NN31545.0641

NOTA 641 22 oktober 1971

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding

EEN ONDERZOEK NAAR DE AFVOERCAPACITEIT VAN ENKELE POLDERGEMALEN IN ZEELAND OP BASIS VAN MAALSTAATGEGEVENS

ir Ph.Th. Stol

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

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

544224

I N H O U D

	Blz.
INLEIDING	1
GEGEVENS UIT DE LITERATUUR	1
TOEGEPASTE WERKWIJZE BIJ HET ONDERZOEK	4
SITUATIE EN BASISMATERIAAL	5
DE AFVOERBEREKENINGEN	9
DE AFVOER IN VERBAND MET DE NEERSLAG	12
ONDERLINGE VERGELIJKING OVER DE JAREN VAN ONDERZOEK	16
DE AFVOERCAPACITEIT	21
SAMENVATTING CAPACITEITSBEPALINGEN	31
SLOTOPMERKINGEN	33
LITERATUUR EN REFERENTIE	34

INLEIDING

Voor het vaststellen van de vereiste afvoercoëfficiënten van poldergemalen staat een uitgebreide praktijkervaring ter beschikking. Wanneer wordt samengevat wat hierover in recente jaren is gepubliceerd, dan blijkt dat afhankelijk van de gedane aannamen, waarden tussen 10 en 25 mm/etm. worden opgegeven.

Men kan zich nu afvragen in hoeverre de huidige geïnstalleerde capaciteiten ten volle worden benut. Het gaat hierbij niet om enkele incidentele gevallen waarin van de maximale capaciteit gebruik gemaakt wordt maar om de frequentie waarmee dit bijvoorbeeld regelmatig elke 5 jaar of elke 10 jaar plaats vindt. Teneinde hierin inzicht te verwerven werden van vier gemalen in Zeeland de maalstaten, zoals deze door de machinisten zijn bijgehouden, over een zo lang mogelijke periode doorgewerkt. Aan de hand van deze en aanvullende gegevens werden de dagafvoeren berekend waaruit werd afgeleid met welke frequentie grote afvoeren zijn opgetreden. In het hierna volgende zullen de resultaten van dit onderzoek in het kort worden samengevat.

GEGEVENS UIT DE LITERATUUR

Voor het grootste deel van Nederland kan als norm een afvoercoëfficiënt van 11,5 mm/etm. worden gehanteerd (SMIT, 1964). Deze orde van grootte geldt speciaal voor niet te kleine polders zonder kwel (VAN DER MOLEN, 1954 en 1969). Uiteraard speelt de neerslagverdeling over het afvoergebied hierbij een rol daar vooral extreme neerslaghoeveelheden sterk plaatselijk van aard zijn waardoor een nivellering van het waterbezwaar over de polder als geheel zal plaatsvinden.

BRINKMAN (1963) vermeldt voor Zeeland, met name voor het herverkavelingsgebied, voor de 10 nieuw gestichte gemalen op een gezamenlijke oppervlakte van 34 000 ha een totaal geïnstalleerde capaciteit van

2800 m^3/min. en voor de 4 oude gemalen op totaal 2800 ha een capaciteit van 230 m^3/min. Voor beide komt dit op 11,9 mm/etm. gemiddeld.

VAN ROSSUM (1964) berekent voor de provincie Zeeland de capaciteit der bestaande gemalen op een gemiddelde waarde van 11,1 mm/etm. en vermeldt als hoogste in Nederland de provincie Zuid-Holland met 14,1 mm/etm. Voor geheel Nederland is het gemiddelde 11,7 mm/etm. De auteur vermeldt dat de gemiddelden gewogen gemiddelden zijn, met andere woorden dat rekening gehouden is met de oppervlakten van de bijbehorende poldergebieden. Indien echter ook hier een verband bestaat tussen grootte van het gebied en geïnstalleerde capaciteit dan zal een gewogen gemiddelde een te lage uitkomst geven, en niet als maatstaf bruikbaar zijn voor nieuw te installeren poldergemalen, evenmin als de eerdergenoemde 11,9 mm/etm. voor het herverkavelingsgebied in Zeeland.

Voor het bepalen van de benodigde afvoercapaciteit uit hydrologische metingen wordt veelal als belangrijkste gegeven de neerslagverdeling naar de tijd gehanteerd. In landbouwgebieden zijn het in aansluiting hierop bedrijfs-economische overwegingen die bepalend zijn voor het vaststellen van de benodigde capaciteit van een gemaal opdat het overschrijden van peilen - en dan speciaal van grondwaterstanden - die bedrijfsschade kunnen veroorzaken, wordt vermeden.

Aangezien het niet economisch is zich tegen alle eventuele extreme omstandigheden te wapenen speelt de frequentie van voorkomen van de peiloverschrijdingen een overheersende rol (DE ZEEUW, 1954). Frequentie-overzichten gebaseerd op lange waarnemingsreeksen zijn echter alleen van de neerslag in ruime mate voorhanden, zodat ook voor het vaststellen van niet toelaatbare peiloverschrijdingen deze aan de neerslag worden gerelateerd. Regenduurlijnen worden daarom veelal gehanteerd om de afwateringseisen te specificeren; VAN DER KLEIJ en ZUIDWEG (1969) geven daarvan een voorbeeld. Wordt aangehouden dat de neerslag van vijf achtereenvolgende dagen, in de periode oktober tot en met maart, moet kunnen worden afgevoerd in eenzelfde tijdsbestek, waarbij een overschrijding van gemiddeld eens in de vijf jaar wordt geaccepteerd, dan komt men op een benodigde capaciteit van 14,5 mm/etm.

In dit type berekeningen is echter geen rekening gehouden met

1. de nivellerende werking van een gebied van enige uitgestrektheid, noch met
2. de vertraging die optreedt voordat het water het gemaal heeft bereikt, noch met

3. de voorperiode, waardoor de uitgangssituatie ongunstiger kan zijn dan werd aangenomen.

I. Dat een duidelijk nivellerende werking bestaat die van de gebiedsgrootte afhangt, volgt uit de beschouwingen van DE GRUYTER (1957, pp. 142-145). Voor geheel Rijnland wordt op basis van een lange reeks van jaren als waarschijnlijke limiet voor het waterbezwaar 11 mm/etm. aangenomen; geconstateerd werd een grootste van 9,75 mm/etm.

2. KLEIN (zie VAN DER KLEIJ en ZUIDWEG, 1969) beschouwt bij het gebruik van regenduurlijnen de vertraging wel, door als criterium te stellen dat de slootwaterstand na vijf dagen weer zijn normale stand moet hebben bereikt. Het resultaat is eveneens een capaciteit van 14 mm/etm.

3. HOOMANS (1962, Nota Provinciale Waterstaat Zuid-Holland) voert een bewerking uit aan de hand van de gemiddelde frequenties van de neerslagstations Scheveningen, Kerkwerve en Oudenbosch. Opgemerkt wordt dat hiermede niet een nivellering van de neerslag over een groot gebied wordt nagebootst terwijl evenmin de extreme neerslaghoeveelheden nauwkeuriger door hun frequentie worden bepaald.
De uitkomsten blijven betrekking houden op puntneerslagen uit een reeks waarnemingen van dezelfde lengte als de oorspronkelijke.
Voor een maatgevende periode van 3 dagen wordt dan een capaciteit van 17 à 21 mm/etm. vastgesteld voor peiloverschrijdingen die 1 x in 10 respectievelijk 1 x in 30 jaar worden toegelaten. Voor een maatgevende periode van 5 dagen wordt eveneens weer een vereiste capaciteit van 14,5 mm/etm. gevonden waarbij een overschrijding gemiddeld 1 x in 10 jaar wordt toegelaten. Deze uitkomst is ook de gemiddelde capaciteit van de bestaande gemalen in het noordelijk deltagebied.
Aan de hand van een analyse van de natte perioden uit de jaren 1960 en 1961 vindt HOOMANS voor een viertal polders dat een maximale slootbelasting kan optreden van 25 mm/etm. Een grotere capaciteit heeft voor het onderzochte type polders geen zin aangezien er niet meer water per tijdseenheid aangevoerd kan worden. Tenslotte wordt het volgende overzichtje gegeven:

Tabel 1. Relatie tussen afvoercapaciteit en toelaatbare peiloverschrijding (naar HOOMANS)

Peiloverschrijding in cm	Capaciteit van het gemaal in mm/etmaal
0	25
10	22
20	19
30	16
40	13
50	10
60	7

De tabel heeft betrekking op gebieden met 3 % open waterberging. Voor peiloverschrijdingen groter dan 30 à 40 cm gaat uiteraard de tijdsduur van de overschrijding een rol spelen. Overschrijdingen van grondwaterstanden zijn niet in beschouwing genomen.

TOEGEPASTE WERKWIJZE BIJ HET ONDERZOEK

De nadelen van de verschillende bepalingsmethoden waarbij weinig of geen rekening gehouden wordt,of kan worden, met een aantal hydrologische en bodemkundige eigenschappen van een specifiek poldergebied kunnen worden ondervangen door rechtstreeks van berekende afvoeren uit te gaan. Deze kunnen worden bepaald uit gegevens die aan de maalstaten van poldergemalen worden ontleend. Dit is een tijdrovende methode die slechts met behulp van elektronische rekenmachines tot uitvoering kan worden gebracht. Het grote voordeel van een dergelijke werkwijze is dat gebruik wordt gemaakt van het feit dat de neerslag door het gebied zelf tot afvoer wordt getransformeerd en alle hydrologische eigenschappen van de polder automatisch in rekening worden gebracht. De resultaten zijn echter niet naar andere gebieden overdraagbaar zodat alleen door onderlinge vergelijking een kwalificatie van de ontwateringssituatie wordt verkregen.

In grote lijnen komt de toegepaste werkwijze op het volgende neer. Van de gemalen 'De Moer','Groenewege', 'De Piet' en 'Poortvliet' werden de gegevens uit de maalstaten over een lange reeks van jaren op ponskaart overgebracht. Aan het materiaal werden neerslaggegevens toegevoegd. Uit ijkingen van de gemalen werd de QH-kromme vas gesteld welke

numeriek werd benaderd. Met behulp van daartoe vervaardigde computerprogramma's werden grafieken, samenvattingen en overzichten van het omvangrijke cijfermateriaal vervaardigd waaruit tenslotte conclusies aangaande de wijze waarop door de gemalen de beschikbare bemalingscapaciteit werd benut, konden worden getrokken.

Een eerste indruk hierover kan men verkrijgen door de frequenties vast te stellen van het aantal bedrijfsuren van het gemaal per etmaal. Een gemaal waarvan blijkt dat het regelmatig 24 uur achtereen in bedrijf is, is kennelijk te krap bemeten. Op deze wijze is het echter niet mogelijk een kwantitatieve maat vast te stellen waarmede gemalen onderling kunnen worden vergeleken, zodat berekening van de afgevoerde hoeveelheden water een vereiste is.

