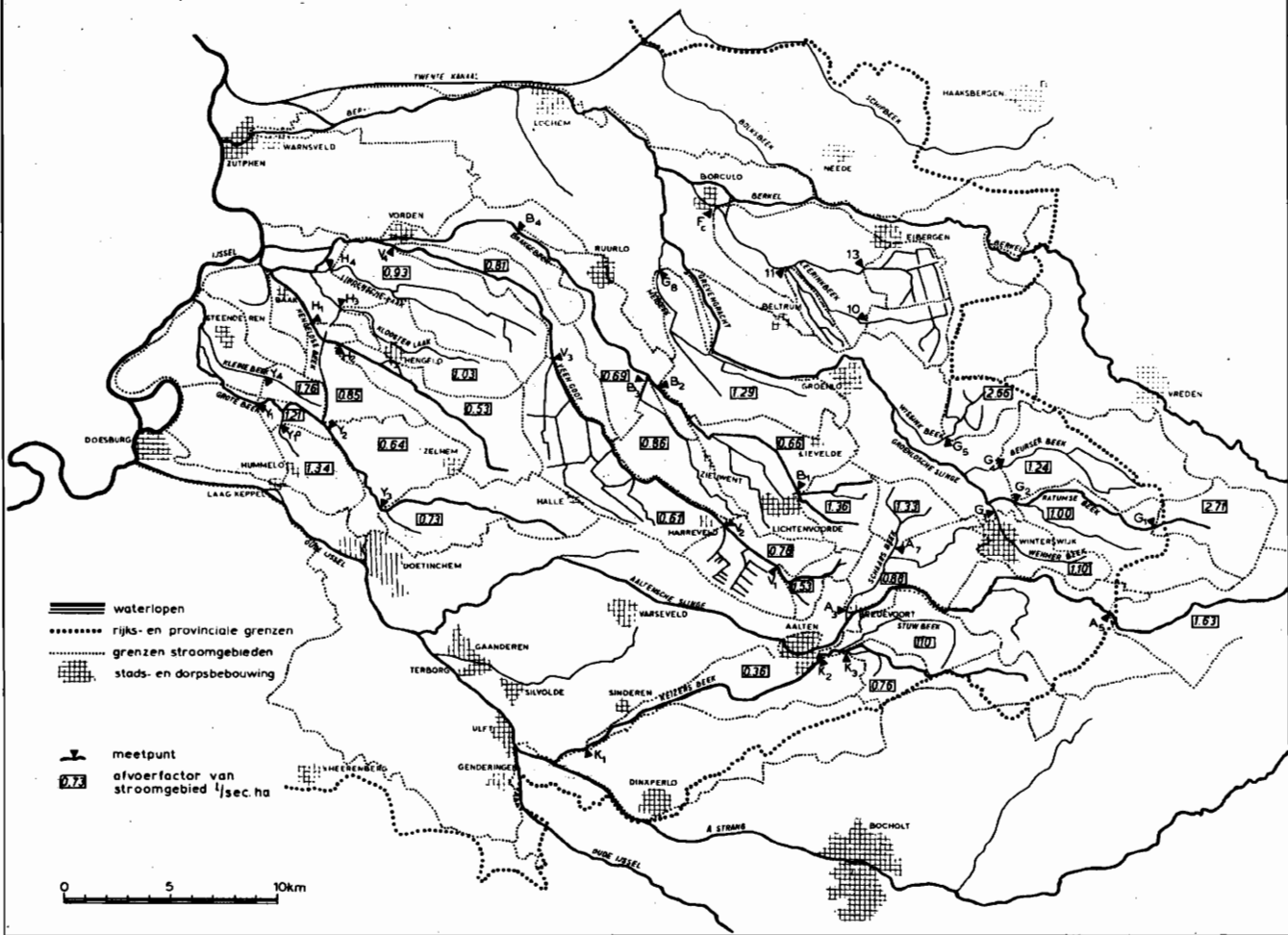


Fig. 1. Stroomgebieden in de Achterhoek en de meetpunten

afvoeren van december door de geringe verdamping en daardoor kleinere bergingscapaciteit van de grond hoger. De relatie tussen de juni- en december-afvoeren is weergegeven in fig. 3. Deze relatie blijkt niet voor alle stroomgebieden gelijk te zijn. De ligging van de punten lijken gegroepeerd om een drietal lijnen, waarbij achtereenvolgens de december-afvoer gelijk, anderhalf maal en tweemaal zo groot is als de juni-afvoer. Om de lijn met gelijke juni- en december-afvoer ligt een groot gedeelte van de gebieden met inundatie. Een hoge hoeveelheid neerslag heeft meer een uitbreiding van de inundatie-oppervlakte dan een verhoogde afvoer tot gevolg. Ook de helft van de stroomgebieden met een tertiaire ondergrond heeft een ongeveer gelijke afvoer in juni als in december. De gebieden waar de december-afvoer anderhalf maal zo groot is als in juni omvat de overige gebieden met tertiaire gronden. Deze gebieden hebben door hun relatief grote oppervlakte bijna vlak terrein met plaatselijk een dikker zanddek, in juni een grotere bergingscapaciteit. In deze groep valt ook het verbeterde stroomgebied van de Meibeek (G8), dat gedeeltelijk ook op tertiaire gronden ligt. Om de lijn met een dubbele juni-afvoer in december liggen de kwelgebieden en de wegzijgingsgebieden. Bij deze laatste groep was vooral

het zeer grote verschil in bergingscapaciteit tussen juni en december van invloed op de afvoeren. De grote bergingscapaciteit van juni was door de langdurige regenval in december praktisch verdwenen en de gebieden reageerden

