

W A C H T B E K K E N S

ALS MAATREGEL TEGEN HOGE AFVOEREN

ir. G. DE GRAEVE

Adjunkt-direkteur N.V. BELGROMA

INLEIDING

Bij het mij verdiepen in de problematiek van wachtbekkens, ben ik over nogal wat benamingen gestruikeld.

Ik citeer : wachtbekkens, wachtkommen, vergaarbekkens, re-
duktiereservoirs, potpolders, enz.

In feite heb ik meer termen gevonden dan bestudeerde of
uitgevoerde projekten, tenminste waar het gaat om projekten
uitgewerkt als doelmatige en gecontroleerde systemen.

De buitenlandse terminologie is minder weelderig, de uitge-
bouwde projekten zijn des te talrijker.

In de Duitse Bondsrepubliek zijn meer dan 100 wachtbekkens
in bedrijf genomen waarmee de hoge afvoergolven van stroom-
gebieden gaande van 100 tot 500.000 ha gecontroleerd worden (1).

In Frankrijk komen meer dan 30 uitvoeringen voor, met o.m. het
systeem van het Seine-bekken waar 4.400.000 ha beheerst wor-
den door een bekkeninhoud van 700 miljoen m³. (2).

De Duitse benaming luidt : "Rückhaltebecken".

In het Frans spreekt men van "Bassin de rétention", in het
Engels van "Detention reservoirs".

De veelvuldige toepassingen in onze buurlanden gesteld tegenover het geringe aantal projekten in eigen land, schijnen erop te wijzen dat men zich nooit veel bezonnen heeft over deze techniek.

Ondanks de vele benamingen in onze taal is de beeldvorming weinig gedifferentieerd. Achter al die begrippen wordt wel aangevoeld, dat een ruimte bedoeld wordt die, wanneer de omstandigheden zich voordoen, kan aangewend worden om een volume water tijdelijk te bergen, dat via het bestaande afvoerstelsel, om welke redenen dan ook, niet mag of kan getransporteerd worden. Naargelang de technische middelen die voor de aanwending van deze ruimten ingeschakeld worden dekken deze termen een techniek die gaat van nauwelijks geregelde natuurlijke overstromingskommen tot complexe programma-gestuurde bekkens met vaak meervoudige functies.

De planning van wachtbekkens ligt voor de hand in volgende omstandigheden :

- wanneer de afvoer in het benedenstroomse gebied een grenswaarde niet kan overschrijden zonder overstromingen te veroorzaken en wanneer de uitbouw van het stroomafwaarts gedeelte gewoon onmogelijk geworden is door de stedelijke uitbreiding;
- ingeval een overschrijding van een maximaal toegestane lozing op een ander gebied dient vermeden te worden;
- ingeval de vloedlijnen van getijdegolven dienen verlaagd te worden omdat dijkverhogingen uitgesloten zijn en andere systemen te duur uitvallen;
- wanneer bij de overgangszone tussen het getijdegebied en het meer stroomopwaartse gedeelte, onvoldoende berging in het waterlopenstelsel aanwezig is, om de afvoergolven van dit stroomopwaartse gedeelte op te vangen.

De huidige tendens bij de waterbeheersing van grote stroomgebieden is, wachtbekkens als basistechniek in te schakelen, waarbij naast de primaire functie nl. de beheersing van topafvoeren, een aantal secundaire functies mee ingebouwd worden.

Het ligt in mijn bedoeling een aantal aspecten te belichten van wachtbekkens, als moderne techniek voor de beheersing van topafvoeren in de waterbouwkundige uitbouw van grotere stroomgebieden, met betrekking tot de planning, het ontwerp, de bouw en het bedrijf.

Als voorbeeld zal hierbij het wachtbekkensysteem dat in planning is in het stroomgebied van de Demer stroomopwaarts Diest, dienst doen.

PRINCIPIELE INZICHTEN

Gezien de term wachtbekken of analoge termen een wijd toepassingsveld oproepen en de diversiteit in opvatting en werking vrij groot is, voer ik hierna de belangrijkste begrippen in.

Hierdoor wordt het voorbeeld van de Demer tevens tegen een achtergrond geplaatst.

1. TERMINOLOGIE

- De verschillende gangbare benamingen drukken naar mijn gevoel hetzelfde begrip uit.