SITUATIE EN BASISMATERIAAL

De plaatselijke situatie van de onderzochte gemalen is schematisch weergegeven in fig. 1. Een kort overzicht over de voorhanden zijnde gegevens volgt hieronder.

De Moer

Het gemaal 'De Moer' van het waterschap 'De Breede Watering Bewesten Yerseke' bemaalt een gebied dat voor de helft uit laaggelegen grasland bestaat dat overwegend in het centrum is geconcentreerd. Het gebied heeft een oppervlakte van 1675 ha. Tengevolge van enkele wijzigingen in de gebiedsindeling dient de oppervlakte vanaf 1954 op 1610 ha gesteld te worden. Het gemaal, dat gesticht werd in 1939, slaat uit op het Kanaal door Zuid-Beveland dat op een peil rond het NAP-nulvlak wordt gehouden. Het gewenste polderpeil is 181 cm - NAP. Een aaneensluitende reeks gegevens loopt vanaf 1 mei 1949 en werd bijgewerkt tot en met 31 maart 1964. Voor de QH-kromme werd de volgende benadering vastgesteld voor $0,80 \leq H \leq 2,40$ (STOL, 1965)

$$Q = -8,00\,H^5 + 59,75\,H^4 - 172,93\,H^3 + 229,91\,H^2 - 157,03\,H + 237,19$$

waarin H de statische opvoerhoogte in meters voorstelt en Q het debiet in m^3/min.

De maalstaatgegevens bevatten onder meer: tijdstip van het begin (t_1) en einde (t_2) van elke maalperiode, het binnenpeil P op de tijdstippen

Fig. 1

Schematisch overzicht van de ligging van de onderzoeksgebieden

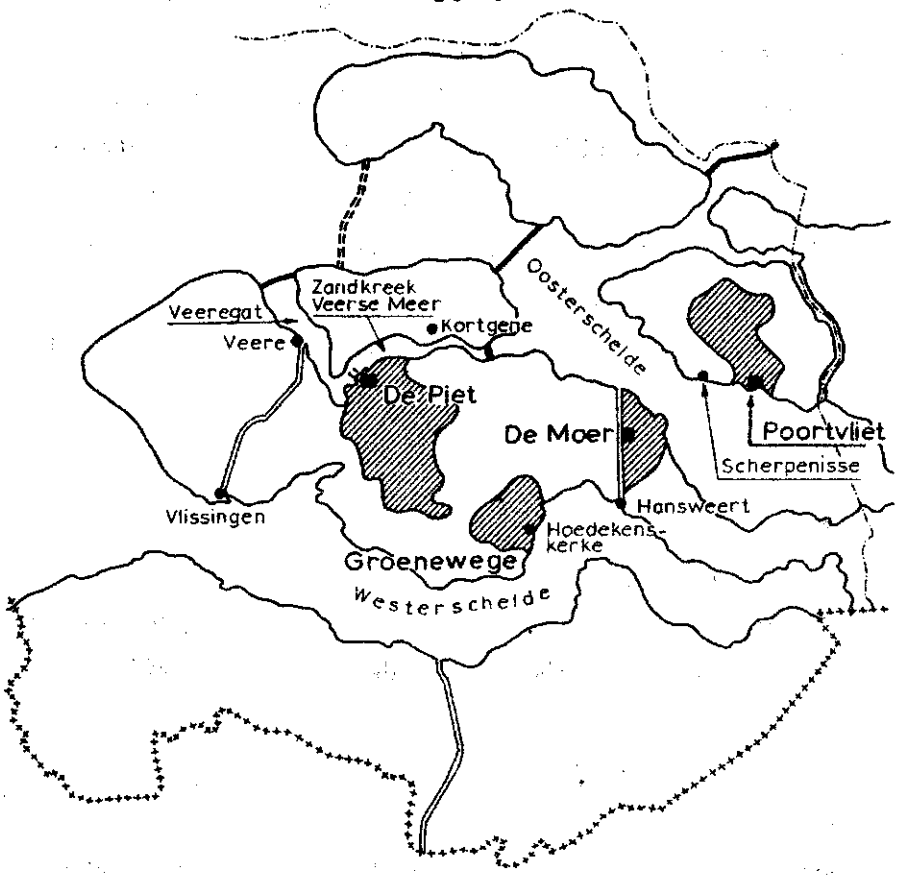


Fig. 1. Schematisch topografisch overzicht van de ligging van de onderzochte gemalen in de provincie Zeeland en verdere genoemde topografische aanduidingen

t_1 en t_2 respectievelijk P_{t_1} en P_{t_2} en het buitenpeil op dezelfde tijdstippen respectievelijk B_{t_1} en B_{t_2}.

Groenewege

Het gemaal 'Groenewege' te Hoedekenskerke van het waterschap 'De Breede Watering van Zuid-Beveland' bemaalt een gebied dat overwegend uit bouwland en boomgaard bestaat met een totale oppervlakte van 1034 ha. Het gemaal werd gesticht in 1953 en slaat uit op de Westerschelde. Het gewenste polderpeil is 1,75 - NAP, terwijl het buitenwater onder invloed staat van de getijdebeweging. Een aaneensluitende reeks gegevens was beschikbaar over de periode 17 juli 1953 tot en met 29 april 1965.

De QH-kromme werd met de volgende formule benaderd (STOL, 1966).

$$Q = 0{,}018\ H^4 - 0{,}373\ H^3 + 0{,}594\ H^2 - 6{,}758\ H + 108{,}047$$

$$0{,}5 \leq H \leq 7{,}0$$

De maalstaatgegevens bevatten onder meer: tijdstip van begin (t_1) en einde (t_2) van elke maalperiode, het binnenpeil op tijdstip t_1 en t_2. Gegevens omtrent het buitenpeil ontbreken in de maalstaten.

De Piet

Het gemaal 'De Piet' in de gemeente Wolphaartsdijk is gesticht omstreeks 1917. Het gemaal beschikt over twee pompen die in de loop der jaren door verschillende motoren zijn aangedreven. De totaal bemalen oppervlakte kan tot en met april 1953 op 5513 ha worden gesteld en na die datum, door het opnemen onder andere van de Perponcherpolder en enkele andere wijzigingen op 5682 ha. De bemalen oppervlakte bestaat overwegend uit bouwland met verspreid over het gebied percelen boomgaard. Het gemaal maakt sinds de concentratie van waterschappen in 1959 deel uit van 'Het Waterschap De Breede Watering van Zuid-Beveland'. Het gemaal sloeg voor 1959 uit op de Zandkreek via een suatiegeul. De polderpeilen variëren sterk met de hoogteligging en bedraagt bij het gemaal 1,10 m - NAP.

Een aaneensluitende reeks gegevens loopt van mei 1927 tot april 1959. Omstreeks deze tijd worden het Veeregat en de Zandkreek gedicht en ontstaat een gewijzigde afvoersituatie. Deze werd niet in het onderzoek betrokken. De analyse werd uitgevoerd met gegevens over de jaren 1945 - 1959, een tijdsbestek waarin de pompen steeds door dezelfde

motoren werden aangedreven en van eenzelfde afvoersituatie sprake is geweest.

Voor de QH-kromme werden de volgende formules afgeleid (STOL, 1967).

G r o t e p o m p, aangedreven door een dieselmotor, $0,80 \leq H \leq 2,50$

$$Q = 5,78\ H^5 - 48,95\ H^4 + 152,14\ H^3 - 195,08\ H^2 + 42,92\ H + 285,06$$

K l e i n e p o m p, aangedreven door een elektromotor, $0,80 \leq H \leq 2,50$

$$Q = 2,41\ H^5 - 20,54\ H^4 + 66,32\ H^3 - 93,34\ H^2 + 20,67\ H + 277,83$$

De maalstaatgegevens bevatten onder meer tijdstippen van begin (t_1) en einde (t_2) van de maalperioden van elk der pompen en de binnenpeilen op de tijdstippen t_1 en t_2. Gegevens omtrent het buitenpeil ontbreken in de maalstaten.

Poortvliet

Het gemaal 'Poortvliet' dateert van 1932 en behoort thans tot het Waterschap Tholen. Het gemaal slaat met twee pompen, respectievelijk genoemd de Westpomp en de Oostpomp, uit op een bergboezem die door middel van suatiesluizen loost op de Oosterschelde. Tot 1959 bedroeg de bemalen oppervlakte 2511 ha, vanaf dat jaar na een herindeling van het gebied 855 ha. Deze herindeling had tot gevolg dat het in het achterland gelegen lage gebied De Weihoek een eigen bemaling kreeg. Het aanhouden van zeer lage polderpeilen bij het gemaal teneinde de ontwatering van de laaggelegen graslanden veilig te stellen was voor deze datum een vaste regel. De nieuwe indeling maakt een meer aangepaste peilregeling mogelijk. In 1960 kwam verbinding met de polder Scherpenisse tot stand zodat bij veel waterbezwaar beide gebieden door het gemaal 'Poortvliet' worden bemalen. Het winterpeil ligt rond 1,60 m - NAP, het zomerpeil rond 2,10 m - NAP. Een aaneensluitende reeks gegevens was beschikbaar van 1933 tot 1963. Hieruit werden voor de analyse de volgende perioden gekozen: 1936 tot en met 1941; 1946 tot en met 1951 en 1957 tot en met 1962 zodat perioden met calamiteiten (1944 - 1945; 1953) buiten beschouwing bleven.

Op 5 november 1964 vond ijking van het gemaal plaats door de Dienst der Zuiderzeewerken te Den Haag waarbij beide pompen in bedrijf waren gesteld. Op 12 februari 1968 werd elk der pompen afzonderlijk geijkt

waaruit bleek dat een beïnvloeding van de pompen op elkaar te verwaarlozen viel en dat zowel de West- als de Oostpomp gerekend kan worden eenzelfde QH-kromme te produceren. Elk der pompen heeft dus een evengrote capaciteit en gesommeerd geven zij de capaciteit van het gemaal.

De QH-kromme werd benaderd met de volgende formule (STOL, 1971)

$$Q = 0{,}05\ H^5 - 0{,}26\ H^4 - 0{,}16\ H^3 - 5{,}56\ H^2 - 3{,}51\ H + 118{,}75$$

$$0{,}40 \leq H \leq 2{,}50$$

De maalstaatgegevens bevatten onder meer: tijdstippen t_1 en t_2 voor elk der pompen, begin- en eindpeil in de polder en met betrekking tot de bergboezem het beginpeil, het eindpeil en het hoogste en het laagste peil tijdens iedere maalperiode. Gegevens van standen op de Oosterschelde ontbreken in de maalstaten.

DE AFVOERBEREKENINGEN

Het principe van de toegepaste afvoerberekeningen berust op het gebruik van de vermelde formules voor de QH-kromme en de betrekking

$$A = \frac{Q(t_2 - t_1)}{10\ F}$$

waarin:

Q = debiet in m^3/min.

$t_2 - t_1$ = aantal bedrijfsuren per etmaal in min.

F = bemalen oppervlakte in ha

A = afvoer in mm/etm.