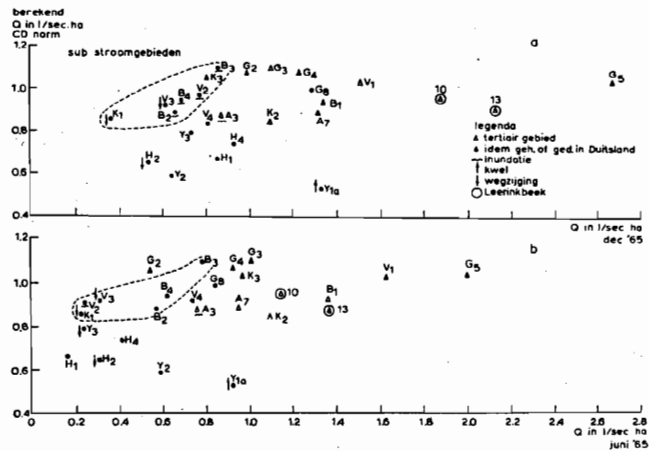


Fig. 2. a. Het verband tussen de met CD-normen berekende afvoer van de sub-stroomgebieden en de gemeten afvoer van december 1965
b. Idem, afvoer juni 1965

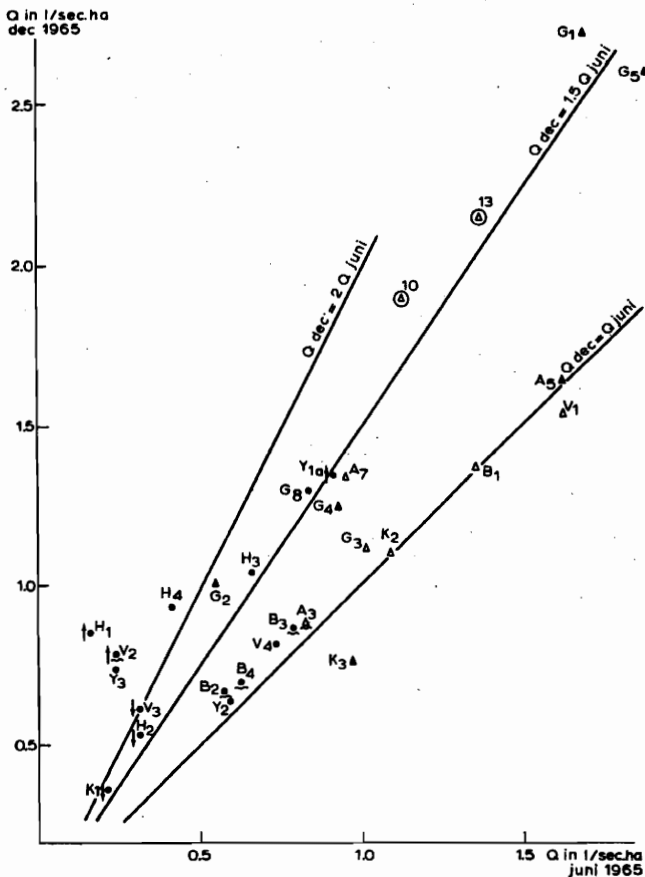


Fig. 3. De relatie tussen de gemeten afvoeren van juni en december 1965

dan ook als volgelopen gronden. Zij waren door de langdurige decemberregens van karakter veranderd. Uit voorgaande blijkt dat de stroomgebieden in de Achterhoek door de verschillen in morfologie, grondsoort, hoogteligging en afstand tot ontwateringsbasis zeer verschillend op neerslag reageren.

Afvoerberekeningen met gedifferentieerde normen

Plaatselijk is men tot een grotere differentiatie van afvoernormen overgegaan. In Drenthe werd de afvoernorm voor leemhoudende middelhoge gronden verhoogd van 0,7 naar 1,0 l/sec. ha. Voor Noord-Brabant is door Visser (1969) in een handleiding voor waterbeheersingsobjecten ook een grotere differentiatie in de afvoernormen voorgesteld (zie tabel 3). De marge tussen de hoogste en de laagste afvoernorm bedraagt dan 1,9 l/sec. ha. Ook bij nieuwe ruilverkavelingen wordt een grotere differentiatie naar helling en grondsoort toegepast.