Voorzover ik mij niet verspreek houd ik het verder bij wachtbekkens, zonder daarmee te willen bedoelen dat bv. een term als retentiebekken minder draagkracht zou hebben. Het begrip potpolder, dat misschien nog het meest vertrouwd klinkt, heeft mijn inziens een beperkter betekenis. Ik citeer hiervoor de omschrijving van ir. J. QUINTYN, uit zijn artikel "Het overstromingsvraagstuk van de Durme in de Potpolders".

"Een potpolder is een oppervlakte laag gelegen land naast de rivierdijken, en waarvan de grenzen enerzijds de rivierdijk zelf en anderzijds, landenwaarts, een zijdijk zijn" (1).

Hoeverre deze bepaling sluit is mij geen zorg.

In elk geval blijkt hieruit dat met het woord potpolder een bijzondere vorm van wachtbekken aangeduid wordt, waarvan kan aangenomen worden dat het zijn toepassing vindt in de getijdezone. De inlaat gebeurt normaal bij middel van een overstortdijk.

- Begripsverwarring met andere vormen van bekkens of reservoirs, zoals spaarbekkens, reservoirs achter stuwdammen, enz. schijnt mij niet waarschijnlijk. Toch kunnen wachtbekkens qua technische uitbouw hetzelfde uitzicht hebben als stuwmuren, namelijk waar zij gepland worden onder vorm van een dalafsluiting.

Het verschil ligt hem in dat geval in het doel en de werking. Wachtbekkens vormen een doelbewuste ingreep in het afvoerproces, nl. in het afvlakken van de afvoergolf.

Stuwmuren wijzigen het afvoerproces, maar vormen in hoofdzaak een ingreep met een ander doel (elektriciteitsvoorziening, watervoorziening voor industrie of drinkwater, irrigatiewater, enz.).

Hiertussen bestaan overgangsvormen, namelijk bekkens met meervoudige doeleinden (multipurpose reservoirs, mehrzweck-rückhaltebecken).

2. HOOFDOPVATTINGEN

Twee hoofdvormen waartussen de keuze in feite bepaald wordt door de geomorfologie van het terrein, komen voor :

VLAKKE BEKKENS, die ontstaan door het afsluiten van een terrein met een ringdijk. Een bijzondere vorm hiervan is de potpolder.

DALBEKKENS die ontstaan door het afsluiten van een vallei met een stroomafwaartse afsluitdijk.

2.1. VLAKE BEKKENS (ZIE FIG. 1.a. en b.)

- Vlake bekkens vinden hun toepassing in het vlakke gedeelte van het stroomgebied. Ze ontstaan door het indijken van een geschikte ruimte in het stroomgebied, waarbij de dijkhoogten zich tussen de 2 tot 10 m zullen bewegen.

In principe zal het bekken naast de af te vlakken loop gelegen zijn.

- Voor het vervullen van zijn functie zijn een aantal voorzieningen noodzakelijk :
 - een toevoerleiding,
 - een afvoerleiding,
 - een inlaatkunstwerk,
 - een uitlaatkunstwerk,
 - een kunstwerk voor de regeling van de basisafvoer, d.i. de eigen afvoer van het bekken als het buiten functie is,
 - een noodvoorziening.

In de meeste gevallen worden de voorzieningen voor de regeling van basisafvoer, de uitlaat van het bekken en de noodregeling in één kunstwerk gekombineerd.

- In lengteprofiel wordt gestreefd naar een ongestuwde lozing. Stroomopwaarts het bekken zal een ingedijkt rivervak voorkomen. Derhalve zullen voorzieningen moeten getroffen worden voor de ontwatering van de valleigron- den in de ingedijkte zone, hetzij door bemaling, hetzij natuurlijk.

Bij potpolders bestaat het inlaatkunstwerk uit een overstortdijk. De aanvoerleiding vervalt. Het uitlaatkunstwerk is een uitwateringssluise.

2.2. DALBEKKENS (ZIE FIGUUR 2.a. en b.)

- Zoals de naam het zegt bestaan dalbekkens uit een dal afgesloten door een afsluitdijk. Ze komen derhalve maar voor in het hellend gedeelte van het stroomgebied.
- Basisafvoer en uitlaatregeling zijn meestal gekombineerd. De noodafvoer wordt op een afzonderlijke plaats gebouwd.