De statische opvoerhoogte werd berekend uit het gemiddelde ($\bar{P}$) van begin- en eindstand van het binnenpeil van elke maalperiode en een gemiddelde waarde $\bar{B}$ van het buitenpeil over dezelfde periode, zodat $H = \bar{B} - \bar{P}$. De binnenpeilen kwamen steeds als gegeven voor op de maalstaten; behalve van het gemaal 'De Moer' ontbreken gegevens van het buitenpeil. Deze moest uit andere bronnen worden gereconstrueerd voor de tijden waarop het betreffende gemaal in werking was.

In het volgende zal in het kort geschetst worden op welke wijze voor elk der gemalen informatie omtrent de buitenpeilen werd verkregen en hoe hiermede de statische opvoerhoogte werd bepaald.

De Moer

Uit de maalstaten konden rechtstreeks de volgende grootheden worden berekend:

$$\text{gemiddeld binnenpeil} = \frac{P_{t_2} + P_{t_1}}{2} = \bar{P}$$

$$\text{gemiddeld buitenpeil} = \frac{B_{t_2} + B_{t_1}}{2} = \bar{B}$$

waaruit volgt

$$H = \bar{B} - \bar{P}$$

Groenewege

Er werd uitgegaan van de registratiestroken van de zelfregistrerende peilschrijver te Hansweert van de Hydrometrische Afdeling van Rijkswaterstaat. Voorts stonden ter beschikking de door deze dienst vervaardigde gemiddelde curven voor gemiddeld tij, spring- en doodtij, voor respectievelijk Hoedekenskerke en Hansweert. Uit een vergelijking van beide reeksen figuren bleek dat de vormen van de curven voor het gestelde doel voldoende nauwkeurig met elkaar overeenkomen waarbij te Hoedekenskerke de hoogste respectievelijk de laagste waterstand gemiddeld 20 minuten eerder wordt bereikt.

Voor toepassing van de getijcurven is nog van belang te weten dat de uitmonding van de persbuis van het gemaal een niveau had van 30 cm - NAP zodat bij waterstanden lager dan 35 cm - NAP de hevelwerking van de pomp werd verbroken en de capaciteit sterk terug liep. Deze kwam dan overeen met die bij een buitenwaterstand van 3,70 m + NAP en een opvoerhoogte van ruim 5 meter, waarbij een afvoer behoorde van Q = 55,5 m^3/min. Op 15 juni 1962 trad een verbetering in de situatie op door de aanleg, buitendijks, van een drempel met kruinhoogte 35 cm - NAP. Bij metingen in september 1964 verricht bij opkomend en afgaand tij bleek de overstorthoogte boven de drempel 30 cm te bedragen. De waterspiegel tussen gemaal en drempel kan dus op 5 cm - NAP gesteld worden.

Bij de uitwerking van de gegevens werd steeds elke maalperiode van $t_1 \rightarrow t_2$ opgesplitst in de verschillende hydraulische situaties. Onder een verschuiving van 20 minuten werden de bijbehorende buitenwaterstanden van de registratiestroken van Hansweert afgelezen voor elk van de maalperioden

tussen de jaren 1953 en 1965, waarna de afvoer kon worden bepaald. Samentelling leverde de afvoer in mm/etm.

De Piet

Metingen van peilen op de Zandkreek over een periode die overeenkomt met het tijdvak waarover maalstaatgegevens beschikbaar zijn, ontbreken. Na onderlinge vergelijking en analyse van getijkrommen voor Veere, Kortgene en Vlissingen werd de oplossing gekozen waarbij van de registratiestroken van Vlissingen gebruik werd gemaakt waarbij aangehouden werd dat in de omgeving van De Piet een vertraging ten opzichte van Vlissingen optreedt van 25 minuten (GETIJTAFELS, div. jrg). Tevens bleek dat een demping in rekening moest worden gebracht van 83 % om het buitenpeil bij 'De Piet' te benaderen (STOL, 1969).

Het gemaal maalt af op het buitenwater via een suatiegeul. In deze geul bevindt zich een drempel die reeds in 1928 aanwezig moet zijn geweest. Door de invloed hiervan daalde de peilen bij de uitstroomopening van de persbuis nooit onder 0,10 m + NAP. Ook nu moeten de maalperioden van $t_1 \rightarrow t_2$ weer opgesplitst worden in de verschillende hydraulische deelsituaties. Proefberekeningen met de volledige rekenprocedure over 1957 en 1958 brachten aan het licht dat voor praktische doeleinden een eenvoudiger procedure kon worden toegepast over de uren dat het gemaal gedurende afgaand en opkomend getij bij peilen op de Zandkreek boven 0,10 m + NAP in bedrijf was, op basis van de tijdsduur.

De uit de deelsituaties berekende afvoeren werden weer samengesteld tot afvoeren per etmaal.

Poortvliet

Van elke maalperiode is het peil in de bergboezem vermeld op de tijdstippen t_1 en t_2. Het hoogste en laagste peil op de boezem is gegeven zonder nadere tijdsaanduiding zodat geen benadering van het peilverloop op de boezem kon worden gegeven. Door aan te nemen dat in het omvangrijke cijfermateriaal alle mogelijke hydrologische situaties vertegenwoordigd zijn, is de verwachting gerechtvaardigd dat een over de vier opgegeven buitenwaterstanden berekend gemiddeld buitenpeil $\bar{B}$ een bruikbaar gegeven is in de verdere uitwerking. Als opvoerhoogte werd ook hier genomen $H = \bar{B} - \bar{P}$.

DE AFVOER IN VERBAND MET DE NEERSLAG

Ter afsluiting van een bewerking waarbij verschillende aannamen moesten worden gedaan en vereenvoudigingen worden toegepast, zal men graag gebruik maken van eenvoudige middelen ter controle van de uitgevoerde berekeningen. Deze controle zal plaats moeten vinden met cijfermateriaal dat onafhankelijk is van de gegevens die in de berekeningen zijn opgenomen. Ook zal nagegaan moeten worden of de resultaten voldoen aan hydrologische voorwaarden die tot de aard van het bestudeerde verschijnsel behoren.

Tevens kunnen de resultaten van de bestudeerde gebieden onderling vergeleken worden aangezien voor elk gemaal van een geheel verschillende procedure gebruik werd gemaakt voor het bepalen van de buitenwaterstand en daarmede van de opvoerhoogte. Overeenkomstige uitkomsten in de berekende afvoeren van twee gemalen geven dan eveneens aan dat de bewerking geslaagd mag heten al kan er bij een negatief resultaat eerst na een uitvoerige analyse vastgesteld worden welk van de bemalingsgebieden de afwijking veroorzaakt.

Een eenvoudig hulpmiddel ter controle van de uitkomsten is het cumulatief uitzetten van de berekende afvoeren tegen de gemeten dagneerslag. De dagneerslag komt soms voor in de maalstaten, waar nodig werd dit gegeven ontleend aan het dichtstbijzijnde neerslagstation van het KNMI. (MAAND. OVERZICHT, div. jrg.). Als beginpunt van een dergelijke sommatie is 1 januari minder geschikt. Deze datum valt midden in het afvoerseizoen waardoor dit dan niet in zijn totaliteit kan worden overzien. Om deze reden is in het volgende een afvoerjaar gedefinieerd dat loopt van 1 mei tot 30 april daaraanvolgend.

Voorbeelden van cumulatieve curven gebaseerd op dagtotalen worden gegeven in fig. 2[x] voor het gemaal Poortvliet. In deze bewerking is een dag voor dag sommatie uitgevoerd zodat elke curve betrekking heeft op 365 uitkomsten binnen een afvoerjaar. De figuur illustreert de curve voor een aantal afvoerjaren tussen 1936 - 1961. De algemene gedaante van de curven kan als volgt worden omschreven. Vanaf 1 mei neemt de neerslagsom toe. De neerslaghoeveelheden in deze tijd van het jaar worden gebruikt voor de verdamping van de gewassen. De afvoersom neemt

xDeze curven werden op de Calcompplotter, verbonden aan de 1130-IBM-computer van het IWIS-TNO te Wageningen automatisch getekend