Om voor de in de Achterhoek gemeten december-afvoeren de meest juiste afvoernormen vast te stellen is niet alleen gelet op de ontwateringsdiepte maar ook op bodemkundige en morfologische eigenschappen van het stroomgebied. De stroomgebieden kunnen in 5 groepen worden onderscheiden:

1. zandgebieden zonder grote oppervlakten afwijkende gronden

56

TABEL 3. Voorgestelde afvoernormen voor Noord-Brabant volgens Visser (1969)

1. Zeer hoog gelegen gebieden (bijv. stuifzand) zonder zichtbare afwatering	q = 0,1	l/sec. ha
2. Hooggelegen gebieden zonder sloten (essen)	q = 0,33	l/sec. ha
3. Middelhoge gebieden met incidenteel sloten	q = 0,67	l/sec. ha
4. Relatief laaggelegen gebieden met een regelmatig slotennet	q = 1,00	l/sec. ha
5. Laaggelegen gebieden met een intensief slotennet	q = 1,33	l/sec. ha
6. Zeer lage gebieden met kwel	q = 1,5-2,0	l/sec. ha

2. zeer fijnzandige leemhoudende gronden en gebieden met kwel

3. wegzijgingsgebieden

4. sterk hellende gebieden (> 20 cm/100 m) met dun zanddek op leem of klei

5. licht hellende gebieden (< 20 cm/100 m) met dun zanddek op leem of klei

De afvoernormen worden per soort gebied nog gedifferentieerd naar gemiddelde wintergrondwaterstand en GT-trappen (zie tabel 4).

Ieder sub-stroomgebied wordt in zijn geheel ondergebracht in een bepaalde groep, waarna de afvoer kan worden berekend. Tabel 5 geeft een overzicht van de indeling van de sub-stroomgebieden en de berekende afvoeren. In deze tabel zijn ook opgenomen de gemeten afvoeren van het Leerinkbeekgebied welke door Colenbrander ter beschikking zijn gesteld.

De met de gedifferentieerde normen berekende afvoeren zijn in fig. 4 uitgezet tegen de gemeten december-afvoeren. Ook nu blijken de berekende afvoeren van de gebieden met inundatie en wegzijging (binnen de gestippelde kring) hoger te zijn dan de gemeten afvoeren. Ook een vierstal, meest op Duits gebied gelegen, stroomgebieden op tertiaire gronden hebben een te hoog berekende afvoer. De afvoer van het stroomgebied K_3 is sterk gecorreleerd met de grootte van de regenbuien welke in december lager was dan in juni (fig. 3). De andere drie gebieden hebben op de brede vlakke ruggen een grote oppervlakteberging. Voor de afvoerberekening van hellende tertiaire gebieden blijkt een indeling van deze gronden in één groep niet voldoende te zijn. De overige punten liggen redelijk om de 45°-lijn.

Frequentie van de afvoer van december 1965

Bij de bepaling van de frequentie van de gemeten decemberafvoeren van 1965 is gebruik gemaakt van de frequentieverdeling van provinciale waterstaat Gelderland van de Baakse Beek van het meetpunt de Wierse, op 500 m van meetpunt B4. Deze frequentieverdeling (fig. 5) geeft de afvoer van 1951 tot 1965 weer. Gezien de grote neerslag in december 1965 mag worden aangenomen dat deze afvoer ongeveer met dezelfde frequentie voorkomt als de afvoer van het sub-stroomgebied B4. De decemberafvoer van 1965 ligt op de afbuigende streeplijn en zou eenmaal in de drie jaar worden bereikt of overschreden. Volgens de streeplijn is de verhouding van de afvoeren met een

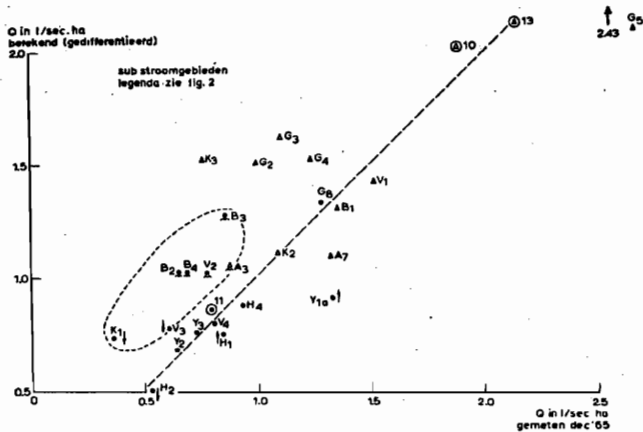


Fig. 4. Het verband tussen de met meer gedifferentieerde normen berekende afvoer van de sub-stroomgebieden en de gemeten afvoer van december 1965

TABEL 4. Gedifferentieerde afvoernormen (l/sec. ha) naar bodemkundige en morfologische eigenschappen van het stroomgebied