Vereenvoudigd gezegd, wordt de inhoud van de berging bij vlakke bekkens overwegend bekomen door inname van terreinoppervlakte, bij dalbekkens door keuze van de hoogte van de afsluitdijk. Praktisch vloeit hieruit voort dat dalbekkens over een grotere bergingscapaciteit beschikken t.o.v. het te bergen volume water van vlakke bekkens.

3. SAMENHANG MET AANVULLENDE NORMALISATIE VAN HET WATERLOPENSTELSEL.

In samenhang met de normalisatie van het waterlopenstelsel kan de grootte van de wachtbekkens zodanig gekozen worden dat :

- geen aanvullende normalisatie meer vereist is;
- de waterlopen moeten uitgebouwd worden voor de veilige afvoer van gemiddelde hoge afvoeren. De wachtbekkens verder worden ingeschakeld voor het opvangen van de uitzonderlijke hoge afvoeren;
- alleen bepaalde gedeelten van het waterlopenstelsel nog verbetering behoeven.

4. PRINCIPIELE WERKING.

De verhouding bekkeninhoud tot te bergen volume is belangrijk omdat de principiële bedrijfsvoering essentieel verschilt naargelang deze verhouding.

Drie gevallen doen zich voor :

- de bekkeninhoud is groter dan het te bergen volume,
- de bekkeninhoud is gelijk aan het te bergen volume,
- de bekkeninhoud is kleiner dan het te bergen volume.

Op basis van FIGUUR 3 voer ik voorafgaandelijk een aantal begrippen in, die noodzakelijk zijn voor een juist inzicht in de werking van wachtbekkens.

De figuur stelt voor :

- de werking van de wachtbekkens ingeval de berging gebeurt volgens een natuurlijk proces,
- de werking van de wachtbekkens ingeval een regeling plaats vindt.

Het toevoerhydrogram geeft het verloop weer van het debiet van de afvoergolf in functie van de tijd, ter plaatse van het wachtbekken; het afvoerhydrogram geeft het debiet weer van de afvoergolf in functie van de tijd, na het effect van de berging op het toevoerhydrogram.

- Het maximaal toelaatbaar afvoerdebiet, geeft het debiet aan dat niet mag overschreden worden omdat geen schade in de stroomafwaartse gebieden zou ontstaan.

BEKKENBEDRIJF :

Er vanuitgaande dat de afvoergolf gekend is, zal naargelang de hogervermelde indeling volgens de grootte van het bekken, volgende regeling van toepassing zijn (ZIE FIG. 4.) :

- Bekkeninhoud groter dan het te bergen volume water :
 - a) ofwel kan bij de inschakeling van het wachtbekken, onder het maximaal toelaatbaar afvoerdebiet geloosd worden, waardoor bv. een reserve in de loop stroomafwaarts aanwezig is voor stroomafwaarts toestromende debieten,
 - b) ofwel wordt het toelaatbare afvoerdebiet aangehouden om een minimale bedrijfsduur te bekomen.
- De bekkeninhoud is gelijk aan het te bergen volume.
In dat geval wordt het bekken optimaal aangewend.

- De bekkeninhoud is kleiner dan het te bergen volume.

Volgende gevallen kunnen onderscheiden worden :

- a) De maximale afvoergolf is gekend.

Alleen dan kan de bekkeninhoud optimaal aangewend worden.

- b) De maximale afvoergolf is, in de praktijk, niet gekend.

- Het bekken wordt aangesproken tot het gevuld is, waarbij gedurende de vullingstijd het maximaal toelaatbaar afvoerdebiet doorgelaten wordt. In dit geval geschiedt de vulling automatisch zonder dat er een sturing gebeurt.

In feite wordt in dat geval nauwelijks een afvlakking van de afvoergolf bekomen.

- Het bedrijf wordt gebaseerd op de voorspelling van de reële afvoergolf. Hierbij komen tussentijdse lozingen voor. In dit geval is het afvoerdebiet merkkelijk verbeterd, hoewel het toelaatbare debiet overschreden wordt.

In het meest algemene geval wordt in de praktijk tijdens het ontwerpstadium een normgevende afvoergolf die met bepaalde retourperioden kan verwacht worden bepaald. Hiervoor is dan de inhoud van de bekkens bepaald. Dit houdt in dat nog grotere afvoergolven kunnen voorkomen. De sturing tijdens het bedrijf, steunend op de voorspelling van de golf, zal in dat geval toelaten de schade van afvoergolven groter dan de normgevende, te beperken.