Fig. 2

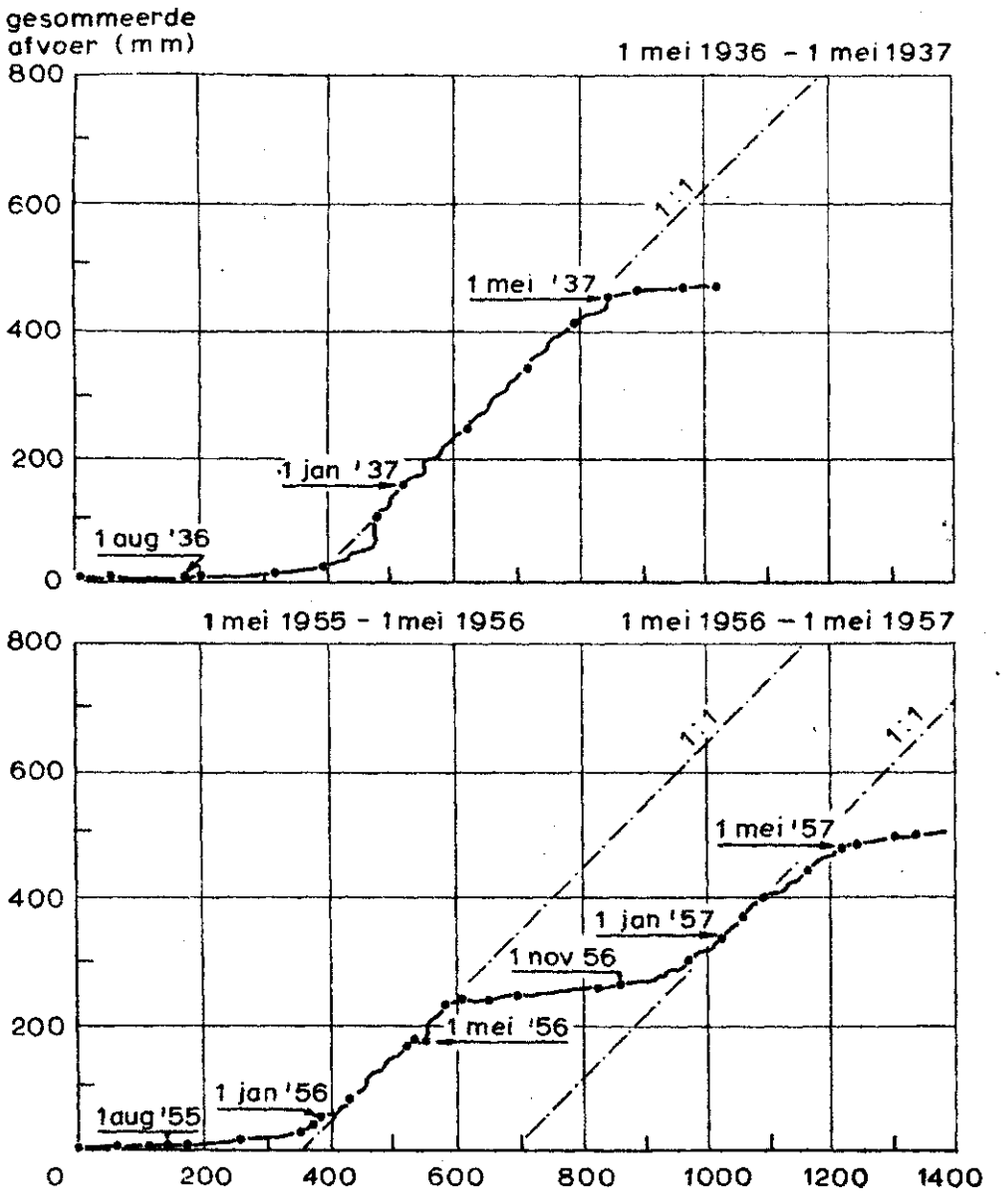
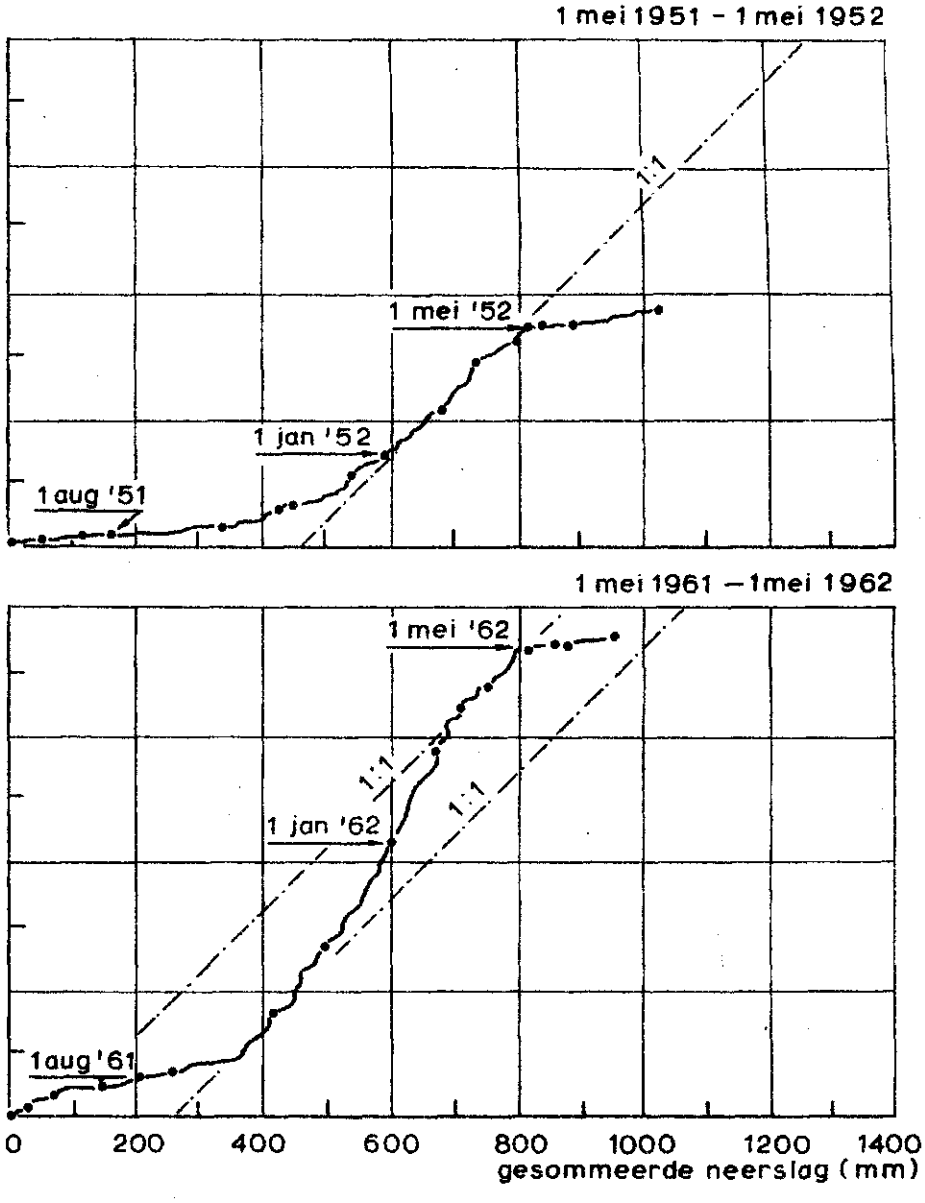


Fig. 2. Cumulatieve sommen van dagtotalen van neerslag en afvoer van van het gemaal 'Poortvliet' voor een aantal afvoerjaren met elkaar in verband gebracht. De stippen duiden aan dat weer een maand aan het bereikte totaal is toegevoegd

Fig. 2


1 mei 1951 - 1 mei 1952
1:1
1 mei '52
1 jan '52
1 aug '51
1 mei 1961 – 1 mei 1962
1 mei '62
1:1
1:1
1 jan '62
1 aug '61
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
gesommeerde neerslag (mm)

daarom nauwelijks toe. Eerst wanneer de verdamping afneemt begint de curve te stijgen. Dit kan, afhankelijk van de metorologische situatie, plaatsvinden in de loop van september in regenrijke jaren, dan wel eerst in januari of nog later indien een droge herfst op de zomer volgde. Nadat de waterberging in de polder geheel is aangevuld en de verdamping tot zeer lage waarden is teruggelopen zal een afvoerpatroon optreden waarbij neerslag en afvoer met elkaar in evenwicht zijn. Uit fig. 2 blijkt dat dit veelal pas na 1 januari het geval is.

De figuur toont aan dat aan het einde van een afvoerjaar de betrekkingslijn van gecumuleerde neerslag- en afvoerhoeveelheden rond een 45°-lijn ligt. Dit betekent dat gemiddeld eenzelfde hoeveelheid water wordt afgevoerd als de neerslag aanbrengt.

Deze relatie wordt weer verbroken wanneer de verdamping gaat toenemen wat veelal in de maand april het geval is. De curven wijzen uit dat op 1 mei het beeld zich vrij abrupt wijzigt omdat in de maand mei praktisch geen water door het gemaal wordt uitgeslagen. In de curven komen natte winters (36/37) en relatief droge winters (56/57) goed tot uiting.

De curve voor 1961 - 1962 vertoont een geheel ander beeld. Dit houdt verband met het feit dat sinds 1960 het gemaal 'Poortvliet' tevens het gebied van Scherpenisse bijstaat. De uitgeslagen hoeveelheden water zijn groter dan met de gevallen neerslag op de bij Poortvliet behorende oppervlakte overeenkomt.

Opgemerkt wordt nog dat de curven niet een representatie zijn van een volledige waterbalans. Met name zijn de kwel en de verdamping twee termen die niet expliciet zijn opgenomen. Waar in de winter een afvoer gelijk aan de neerslag wordt gevonden kan dit betekenen dat het optreden van een kleine hoeveelheid kwel die nog door de geringe hoeveelheid verdamping wordt gecompenseerd, niet wordt gevonden.

Vergelijking tussen de gemalen onderling met behulp van dit type cumulatieve curven is uitgevoerd in fig. 3. Hierin zijn voor twee afvoerjaren de curven voor de verschillende gemalen, voor zover aanwezig, ingetekend. Opvallend is de grote overeenkomst die zowel optreedt over 1950 - 1951 als in 1960 - 1961. In het laatste geval loopt de curve van Poortvliet weer te steil om redenen die bij de voorgaande figuur werden besproken.

Met deze cumulatieve curven is aangetoond dat de resultaten verkregen met de verschillende gemalen goed met elkaar in overeenstemming

Fig. 3

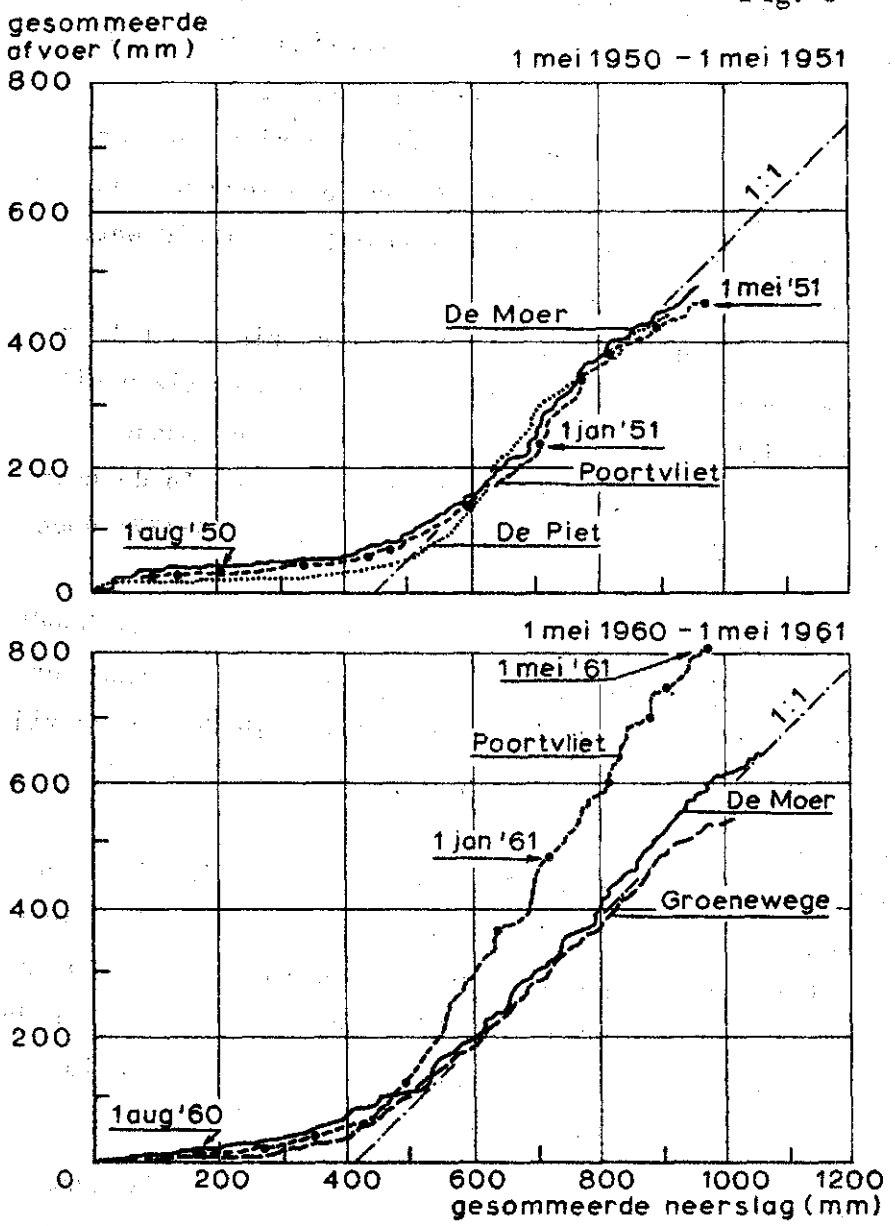


Fig. 3. 'Cumulatieve sommen als in fig. 2 nu vergeleken tussen de verschillende gemalen onderling'

,71C101.9/3.7

zijn en een hydrologische interpretatie toelaten. Besproken zal nog worden in hoeverre deze overeenkomsten consistent over de jaren zijn en welke specifieke uitkomsten zich per gemaal voordoen.