Groep	Soort gebied	COLN-winterwaterstand (cm -mv)				Marge
		GT VII	VI	V IIIb	IIIa II I	
		>70	70-40	40-20	20-0	
1	zand	0,3	0,6	1,0	1,5	1,2
2	leemh. fijnz. kwel	0,3	0,7	1,2	1,8	1,5
3	wegzijging	0,2	0,5	0,8	1,2	1,0
4	sterk hellend met leem	0,5	1,0	2,0	4,0	3,5
5	licht hellend met leem	0,3	0,7	1,2	2,0	1,7

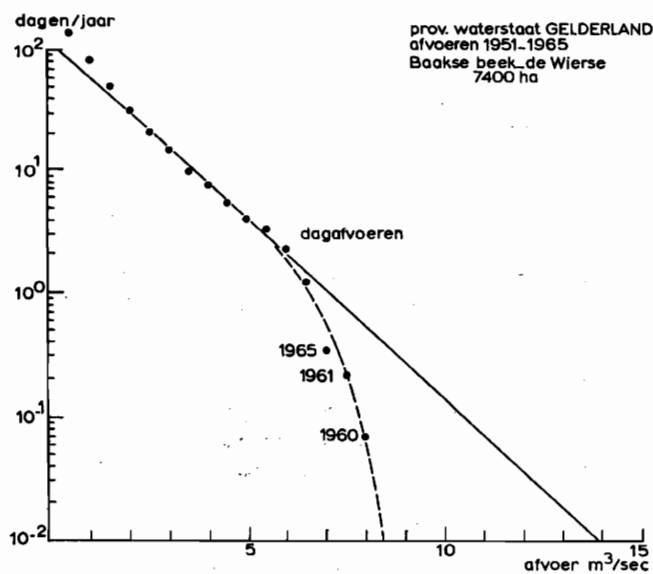


Fig. 5. Frequentie van de afvoeren van de Baakse Beek (meetpunt de Wierse)

frequentie van resp. 1 maal per jaar, eens per 10 jaar en eens per 100 jaar als 1 : 1,2 : 1,3. Volgens de geëxtrapolerde lijn is deze verhouding 1 : 1,5 : 1,9. De decemberafvoer van 1965 is ongeveer gelijk aan de éénmaal per jaar voorkomende afvoer op de geëxtrapolerde lijn. De frequentie van de decemberafvoer zal dus liggen tussen eenmaal per jaar en eenmaal per drie jaar. De vuistregel dat de afvoeren bij frequenties van eens per jaar, eens per 10 jaar en eens per 100 jaar zich verhouden als 1 : 1,5 : 2 is in de praktijk voor kleine stroomgebieden niet bruikbaar, gezien de grote verschillen tussen de afvoerverhoudingen voor juni en december (fig. 3).

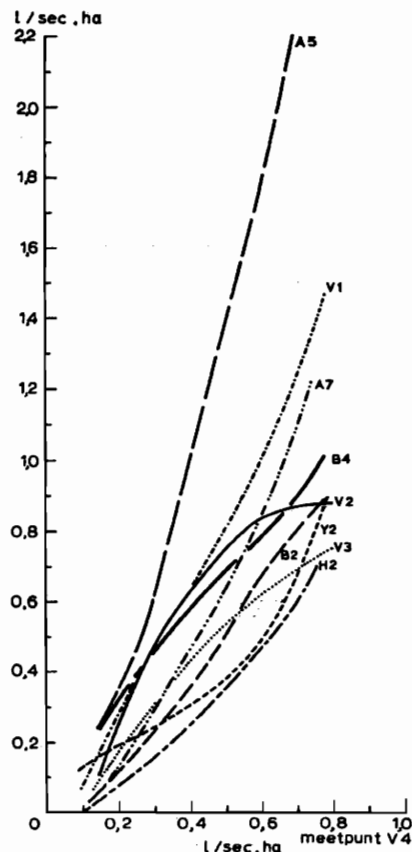


Fig. 6. Afvoerverhoudingslijnen van de afvoer van het meetpunt V4 en die van andere meetpunten in de Achterhoek

Wanneer de afvoeren van enkele meetpunten uit de Achterhoek tegen de afvoer van meetpunt V4 bij Vorden worden uitgezet zoals in fig. 6, dan blijkt dat de verhouding tussen de afvoeren veelal niet rechtlijnig is. De afvoer van de meetpunten V2 en V3 van gebieden met inundatie vertoont bij een afvoertoeename van V4 een afvlakking. De afvoer van meetpunt A5 geeft echter bij een verdubbeling van de afvoer van V4 een verdrievoudiging van de afvoer te zien (Bon, 1968).