5. INDELING NAAR DE BEDRIJFSVORM.

Onder een automatische werking wordt verstaan :

de werking van het bekken zonder menselijke tussenkomst in de bedrijfsfase. Onder sturing wordt verstaan : het ingrijpen in het bekkenbedrijf in functie van het verloop van de noodtoestand. De sturing gebeurt normaal automatisch, hoewel een handbediende sturing niet uitgesloten is.

De werking van het bekkensysteem kan nu verschillende vormen aannemen :

5.1. Het bekken werkt automatisch met niet regelbare kunstwerken.

Het bedrijf is niet stuurbaar. Een bijzondere vorm is hierbij een systeem waar de aanvoer naar het bekken gebeurt met een overstortdijk. De eenvoudigste vorm is hierbij een verbreding van de loop onder vorm van een vijver of een meer. Het resultaat van de werking is hiervoor reeds weergegeven op FIGUUR 3.a.

5.2. Het aanvoerdebiet en de lozing van het bekken kan geregeld worden met beweegbare kleppen of schuiven. De bediening kan in dit geval handbediend of automatisch gebeuren. Bij automatische bediening reageren de kleppen of schuiven rechtstreeks op peilen, stroomafwaarts of (en) stroomopwaarts van het bekken en in het bekken zelf.

5.3. De bediening geschiedt met kleppen of schuiven die volautomatisch, programma-gestuurd bediend worden.

- In het meest gebruikelijke geval wordt in een oordeelkundig gekozen meetpunt stroomopwaarts het inlaatkunstwerk de afvoergolf gemeten. De meting wordt via afstandsbediening overgebracht naar de plaats van sturing. Uit de meting wordt de golf ter plaatse van de inlaat vastgesteld.

Voor deze vaststelling zullen eenvoudige tot ingewikkelde methoden (modellen) aangewend worden naargelang de situatie.

- In het meest geperfectioneerde geval worden de afvoergolven bepaald uit de neerslag, bij middel van gekalibreerde mathematische modellen.

Sturing gebeurt automatisch op basis van een sturingsprogramma.

De uitvoering van dergelijke programma-sturing zal uiteraard maar zijn toepassing vinden in grote bekkensystemen met complexe eisen.

De nauwkeurigheid en de omvang van de methode waarmee de reële afvoergolf bepaald wordt en het bedrijfssysteem dat ermee overeenstemt, wordt in de eerste plaats bepaald door de schade die kan voorkomen worden bij afvoergolven die de normgevende afvoergolven overtreffen.

Een aantal bijkomende factoren kunnen hierbij een rol spelen, zoals o.m. :

- de tijddruimte die voor een ontlasting in een voorontlastingscyclus ter beschikking staat,
- de beschikbare capaciteit van het bekkenafvoerkanaal, en in- en uitlaatkunstwerken,
- de lengte van het afvoerkanaal stroomafwaarts het bekken waarop het bekken nog invloed heeft.

5.4. In vele gevallen werken wachtbekkens in onderling verband, waarbij dalbekkens en vlakke reservoirs, gespreid zijn over het stroomgebied in functie van de fysische mogelijkheden.

Ingeval de werking zich tevens gaat uitstrekken over het getijdegebied, het overgangsgebied en het binnenland en tevens secundaire functies worden toegekend, ontstaat een complex systeem waar alleen de aanwending van de meest moderne technieken nog oplossing kunnen bieden aan de gestelde problemen.

6. MULTI-FUNKT IONELE RESERVOIRS.

Meestal wordt gestreefd naar het toekennen van meerdere funkties. Het bedrijf wordt in dat geval ingewikkelder. Als voorbeeld is de geschematiseerde werking van een bekken weergegeven op FIG. 6., waarbij het bekken in staat voor afvlakking van topdebieten en voor watervoorziening (4).

HET WACHTBEKKENSYSTEEM IN DE DEMERVALLEI

Na de invoering van een aantal begrippen van eerder principiële aard wil ik graag aan de hand van het voorbeeld van het bekkensysteem dat in studie is voor het stroomgebied van de Demer stroomopwaarts Diest, een aantal konkrete problemen belichten die opduiken bij planning van wachtbekkens.