ONDERLINGE VERGELIJKING OVER DE JAREN VAN ONDERZOEK

Nu blijkt dat het berekende jaarlijkse afvoerverloop tot een betrouwbare uitkomst heeft geleid kan nagegaan worden in hoeverre de totaal uitgeslagen hoeveelheid water per afvoerjaar consistent is.

Hiertoe zijn de cumulatieve sommen van neerslag- respectievelijk afvoerhoeveelheden van steeds twee gemalen tegen elkaar uitgezet. Kleine systematische afwijkingen zullen namelijk, gesommeerd over een aantal jaren, tot steeds groter absolute afwijkingen van een 45°-lijn, aanleiding zijn. Hieruit kunnen dan verdere conclusies worden getrokken.

De bovenste rij grafieken uit fig. 4 geeft de samenhang van de cumulatieve afvoerjaar-neerslagsommen tussen twee gemalen.

De figuren tonen aan dat de hoeveelheden gemeten neerslag een vaste onderlinge verhouding vertonen. Deze wijkt soms af van een 45°-lijn doordat de verhouding niet in alle gevallen 1:1 is. De uit de grafieken afgeleide verhoudingen staan vermeld in tabel 2.

Tabel 2. Verhouding a tussen afvoerjaar - neerslaghoeveelheden respectievelijk afvoerhoeveelheden volgens y = ax uit fig. 4

x	Neerslag		Afvoer	
y	De Piet	Groenewege	De Piet	Groenewege
Poortvliet	1,03	-	1,30 (1,05)	-
De Moer	1,04	1,00	1,43 (1,15)	1,16

(...) vóór 1952

Het blijkt bijvoorbeeld dat de neerslaghoeveelheden voor De Moer en Groenewege, behoudens toevalsfluctuaties, aan elkaar gelijk gesteld kunnen worden. Vergeleken met De Piet zijn de neerslagen te Poortvliet en De Moer systematisch 3 à 4 % hoger.

Fig. 4

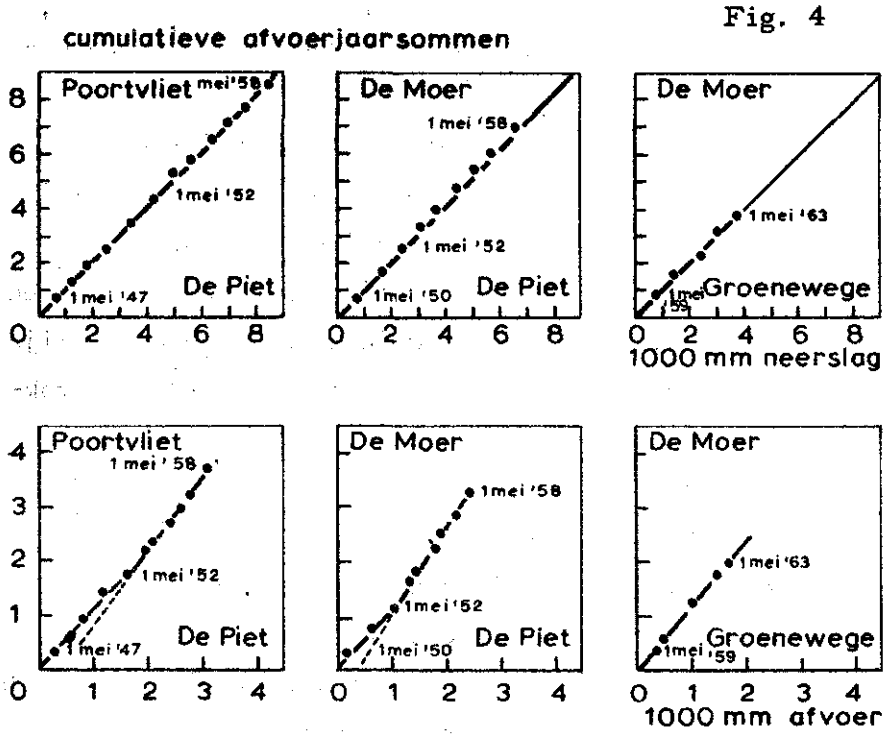


Fig. 4. Cumulatieve sommen van afvoerjaar-totalen van neerslag respectievelijk afvoer voor tweetallen gemalen met elkaar in verband gebracht. De stippen duiden aan dat weer een afvoerjaar aan het bereikte totaal is toegevoegd.

Fig. 5

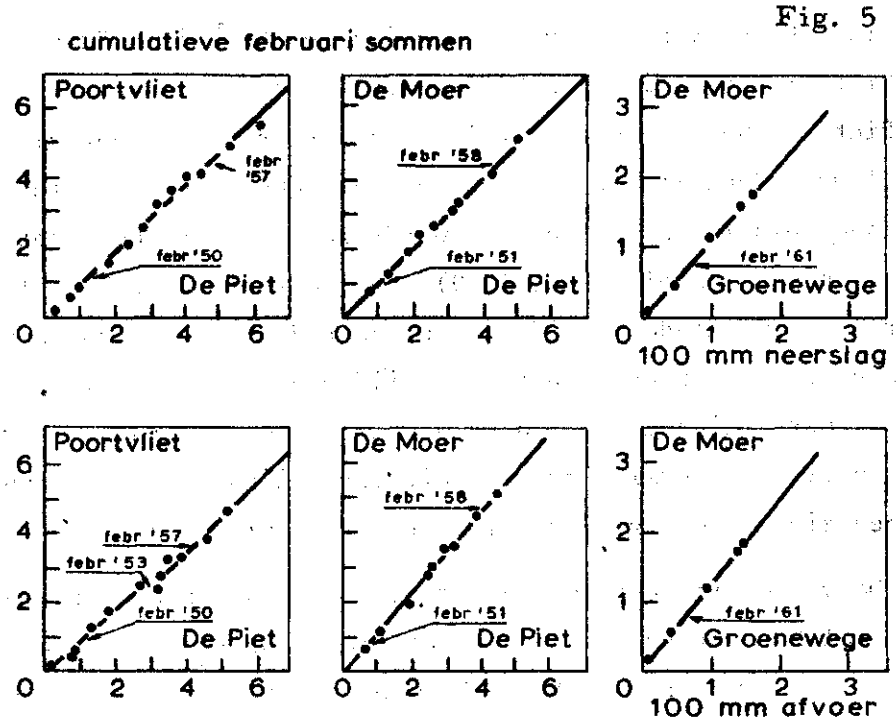


Fig. 5. Als fig. 4, nu voor totalen van februarimaanden wanneer de waterberging geheel is opgevuld. De stippen duiden aan dat weer een februarisom van een volgend jaar aan het bereikte totaal is toegevoegd.

De onderste rij grafieken uit fig. 4 toont aan dat tussen de afvoerhoeveelheden van de gemalen 'De Moer' en'Groenewege' een vaste factor 1,16 bestaat. Het gebied van De Moer voert dus 16 % meer water af per afvoerjaar dan het gebied van Groenewege.

De curven waarbij het gemaal 'De Piet' is betrokken behoeven een verdere toelichting. De curven tonen aan dat door De Piet gemiddeld minder water tot afvoer wordt gebracht dan door de ermee vergeleken gemalen. De curven vertonen bovendien een knik in 1952 steeds waar De Piet als vergelijkingsobject dienst doet. De conclusie luidt dat De Piet na 1952 minder water is gaan afvoeren dan voor die tijd het geval was. Eenzelfde conclusie kan getrokken worden indien niet de afvoerhoeveelheid in beschouwing wordt genomen maar het aantal bedrijfsuren van het gemaal (STOL, 1969). De conclusie moet hier luiden dat door het gewijzigde beleid gevoerd door de in 1952 aangestelde nieuwe machinist een geringer aantal bedrijfsuren werd gerealiseerd waaruit uit de berekening een geringer aantal mm resulteerde. Andere wijzigingen die een verklaring voor dit verschijnsel zouden kunnen inhouden hebben zich rond deze jaren in het gebied niet voorgedaan.

De verhoudingen tussen de afvoersommen staan eveneens weergegeven in tabel 2. Hier valt op dat Poortvliet respectievelijk De Moer 30 en 43 % meer water tot afvoer brengen dan De Piet. Opgemerkt wordt nogmaals dat de tabel betrekking heeft op afvoeren per afvoerjaar. Hierdoor worden de resultaten mede bepaald door het bemalingsbeleid in de zomer. Het maakt namelijk verschil uit of in de zomer grote neerslaghoeveelheden in de polder zelf verdampen dan wel eerst afgevoerd worden door met de bemaling het neerslagpatroon scherp te volgen. Hier speelt ook de grootte en opbouw van de polder een rol en de snelheid waarmede het water het lozingspunt kan bereiken.

In fig. 5 is de voorgaande bewerking herhaald maar nu alleen voor de februarimaanden. Deze keus is gedaan omdat uit de fig. 2 en 3 gebleken is dat het gedeelte van de curve waar februari in de sommatie optreedt in alle jaren op de 45°-lijn ligt hetgeen betekent dat in februari steeds de waterberging tenvolle is benut en er evenwicht tussen neerslag en afvoer bestaat. Hoewel de neerslaggegevens- door de korte in beschouwing genomen periode - groter relatieve spreiding vertonen dan in fig. 4, valt ook nu de constante verhouding over een reeks van jaren op.

Van belang is het op te merken dat ook de afvoergegevens thans een

meer consistent beeld geven, zoals in de betrekking tussen De Moer en De Piet en tussen Poortvliet en De Piet daar nu geen knik het verloop van de curve verstoort. In februari 1953 komen tengevolge van de calamiteiten door de stormramp geen afvoeren van Poortvliet in de sommatie voor. De rechte verspringt hierdoor van ligging maar vervolgt zich daarna onder dezelfde helling. Voor De Piet betekenen de uitkomsten dat de in fig. 4 geconstateerde beleidsverandering aangaande de bemaling vooral in de zomermaanden zijn invloed doet gelden en in de winter, met opgevulde waterberging in de gehele polder, niet of nauwelijks optreedt.

De verhoudingen zoals die bestaan tussen de verschillende gemalen worden verzameld weergegeven in tabel 3.