Verandering van de afvoeren na beekverbetering

Bij de afvoerberekening voor de stroomgebieden met veel inundatie is uitgegaan van de veronderstelling dat de huidige verdeling in de verschillende grondwaterklassen gelijk zou

blijven. Door het graven van nieuwe leidingen in de laagst gelegen gronden zal in de natte gebieden de gemiddelde grondwaterstand echter dalen. In de aangrenzende hogere gronden daalt de gemiddelde grondwaterstand ook, doch in mindere mate. Hoe vlakker het gebied is, des te groter is de oppervlakte waar grondwaterstands daling zal optreden. Grondwaterstanden van 0-20 cm beneden maaiveld komen in verbeterde gebieden in normale winters praktisch niet meer voor. Een gedeelte van de natste gronden zal na verbetering in de grondwaterklasse 20-40 cm -mv vallen. Een deel van de gronden in de klasse 20-40 cm -mv komt na de verbetering in de klasse 40-70 cm -mv.

TABEL 5. Indeling van substroomgebieden en de berekende en gemeten afvoeren

Beekgebied	Meet-punt	Groep	Afvoer in l/sec. ha			Ha
			bere-kend	gemeten juni	dec.	
Veengoot	V1	5	1,42	1,63	1,52	520
	V2	2	1,03	0,24	0,78	1670
	V3	3	0,78	0,31	0,61	3120
	V4	1	0,80	0,74	0,81	1730
Baakse Beek	B1	5	1,30	1,36	1,36	1070
	B2	2	1,03	0,57	0,66	2735
	B3	1	1,27	0,79	0,86	1520
	B4	1	1,03	0,62	0,69	2110
Hengelose beken	H1	2	0,75	0,16	0,85	1290
	H2	3	0,50	0,31	0,53	2270
	H4	2	0,88	0,41	0,93	2585
Ijssellanden	Y1a	5	0,91	0,92	1,34	1195
	Y2	2	0,68	0,59	0,64	1850
	Y3	1	0,76	0,24	0,73	2460
Keizersbeek	K1	3	0,74	0,22	0,36	2235
	K2	5	1,10	1,10	1,10	1545
	K3	5	1,52	0,98	0,76	1840
Ratumse beek	G2	5	1,50	0,55	1,00	2710
Wehmerbeek	G3	5	1,61	1,01	1,10	1090
Beurserbeek	G4	5	1,52	0,93	1,24	3230
Wissinkbeek	G5	4	2,43	1,96	2,66	870
Meibeek	G8	2	1,31	0,84	1,29	2630
Korenburgerveen	A7	5	1,09	0,96	1,33	830
Schaarsbeek	A3	5	1,05	0,76	0,88	1720
Leerinkbeek	10	4	1,72	1,13	1,88	657
	11	1	0,86	-	0,80	540
	13	4	2,12	1,38	2,13	647

Verschuivingen bij de al dieper ontwaterde gronden zullen op de afvoer praktisch geen invloed hebben. Door de verlaging van de drainagebasis door beekverbetering (diepere en bredere leidingen) wordt het bergend vermogen van de grond verhoogd en zal de basis of grondwaterafvoer onder normale winteromstandigheden daardoor kleiner worden dan voor de beekverbetering (Bon, 1967a). Er is dan veel meer regenwater nodig om het hoge grondwaterpeil van voor de verbetering te evenaren. De dan optredende topafvoer is echter na de beekverbetering veel groter dan ervoor. Dit wordt veroorzaakt door de grotere afvoercapaciteit, minder inundatie en grotere drukhoogteverschillen tussen het grondwater- en beekpeil.

Zo zal in de inundatiegebieden V2, B2, B3, B4 en V3 uit fig. 4 een daling van de grondwaterstand plaatsvinden. Van het stroomgebied B4 wordt aangenomen dat 75% van de oppervlakte met grondwaterklasse 0-20 cm -mv doorschuift naar de klasse 20-40 cm -mv en de helft van de oppervlakte met klasse 20-40 cm -mv naar de klasse 40-70 cm -mv overgaat. Van de vier overige stroomgebieden is aangenomen dat 50% van de oppervlakte met klasse 0-20 cm -mv overgaat in de klasse 20-40 cm -mv en 25% van de gronden met klasse 20-40 cm -mv overgaat in de klasse 40-70 cm -mv. De gemiddelde grondwaterverlaging en de invloed ervan op de afvoer zijn beide afhankelijk van de morfologie van het terrein en de peilverlaging in de beken. Door de grotere afvoercapaciteit van het verbeterde leidingstelsel zullen de inundaties grotendeels worden opgeheven waardoor de afvoertoppen hoger worden dan voor de beekverbetering.

Met bovengenoemde gegevens kan weer een nieuwe indeling in grondwaterstandsklassen worden gemaakt en met de bijbehorende afvoernorm kan de te verwachten afvoer na de verbetering worden berekend. Tabel 6 geeft een overzicht van de berekende afvoeren en het verschil met de gemeten afvoer van december 1965. Uit de tabel blijkt dat de opnieuw berekende afvoer lager is dan in tabel 5 staat aangegeven, doch hoger wordt dan de voor de verbetering gemeten afvoer van december 1965.