Tabel 3. Verhouding b tussen februari-neerslaghoeveelheden respectievelijk afvoerhoeveelheden volgens y = bx uit fig. 5

x	Neerslag		Afvoer	
y	De Piet	Groenewege	De Piet	Groenewege
Poortvliet	0,92	-	0,97	-
De Moer	1,00	1,10	1,15	1,18

Bij het beschouwen van de verhouding tussen afvoerhoeveelheden moet in aanmerking worden genomen dat de waterbelasting tengevolge van de neerslag eveneens systematische afwijkingen vertoont. Valt er 10 % meer neerslag in een gebied, dan zal de afvoer ook 10 % meer bedragen, in ieder geval in de wintermaanden. In zomermaanden kan een deel van de grotere hoeveelheid neerslag door verdamping worden gecompenseerd. Door nu de afvoer te Groenewege op I = 100 te stellen en rekening te houden met de verschillen in neerslag per gebied en daarop te corrigeren, wordt het indexcijfer van De Moer in februari

$$I_{\text{De Moer}} = \frac{1,18}{1,10} \cdot 100 = 107,3$$

Zo voortgaande kunnen de indexcijfers voor de overige gemalen worden berekend. Het resultaat, afgerond op eenheden van 5, wordt gegeven in tabel 4.

Tabel 4. Indexcijfers I voor afvoerhoeveelheden per afvoerjaar en per februarimaand. $I_{Groenewege} = 100$

Gemaal	Jaar		Februari	Bemalen oppervlakte
	vóór 1952	na 1952		
De Piet	105	85	95	5680
Poortvliet	105	105	100	2500
De Moer	115	115	105	1610
Groenewege	100	100	100	1050

In februari komen verschillen van 5 % tussen de afvoerhoeveelheden voor. Poortvliet en Groenewege komen met elkaar overeen, De Piet voert iets minder af en komt op 95 % van de voor Groenewege bepaalde hoeveelheid. De nivellerende werking van de grootte van het ontwateringsgebied op de neerslag zal hier een rol spelen. Het gebied van De Moer vertoont wat hogere afvoeren. In dit laaggelegen gebied zou de aanwezigheid van kwel een oorzaak kunnen zijn doch de curven in fig. 2 geven geen duidelijke indicatie in deze richting.

De verschillen tussen de gemalen onderling bij de berekening met jaarafvoeren zijn groter, vooral de gang van zaken bij De Piet dat vóór 1952 afvoeren had van dezelfde orde als het gemaal Poortvliet, valt weer op. Na 1952 bedragen de uitgeslagen hoeveelheden water 85 % van de voor Groenewege berekende. De hoeveelheden voor De Moer zijn 15 % hoger zodat dezelfde onderlinge verhoudingen als voor februari geconstateerd worden.

Nu gebleken is dat de afvoerberekeningen tot betrouwbare resultaten heeft geleid kan nagegaan worden wat de afvoercapaciteit van de gemalen onder gemiddelde bedrijfsomstandigheden is en hoe regelmatig deze volledig gebruikt wordt.

DE AFVOERCAPACITEIT

De dagafvoer als mm waterschijf per etmaal kan in een grafiek uitgezet worden tegen het aantal bedrijfsuren dat het gemaal per dag in werking was. Een gemiddelde lijn in zulk een grafiek kan geëxtrapoleerd

Fig. 6

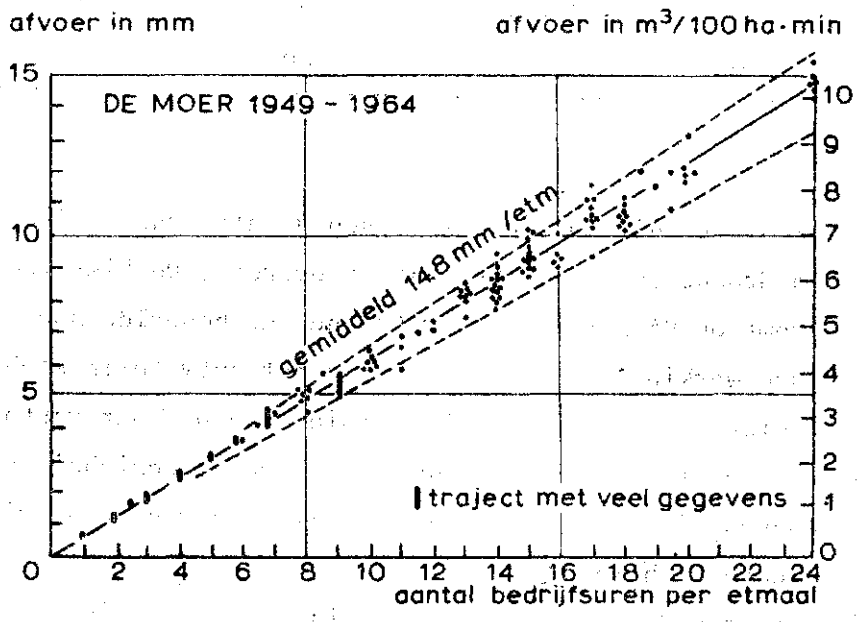


Fig. 6. Het verband tussen het aantal uren dat het gemaal 'De Moer' in een etmaal in bedrijf is geweest en de daarbij berekende afvoer. Het snijpunt van de rechte met de verticaal van 24 uur geeft de capaciteit van het gemaal in mm/etm. of m^3/100 ha.min.

worden tot de snijlijn met de verticaal door 24 bedrijfsuren. Hiermede wordt dan de capaciteit als gemiddelde over velerlei bedrijfs- dat wil zeggen hydrologische situaties verkregen. Dit is gedaan voor elk van de onderzochte gemalen. De resultaten zullen in het volgende worden besproken. Hierbij zal de capaciteit zowel in mm/etm. als in m^3/100 ha. min. worden uitgedrukt. Deze laatste grootheid zal tussen haakjes worden vermeld. Als omrekeningsgrootheid geldt dat 1,44 mm/etm = 1 m^3/100 ha.min. met als benadering voor de reciproke waarde de factor 0,7.

De Moer

In fig. 6 staan afvoeren en bedrijfsuren voor gewerkte dagen tegen elkaar uitgezet. Aangezien het niet praktisch uitvoerbaar is alle uitkomsten over de 15 jaren van onderzoek uit te zetten is een steekproef uit de vele gegevens gedaan. Wel zijn de gevallen met minstens 10 bedrijfsuren per etmaal alle in de grafiek weergegeven.

In de regel bedraagt het aantal bedrijfsuren minder dan 20 per etmaal. Gedurende de 15 jaar waarover de gegevens werden geanalyseerd is het gemaal slechts 6 maal een vol etmaal van 24 uur in bedrijf geweest. Het betrof hier een regenrijke periode in de winter van 60/61. Het gemaal heeft toen 24 uur achtereen gedraaid op 12 en 13 oktober 1960; 4, 5 en 6 december 1960 en 30 januari 1961.

De gegevens wijzen uit dat gemiddeld over alle afvoersituaties op een capaciteit van 14,8 mm/etm. (10,4 m^3/100 ha.min.) kan worden gerekend. Onder gunstige omstandigheden - bij geringe opvoerhoogte - kan bijna 16 mm/etm. (11,2) bereikt worden.

Onder alle voorkomende omstandigheden zal een capaciteit van ruim 13 mm/etm. (9,0) beschikbaar zijn.

Een nadere beschouwing van de frequenties waarmede grote afvoerhoeveelheden zijn overschreden resulteert in de volgende tabel (STOL, 1965).

Tabel 5. Gemiddeld aantal malen van voorkomen per afvoerjaar van afvoeren groter dan de genoemde

De Moer	
Hoeveelheid per etmaal	Aantal overschrijdingen gemiddeld per winter (oktober t/m februari)
≥ 5 mm	7
≥ 10 mm	2
≥ 12 mm	1

Het aanspreken van de volle capaciteit van het gemaal is dus tot enkele incidentele gevallen beperkt gebleven.

Het bemalingsgebied wordt gekarakteriseerd als een behoorlijk ontwaterd gebied (RAPPORT Onderzoekcentrum Zeeland, 1964). Wel wordt de aandacht erop gevestigd dat het onderhoud van de perceelssloten toendertijd te wensen overliet. Het is interessant er op te wijzen dat de toestroming van water naar het gemaal in de onderzoeksperiode vertraagd tot stand is gekomen. Dit wordt geïllustreerd met enkele gegevens over 1960 waaruit blijkt dat ten opzichte van Groenewege van een dag vertraging sprake was.

Tabel 6. Perioden met veel waterbezwaar en langdurige afvoer voor de gemalen 'De Moer en 'Groenewege'

Datum	Neerslag (mm)		Aantal bedrijfsuren		Afvoer (mm)	
	De Moer	Groenewege	De Moer	Groenewege	De Moer	Groenewege
29-10-1960	.6	.0	5	0	2.9	.0
30-10	11.1	14.0	10	19	5.8	8.4
31-10	7.3	5.2	9	8	5.3	3.8
1-11	9.9	9.5	10	24	5.9	11.0
2-11	13.7	9.9	20	19	12.1	9.1
24-11-1960	1.9	1.9	5	4½	3.1	1.8
25-11	3.5	2.5	0	20	.0	8.6
26-11	16.8	14.2	18	24	11.1	10.8
27-11	14.0	14.6	20	8½	11.8	3.5
28-11	5.3	5.0	14	6	8.4	2.7
29-11	.2	.0	5	6½	2.9	3.1
2-12-1960	.9	1.7	5	1	3.0	.4
3-12	.4	.3	9	24	5.6	11.3
4-12	29.1	21.7	24	24	14.9	11.1
5-12	26.0	13.2	24	24	15.0	10.6
6-12	.0	.0	24	16	14.3	6.3
7-12	6.5	7.8	14	9	8.1	3.4
8-12	.0	.0	4	7	2.4	2.6

Fig. 7

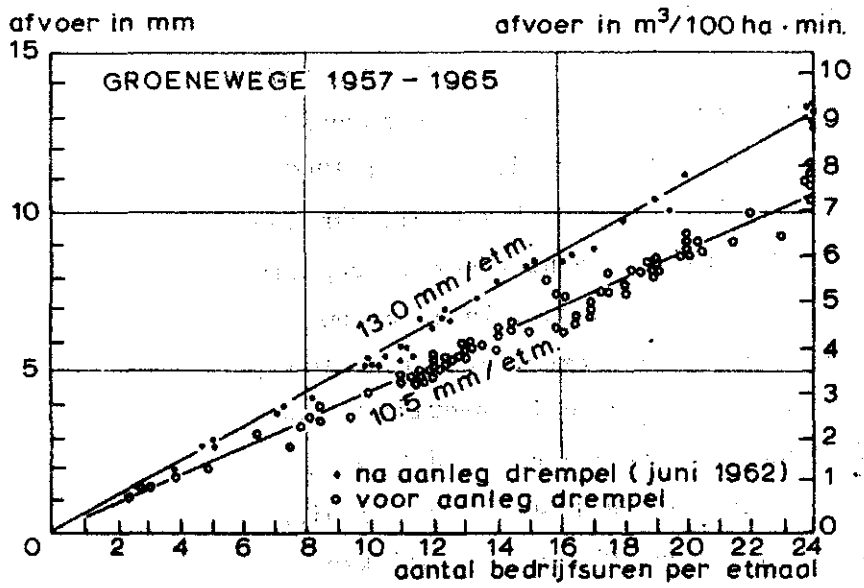


Fig. 7. Het verband tussen het aantal uren dat het gemaal 'Groenewege' in een etmaal in bedrijf is geweest en de daarbij berekende afvoer. Zie ook fig. 6

Fig. 8

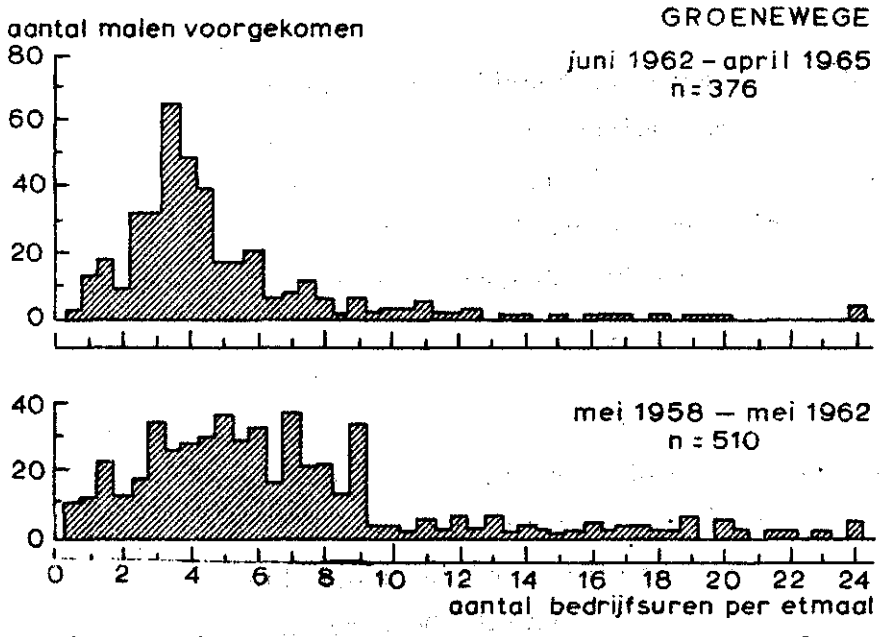


Fig. 8. Histogram van het aantal maten van voorkomen van een gegeven aantal bedrijfsuren per etmaal voor het gemaal 'Groenewege' gesplitst naar de situatie vóór aanleg van de drempel en daarna. Het totaal aantal bedrijfsdagen n in de onderscheiden tijdvakken is bijvermeld

Groenewege

Op overeenkomstige wijze als dit voor De Moer is gedaan werden de dagafvoeren van Groenewege uitgezet (fig. 7).

In deze figuur staan alle afvoeren gelijk aan of groter dan 5 mm/etm. uitgezet en enkele gegevens met lagere afvoeren. Er werd onderscheid gemaakt naar de situatie vóórdat de drempel was aangelegd (juni 1962) en de situatie daarna. Uit de figuur blijkt dat door het aanleggen van de drempel en het verbeteren van de afvoersituatie hierdoor de capaciteit van het gemaal met bijna 3 mm/etm. is toegenomen. In de nieuwe situatie bedraagt de afvoercapaciteit thans 13 mm/etm. of 9,1 m^3/100 ha. min. De gevallen waarin het gemaal 24 uur achtereen in bedrijf is geweest behoren tot drie perioden met veel waterbezwaar. De data zijn 18 november 1963, 4 en 5 december 1964 en 1 en 9 januari 1965. Indien alle gegevens in deze figuur zouden zijn uitgezet, dan zou blijken dat in de nieuwe situatie tussen '62 - '65 ruim 70 % van alle dagen dat het gemaal in werking is geweest het aantal bedrijfsuren tussen 2 en 6 heeft gelegen. Het histogram van fig. 8 brengt de aantallen malen dat een gegeven aantal bedrijfsuren in een etmaal is voorgekomen in beeld. Doordat in de figuur ook de splitsing met betrekking tot 1962 is toegepast geeft deze een goede illustratie hoe de verbeterde technische outillage tot een vermindering van het gemiddeld aantal bedrijfsuren heeft geleid.

In praktisch alle gevallen zijn de aantallen bedrijfsuren minder dan 20 u/etm. Onder de meest gunstige omstandigheden bedraagt de capaciteit 13,3 mm/etm. (9,3), terwijl op een capaciteit van 12,5 mm/etm. (8,8) kan worden gerekend. De afwatering en ontwatering van dit gebied wordt als optimaal gekarakteriseerd (RAPPORT Onderzoekcentrum Zeeland, 1961).

De Piet

Voor dit gemaal werden grafieken opgesteld voor elk der pompen apart en voor dagen waarop beide pompen tegelijk evenlang in bedrijf waren. De gegevens vertoonden een geringe spreiding rond de gemiddelde curve zoals ook uit fig. 9 voor het gehele gemaal blijkt. De oorzaak moet gezocht worden in de grotere schematisering die bij de uitwerking werd toegepast. Voor de grote pomp werd een capaciteit gevonden van 5,7 mm/etm. en voor de kleine pomp van 6,2 mm/etm. Uit fig. 8 valt af te lezen dat indien beide pompen gelijktijdig werken de capaciteit

Fig. 9

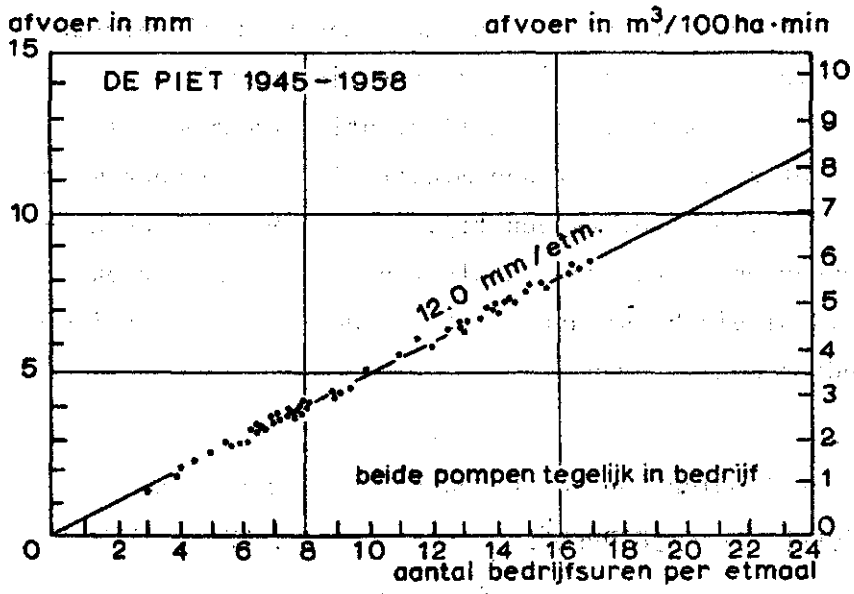


Fig. 9. Het verband tussen het aantal uren dat het gemaal 'De Piet' in een etmaal in bedrijf is geweest en de daarbij berekende afvoer. Zie ook fig. 6

,71C101.5/5.1

berekend wordt op 12,0 mm/etm. (8,4 m^3/100 ha.min.) zodat de beide pompen elkaar niet nadelig beïnvloeden.

De grote pomp is gedurende de 15 jaren van onderzoek nooit langer dan 17½ uur op een dag in bedrijf geweest. De langste werkperiode per dag bedroeg voor de kleine pomp 18 uur. Voor beide pompen betekent dit dat ten hoogste 75 % van de aanwezige capaciteit werd benut.

Het maximale aantal draai-uren dat beide pompen op een dag tegelijk in werking waren bedroeg 17 uur, overeenkomend met een wateropbrengst van 8,6 mm.
Ook in dit geval werd dus hoogstens 75 % van de pompcapaciteit benut.

Door het verschil in bemalingsbeleid tussen de jaren vóór 1952 - 1953 en daarna is het vermelden van frequenties waarmede afvoeren van gegeven grootte zijn opgetreden minder zinvol, te meer waar na het afvoerjaar 1952 - 1953 slechts een tijdvak tot 1959 in beschouwing werd genomen aangezien daarna door afsluiting van de Zandkreek opnieuw een andere hydrologische situatie optrad. Onder deze restricties wordt de volgende tabel gegeven.

Tabel 7. Gemiddeld aantal malen van voorkomen per afvoerjaar van afvoeren groter dan de genoemde

De Piet		
Hoeveelheid per etmaal	Aantal overschrijdingen gemiddeld per winter	
	voor 1953	na 1953
≥ 5	8	1
≥ 6	7	1
≥ 7	2	0,3
≥ 8	0,4	0,2

In de nieuwe situatie zijn slechts weinig dagen met grote afvoeren voorgekomen. De grootte van het gebied werkt hier nivellerend.

Van de zuidelijk gelegen polders legt het water een lange weg af alvorens bij het gemaal tot afvoer te komen. Het profiel van veel waterleidingen is hier in het algemeen te klein zodat in dit gedeelte van het gebied de afwatering te wensen overlaat (RAPPORT Onderzoekcentrum Zeeland, 1961).

Fig. 10

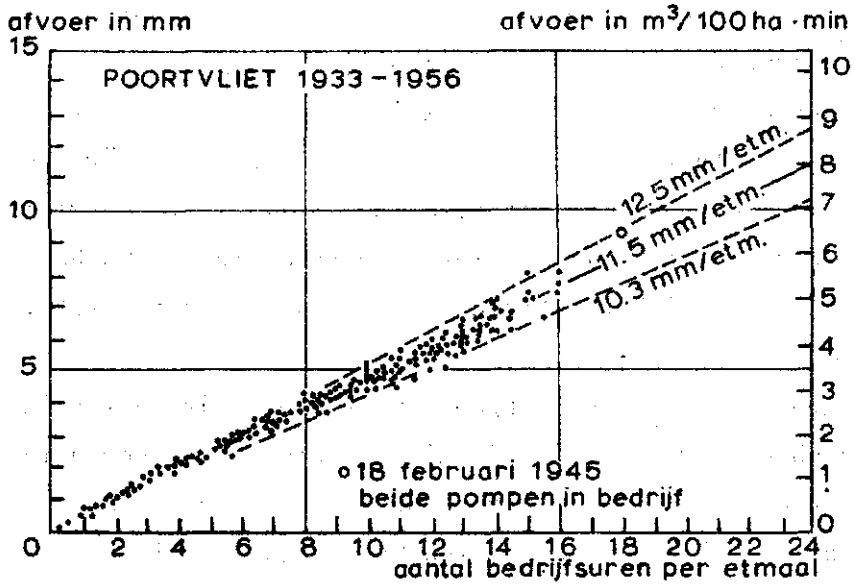


Fig. 10. Het verband tussen het aantal uren dat het gemaal 'Poortvliet' in een etmaal in gebruik is geweest en de daarbij berekende afvoer. Zie ook fig. 6

71C101.7/3.7

Poortvliet

Tot slot wordt voor het gemaal Poortvliet de bijbehorende figuur voor de capaciteitsbepaling gegeven (fig. 10). Ook nu werd uit het zeer grote aantal gegevens een representatieve steekproef gelicht met dien verstande dat alle situaties die een afvoer van 7 mm of meer gaven in de figuur zijn ingetekend. Als aantal bedrijfsuren is het gemiddelde van de bedrijfsuren van beide pompen per etmaal gebruikt. Aangezien de Westpomp en de Oostpomp in dit opzicht gelijkwaardig zijn kan de figuur geïnterpreteerd worden als geldig voor het gemaal met beide pompen tegelijk het vermelde aantal uren in bedrijf.