TABEL 6. De te verwachten afvoer (l/sec. ha) van inundatiegebieden na beekverbetering

Stroom-gebied	Oppervl. ha	Groep	Afvoer			Toename in % t.o.v. dec. 1965
			Gemeten dec. 1965	Volgens tabel 5	Verw. na verbetering	
V2	1670	2	0,78	1,03	0,93	19,3
B2	2735	2	0,66	1,03	0,83	25,7
B3	1520	1	0,86	1,27	1,08	25,6
B4	2075	1	0,69	1,03	0,83	20,3
A3	1720	5	0,88	1,05	0,97	10,3

Verband tussen oppervlakte en afvoer van stroomgebieden

De gemiddelde afvoer per eenheid van oppervlakte van een klein stroomgebied is over het algemeen groter dan de afvoer van een stroomgebied met een grote oppervlakte. De afvoer van een stroomgebied is afhankelijk van de grondsoort, ontwateringsdiepte, terreinhelling en de eventuele kwel of wijziging in het stroomgebied. Ieder gebied reageert anders op neerslag en bovendien is de neerslagverdeling over een groot gebied niet zo homogeen als over een klein gebied. Ook het bergend vermogen van het leidingstelsel neemt met de grootte toe. De totale afvoer van een groot stroomgebied (> 3000 ha) hoeft daarom niet gelijk te zijn aan de som van de afvoeren van alle sub-stroomgebieden. In fig. 7 is de relatie tussen de oppervlakten van de sub-stroomgebieden en hun gemeten en berekende afvoer weergegeven. Hieruit blijkt dat de stroomgebieden zijn in te delen in drie groepen die elk een reductie van de afvoer hebben bij toenemende oppervlakte. Worden de berekende afvoeren van de heterogene sub-stroomgebieden gesommeerd om de totale afvoer van een stroomgebied te krijgen en worden deze afvoeren uitgezet

blijven. Door het graven van nieuwe leidingen in de laagst gelegen gronden zal in de natte gebieden de gemiddelde grondwaterstand echter dalen. In de aangrenzende hogere gronden daalt de gemiddelde grondwaterstand ook, doch in mindere mate. Hoe vlakker het gebied is, des te groter is de oppervlakte waar grondwaterstands daling zal optreden. Grondwaterstanden van 0-20 cm beneden maaiveld komen in verbeterde gebieden in normale winters praktisch niet meer voor. Een gedeelte van de natste gronden zal na verbetering in de grondwaterklasse 20-40 cm -mv vallen. Een deel van de gronden in de klasse 20-40 cm -mv komt na de verbetering in de klasse 40-70 cm -mv.

TABEL 5. Indeling van substroomgebieden en de berekende en gemeten afvoeren

Beekgebied	Meet-punt	Groep	Afvoer in l/sec. ha			Ha
			bere-kend	juni	dec.	
Veengoot	V1	5	1,42	1,63	1,52	520
	V2	2	1,03	0,24	0,78	1670
	V3	3	0,78	0,31	0,61	3120
	V4	1	0,80	0,74	0,81	1730
Baakse Beek	B1	5	1,30	1,36	1,36	1070
	B2	2	1,03	0,57	0,66	2735
	B3	1	1,27	0,79	0,86	1520
	B4	1	1,03	0,62	0,69	2110
Hengelose beken	H1	2	0,75	0,16	0,85	1290
	H2	3	0,50	0,31	0,53	2270
	H4	2	0,88	0,41	0,93	2585
Ijssellanden	Y1a	5	0,91	0,92	1,34	1195
	Y2	2	0,68	0,59	0,64	1850
	Y3	1	0,76	0,24	0,73	2460
Keizersbeek	K1	5	0,74	0,22	0,36	2235
	K2	5	1,10	1,10	1,10	1545
	K3	5	1,52	0,98	0,76	1840
Ratumse beek	G2	5	1,50	0,55	1,00	2710
Wehmerbeek	G3	5	1,61	1,01	1,10	1090
Beursorbeek	G4	5	1,52	0,93	1,24	3230
Wissinkbeek	G5	4	2,43	1,96	2,66	870
Meibek	G8	2	1,31	0,84	1,29	2630
Korenburgerveen	A7	5	1,09	0,96	1,33	830
Schaarsbeek	A3	5	1,05	0,76	0,88	1720
Leerinkbeek	10	4	1,72	1,13	1,88	657
	11	1	0,86	-	0,80	540
	13	4	2,12	1,38	2,13	647

Verschuivingen bij de al dieper ontwaterde gronden zullen op de afvoer praktisch geen invloed hebben. Door de verlaging van de drainagebasis door beekverbetering (diepere en bredere leidingen) wordt het bergend vermogen van de grond verhoogd en zal de basis of grondwaterafvoer onder normale winteromstandigheden daardoor kleiner worden dan voor de beekverbetering (Bon, 1967a). Er is dan veel meer regenwater nodig om het hoge grondwaterpeil van voor de verbetering te evenaren. De dan optredende topafvoer is echter na de beekverbetering veel groter dan ervoor. Dit wordt veroorzaakt door de grotere afvoercapaciteit, minder inundatie en grotere drukhoogteverschillen tussen het grondwater- en beekpeil.

Zo zal in de inundatiegebieden V2, B2, B3, B4 en V3 uit fig. 4 een daling van de grondwaterstand plaatsvinden. Van het stroomgebied B4 wordt aangenomen dat 75% van de oppervlakte met grondwaterklasse 0-20 cm -mv doorschuift naar de klasse 20-40 cm -mv en de helft van de oppervlakte met klasse 20-40 cm -mv naar de klasse 40-70 cm -mv overgaat. Van de vier overige stroomgebieden is aangenomen dat 50% van de oppervlakte met klasse 0-20 cm -mv overgaat in de klasse 20-40 cm -mv en 25% van de gronden met klasse 20-40 cm -mv overgaat in de klasse 40-70 cm -mv. De gemiddelde grondwaterverlaging en de invloed ervan op de afvoer zijn beide afhankelijk van de morfologie van het terrein en de peilverlaging in de beken. Door de grotere afvoercapaciteit van het verbeterde leidingstelsel zullen de inundaties grotendeels worden opgeheven waardoor de afvoertoppen hoger worden dan voor de beekverbetering. Met bovengenoemde gegevens kan weer een nieuwe indeling in grondwaterstandsklassen worden gemaakt en met de bijbehorende afvoernorm kan de te verwachten afvoer na de verbetering worden berekend. Tabel 6 geeft een overzicht van de berekende afvoeren en het verschil met de gemeten afvoer van december 1965. Uit de tabel blijkt dat de opnieuw berekende afvoer lager is dan in tabel 5 staat aangegeven, doch hoger wordt dan de voor de verbetering gemeten afvoer van december 1965.

TABEL 6. De te verwachten afvoer (l/sec. ha) van inundatiegebieden na beekverbetering

Stroom-gebied	Oppervl. ha	Groep	Afvoer			Toename in % t.o.v. dec. 1965
			Gemeten dec. 1965	Volgens tabel 5	Verw. na verbetering	
V2	1670	2	0,78	1,03	0,93	19,3
B2	2735	2	0,66	1,03	0,83	25,7
B3	1520	1	0,86	1,27	1,08	25,6
B4	2075	1	0,69	1,03	0,83	20,3
A3	1720	5	0,88	1,05	0,97	10,3

Verband tussen oppervlakte en afvoer van stroomgebieden

De gemiddelde afvoer per eenheid van oppervlakte van een klein stroomgebied is over het algemeen groter dan de afvoer van een stroomgebied met een grote oppervlakte. De afvoer van een stroomgebied is afhankelijk van de grondsoort, ontwateringsdiepte, terreinhelling en de eventuele kwel of wijziging in het stroomgebied. Ieder gebied reageert anders op neerslag en bovendien is de neerslagverdeling over een groot gebied niet zo homogeen als over een klein gebied. Ook het bergend vermogen van het leidingstelsel neemt met de grootte toe. De totale afvoer van een groot stroomgebied (> 3000 ha) hoeft daarom niet gelijk te zijn aan de som van de afvoeren van alle sub-stroomgebieden. In fig. 7 is de relatie tussen de oppervlakten van de sub-stroomgebieden en hun gemeten en berekende afvoer weergegeven. Hieruit blijkt dat de stroomgebieden zijn in te delen in drie groepen die elk een reductie van de afvoer hebben bij toenemende oppervlakte. Worden de berekende afvoeren van de heterogene sub-stroomgebieden gesommeerd om de totale afvoer van een stroomgebied te krijgen en worden deze afvoeren uitgezet

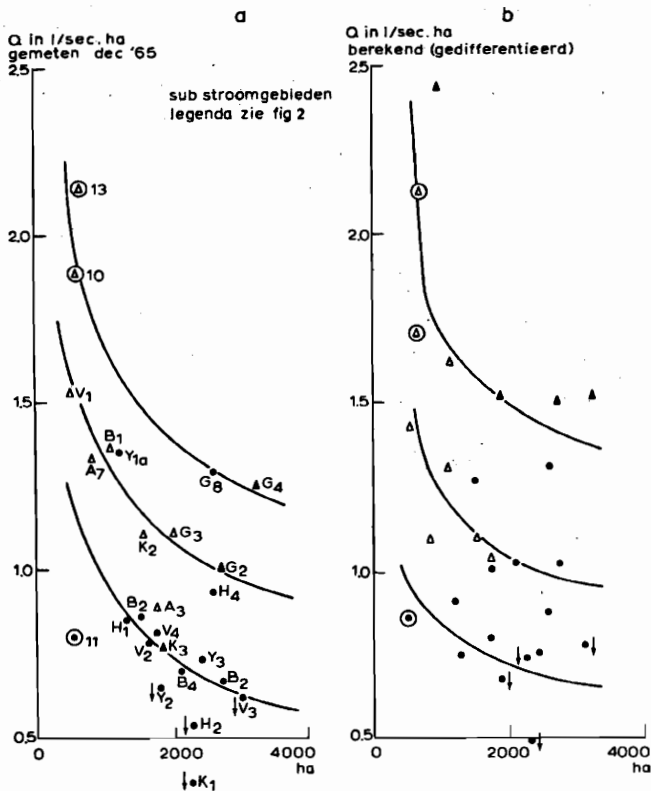


Fig. 7. a. De relatie tussen de gemeten december-afvoer van de sub-stroomgebieden en de bijbehorende oppervlakte
 b. De relatie tussen de berekende afvoer van de sub-stroomgebieden en de bijbehorende oppervlakte