De figuur vertoont weer een grotere spreiding dan de vorige. Hier doet zich duidelijk het effect voelen van de invloed van de variërende peilen van de bergboezem op de afvoersituatie. Gemiddeld over velerlei situaties zal de afvoercapaciteit 11,5 mm/etm. bedragen (8 m^3/100 ha. min.). Onder gunstige omstandigheden kan deze oplopen tot 12,5 mm/etm. (8,8).

Hoewel in de figuur geen gegevens opgenomen zijn over jaren waarin zich calamiteiten hebben voorgedaan is als uitzondering het gegeven ingetekend waarbij de grootste uitslag over de periode van onderzoek zich heeft voorgedaan en wel 9,4 mm op 18 februari 1945. Op die datum waren beide pompen van 9.00 tot 17.00 uur en van 21.00 tot 07.00 uur in bedrijf. Tevens blijkt dus uit de figuur dat onder normale omstandigheden het aantal uren dat het gemaal in bedrijf is geweest hoogstens 16 heeft bedragen en dat dit aantal 3 maal is voorgekomen. Dit vond plaats op de data 19 maart 1942, 6 januari 1951 en 2 december 1939.

De volgende tabel (tabel 8) verschaft nog informatie over de frequentie van voorkomen van grote afvoerhoeveelheden.

Tabel 8. Gemiddeld aantal malen van voorkomen per afvoerjaar van afvoeren groter dan de genoemde in drie tijdvakken

	Poortvliet		
Tijdvak :	1933 t/m 1942	1946 t/m 1956[x)]	1957 t/m 1963
Aantal jaren:	10	10	7
Hoeveelheid per etmaal			
≥ 5 mm/etm.	4,9	8,5	24,0
≥ 6	1,5	3,3	18,4
≥ 7	0,2	0,5	15,0
≥ 8	0,1	0,1	12,4
≥ 9	0,0	0,0	9,4
≥10			8,0
≥15			1,7
≥20			0,1

x)exclusief 1953

De laatste kolom laat uitkomsten zien die weer te verklaren zijn uit de nieuwe gebiedsindeling. Doordat het gemaal 'Poortvliet' ook tijdelijk de polder Scherpenisse steunt bij de bemaling wordt een onevenredig grote afvoer gevonden die niet in overeenstemming is met de voor Poortvliet in rekening gebrachte gebiedsgrootte. Aangezien geen gegevens beschikbaar waren over het al of niet open zijn van de verbinding tussen Poortvliet en Scherpenisse kon de juiste bemalen oppervlakte niet in rekening worden gebracht. Er werd reeds gewezen op het feit dat de huidige indeling een betere polderpeilregeling mogelijk maakt.

SAMENVATTING CAPACITEITSBEPALINGEN

De uitkomsten van de capaciteitsberekeningen worden hieronder nog eens samengevat. De resultaten kunnen gezien worden als ijkingen van de gemalen op praktijkschaal. De bewerking van maalstaatgegevens over een groot aantal jaren heeft hierbij het voordeel dat een betrouwbare gemiddelde waarde over velerlei meteorologische en hydrologische situa-

ties wordt verkregen.

Tabel 9 bevat een verzameling van uitkomsten in mm/etm., in m^3/100 ha. min. en in m^3/ min. Deze laatste kunnen vergeleken worden met de opgave van de waterstaatskaarten bij gemiddelde opvoerhoogte. Uit het overzicht blijkt dat voor de gemalen 'De Piet' en 'Groenewege' de resultaten in overeenstemming zijn met de opgave op de WATERSTAATSKAART (div. jrg.). Voor het gemaal 'De Moer' is uit het onderzoek een wat grotere capaciteit gebleken, voor 'Poortvliet' een belangrijk lagere.

Behalve het vaststellen op praktijkschaal van de beschikbare capaciteiten leverde het onderzoek tevens resultaten op waaruit een gegeven volgde over de frequentie waarmede hoge afvoeren, waarbij praktisch de totale capaciteit van het gemaal wordt aangesproken, worden overschreden. Het is gebleken dat een aantal bedrijfsuren van 20 uur of meer slechts incidenteel bij de onderzochte gemalen is voorgekomen.

Tabel 9. Samenvattend overzicht over de capaciteitsbepaling van vier poldergemalen in Zeeland

Gemaal	Gebiedsgrootte ha (afgerond)			Capaciteit van het gemaal in mm/etm. bij verschillende hydrologische situaties		
				ongunstig	gemiddeld	gunstig
Groenewege	1050 x)			12,5	13,0	13,3
De Moer	1610			13,0	14,8	16,0
Poortvliet	2500 x)			10,3	11,5	12,5
De Piet	5680			-	12,0	-
				Idem in m^3/100 ha.min.		
Groenewege				8,7	9,0	9,2
De Moer				9,0	10,3	11,1
Poortvliet				7,1	8,0	8,7
De Piet				-	8,3	-
	Volgens WATERSTAATSKAART m^3/min.			Idem in m^3/min.		
	1941/1948	1959/1966	H(m)			
Groenewege	-	90	4,00	90	93	95
De Moer	150	150	2,10	145	166	179
Poortvliet	260	280	2,00	178	201	218
De Piet	465	470	1,30	-	472	-

x) thans 850 ha

SLOTOPMERKINGEN

De gegevens in de maalstaten zoals die voor veel gemalen bijgehouden worden maken het mogelijk tot een afvoerberekening te komen. Uit het voorgaande zal het duidelijk zijn geworden dat dit eerst via de omweg van een tijdrovende reconstructie van de buitenpeilen over de tijden dat het gemaal in werking was, kon worden bereikt. Voormalige situaties zijn voor een specifiek doel in de regel slechts met veel moeite en onder het doen van verschillende aannamen te reconstrueren wat ten koste van de nauwkeurigheid der uitkomsten gaat.

Het ligt voor de hand te pleiten voor het opvullen van deze leemte. De berekening van de uitgeslagen hoeveelheden water per maalperiode verschaft een gegeven dat voor het opstellen van een waterbalans onmisbaar is. Bovendien kunnen door het toepassen van cumulatieve som-technieken, waarvan hier voorbeelden gegeven zijn, veranderingen in het hydrologisch gedrag opgespoord worden in een stadium dat mogelijk nog aanvullende gegevens ter verklaring achterhaald kunnen worden.

Het systematisch onderling vergelijken van de uitkomsten tussen verschillende polders kan leiden tot een verdieping van de kennis van de specifieke eigenschappen van elke afwateringseenheid wat kan resulteren in een betrouwbaarder vaststelling van de waterbalans ten gunste van het waterbeheer.

Aangetoond is dat met een benaderingsformule voor de QH-kromme, afvoeren bij kennis van de opvoerhoogten, gemakkelijk berekend kunnen worden. Het jaarlijks verponsen van de maalstaatgegevens en de buitenwaterstanden en het met daartoe vervaardigde standaardprogramma's samenstellen van grafieken en tabellen zou een eenvoudige routine kunnen worden waaraan belangrijke informatie omtrent het hydrologisch gedrag van het betrokken gebied kan worden ontleend.

LITERATUUR EN REFERENTIE

BRINKMAN, P.W. 1963. Afwatering en ontsluiting; in: Herverkaveling Zeeland 1953 - 1963. Cultuurtechnisch Tijdschrift 3 pp. 72-78.

GETIJTAFELS VOOR NEDERLAND. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage. Diverse jaargangen.

GRUYTER, P. DE, 1957. Rijnlands Boezem, Dl. I. De Waterhuishouding.

KLEIJ, J. VAN DER en H.J. ZUIDWEG, 1969. Polders en dijken. Agon Elsevier, Amsterdam.

MAANDELIJKS OVERZICHT DER WEERSGESTELDHEID. K.N.M.I. uitgave 94a. Diverse jaargangen.

MOLEN, W.H. VAN DER, 1954. De toepassing van de cultuurtechniek in de IJsselmeerpolders. Hfdst. X uit Cultuurtechniek pp. 214-228. 's-Gravenhage.

——— 1969. Ontwateringsnormen voor de landbouw. Hfdst. XIV uit Cultuurtechnische Verhandelingen pp. 277-296. 's-Gravenhage.

NOTA INZAKE DE GEWENSTE CAPACITEIT VAN DE POLDERGEMALEN IN HET NOORDELIJK DELTAGEBIED, 1962. Provinciale Waterstaat in Zuid-Holland.

PROVINCIALE ALMANAK VAN ZEELAND. Diverse jaargangen.

REGENWAARNEMINGEN; K.N.M.I. Publicatie nr 117. Tabellen met dagelijkse neerslagcijfers. Diverse jaargangen.

RAPPORT inzake de verbetering van de waterbeheersing van Zuid-Beveland ten westen van het kanaal, 1961. Deel I: De waterafvoer. Stichting provinciaal onderzoekcentrum voor de landbouw in Zeeland.

——— inzake de verbetering van de waterbeheersing van Zuid-Beveland ten oosten van het kanaal, 1964. Deel I: De waterafvoer. Stichting provinciaal onderzoekcentrum voor de landbouw in Zeeland.

ROSSUM, H. VAN, 1964. Polderbemaling in Nederland. Waterschapsbelangen 49. pp. 99-103.

STOL, PH.TH.1965. Enkele resultaten van het onderzoek naar de afvoerfrequenties van het gemaal 'De Moer'. ICW nota 299.

——— 1966. Een analyse van veeljarige afvoerreeksen van het gemaal 'Groenewege' te Hoedekenskerke. ICW nota 339.

——— 1969. Een bewerking van maalstaatgegevens van het gemaal 'De Piet' op Zuid-Beveland met enkele opmerkingen over de waterbalans van de onderzochte poldergebieden ICW nota 520.

STOL, PH. TH. 1971. Een samenvatting van de analyse van maalstaatgegevens van het gemaal 'Poortvliet' op Tholen. ICW-nota 615.

WATERSTAATSKAART 1:50 000, 1941. Blad Bergen op Zoom, 49-West.

——— 1948. Blad Middelburg, 48-Oost.

——— 1959. Blad Middelburg, 48-Oost.

——— 1966. Blad Bergen op Zoom, 49-West.

ZEEUW, J.W. DE, 1954. Polderinrichting. Hfdst. V uit Cultuurtechniek pp. 95-125. 's-Gravenhage.