tegen de gemeten totale afvoeren dan liggen de punten om een lijn die een hoek van 51° maakt met de x-as (fig. 8a). De berekende afvoeren zijn dan te hoog ten opzichte van de werkelijke afvoeren en dienen gemiddeld met een factor 0,78 te worden verlaagd.

Fig. 8b geeft de relatie tussen de gemeten december-afvoeren en de oppervlakten weer. Een duidelijke afname van de afvoer bij toenemende oppervlakte komt niet tot uiting door de nivellerende werking van inundatie, kwel en wegzijging.

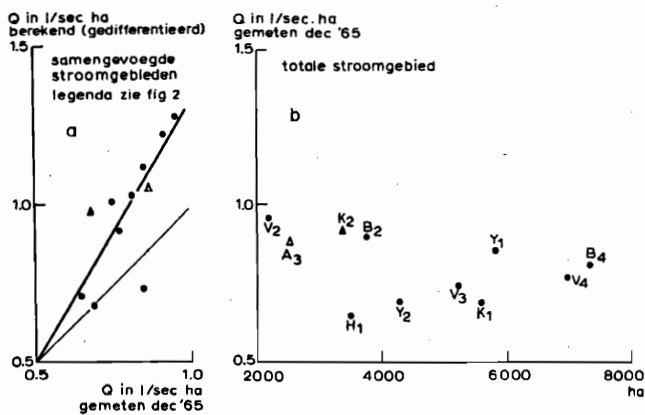


Fig. 8. Het verband tussen de berekende afvoeren van samengevoegde sub-stroomgebieden en de gemeten afvoer (a) en de samenhang tussen de gemeten december-afvoer per meetpunt en de bijbehorende oppervlakte (b)

Conclusies en samenvatting

Een juiste taxatie van de afvoernorm is een van de moeilijkste punten bij de voorbereiding van een beekverbetering. Nieuwe methoden voor afvoeranalyse leiden tot differentiatie van de afvoernormen. Maar meestal waren deze normen slechts geschikt voor grote stroomgebieden omdat bij de afvoeranalyse de registratie plaats vond aan het lozingspunt van een stroomgebied. Doordat in de Achterhoek afvoergegevens bekend waren van zeer heterogene gebieden is een ontwerp normenschema getoetst aan deze afvoeren. De indeling van dit schema berust op de winterontwateringsdiepte of de bergingscapaciteit (respectievelijk COLN-klassen of GT-kaarten) en terrein-factoren zoals helling en grondsoort. Ook voor thans nog inrunderende of drassige terreinen is de te verwachten afvoer na verbetering van deze gebieden te benaderen. Hellende gronden met op geringe diepte ondoorlatende lagen reageren snel op de neerslag. Beekverbeteringen in dergelijke gronden zullen slechts weinig tot de ontwatering van het gebied bijdragen. Voor gebieden groter dan 3000 ha zal men de eindafvoer kunnen berekenen door sommatie van afvoeren van de sub-gebieden en deze sommatie te reduceren met een factor 0,78.

Literatuur

- Bon, J. 1967a. Hoge beekafvoeren in de Achterhoek. Waterschapsbelangen 1967, nr. 11, blz. 157, Verspr. Overdr. ICW 46.
- 1967b. Afvoer en berging in verband met beekverbeteringen, toegelicht aan het stroomgebied van de Lunterse beek. VLO 701. Pudoc, Wageningen. Med. ICW 107.
- 1968. Gebruik van afvoerhoudingen bij het bepalen van de maatgevende afvoer in grote stroomgebieden. Waterschapsbelangen 1968, nr. 3, blz. 33, Verspr. Overdr. ICW 63.
- 1971. Afvoernormen. Nota ICW 631.
- Visser, D. W. 1969. Provinciale handleiding voor waterbeheersingsobjecten, rapport nr. 69-39. Cultuurtechn. Dienst.
- Werkgroep afvloeiingsfactoren. 1963. Interimrapport Kon. Inst. v. Ingenieurs en Kon. Genootsch. van Landbouwwetensch.
- 1970. Tweede Interimrapport Kon. Inst. v. Ingenieurs en Kon. Genootsch. van Landbouwwetensch.
- Werkgroep waterlopen. 1958. Richtlijnen voor het ontwerpen van open waterlopen en sommige bijbehorende kunstwerken. Van Gorcum, Assen.
- Werkgroep ontwerptechniek in de waterhuishouding. 1967. ICW.

BIBLIOTHEEK
 STARINGGEBOUW