1. PROBLEEMSTELLING

Het stroomgebied van de Demer stroomopwaarts Diest omvat 192.000 ha en vormt het bovengebied van het stroomgebied van de Dijle-Demer waarvan het stroomgebied aan het worteleinde 342.000 ha omvat. De oppervlakte van het bestudeerde stroomgebied vertegenwoordigt $\pm 10\%$ van het totale Scheldebekken.

Het gebied is gesitueerd op FIGUUR 7.

De belangrijkste rivieren die voor de waterafvoer instaan zijn Demer en de Gete met hun diverse zijrivieren zoals de Velp, de Herk, de Kleine en Grote Gete, De Mangelbeek, enz... Zie FIGUUR 8. - dia van stroomgebied op 1/100.000. (x)

De wortelzone van het stroomgebied is sinds oudsher bekend om zijn katastrofale overstromingen die zich zowel in de zomer als in de winter voordeden. Uit een lange rij van overstromingen deden de omvangrijkste winteroverstromingen zich voor in de jaren 1903, 1926, 1965 en 1966. Zomeroverstromingen deden zich voor in 1903, 1920, 1926, 1965 en 1966. Op FIGUUR 9. zijn de karakteristieken van de grootste overstromingen weergegeven.

Logischer wijze werden initiatieven genomen voor de sanering van deze situatie. Stroomafwaarts Diest wordt door de Diensten van Openbare Werken een programma van de uitbouw van de Demer uitgewerkt. De uitbouw gebeurt voor een debiet van $\pm 90 \text{ m}^3/\text{s}$. ($0,5 \text{ l/s/ha}$)

(x) Figuur niet bijgevoegd.

Voor het stroomopwaarts gedeelte werd een studie-opdracht gegeven door het Ministerie van Landbouw.

Gezien topafvoeren kunnen verwacht worden die tot 200 m³/s oplopen was een belangrijk onderdeel van deze studie de planning van wachtbekkensysteem.

2. BEPALING VAN HET BERGINGSVOLUME, HYDROLOGISCHE GRONDSLAGEN.

2.1. Een afgewogen projectie van wachtbekkens vereist omvangrijk studiewerk op het domein van verschillende disciplines. Theoretisch kunnen de beslissingen genomen worden op grond van een kosten-batenanalyse. Een eerste schakel en wellicht de belangrijkste schakel in de ganse ketting blijft de bepaling van de normgevende afvoergolf; dus die golf die nog zonder schade moet kunnen beheerst worden.

Hiertoe staan een aantal methoden ter beschikking. Ik wil me ertoe beperken deze methoden te vermelden, zonder deze verder te evalueren.

a) Frekwentie-analyse.

Met deze methode worden de aanwezige hydrologische gegevens onderzocht om op basis van de analyse aan extreme waarden te komen tot de waarschijnlijkheid van een gegeven waterstand op afvoer.

Voor een volledige konstruktie van de normgevende afvoergolf moeten bijkomende hydrologische technieken aangewend worden (recession flow, enz.)

b) Mathematische modellen. (5)

In de mathematische modellen wordt bij middel van mathematische funkties, het totale afvoerproces gesimuleerd. Het opstellen van een mathematisch model vereist waarnemingen om de parameters in de vergelijkingen, waarmee de gebiedskenmerken uitgedrukt worden, te kunnen bepalen (ijking). In principe is het model tweeledig, en bestaat uit een hydrologisch model dat de afvoeren voorspelt in een bepaald punt op basis van o.a. neerslagmetingen, en uit een hydraulisch model dat de transformatie van het voorspelde of gemeten hydrogram beschrijft bij het doorlopen van de leiding.

c) Physische en elektrische modellen.

Dergelijke modellen zijn minder geschikt voor grote stroomgebieden.

d) De methode van het eenheidshydrogram.

Deze methode werd reeds door SHERMAN ingevoerd in 1932 (6).

De invloed van de gebiedskarakteristieken op de transformatie van de neerslag naar de afvoergolf wordt in dit geval tot uitdrukking gebracht bij middel van het eenheidshydrogram.

In wat volgt wordt hier nader op ingegaan.

2.2. Bij de uitbouw van het wachtbekkensysteem in het stroomgebied van de Demer werd voor de bepaling van de afvoergolven, volgende procedure aanvaard :

a) Vaststellen van de normgevende afvoergolf met de methode van het eenheidshydrogram. Hiervoor waren een aantal meetgegevens ter beschikking uitgevoerd door het Ministerie van Openbare Werken en een aantal uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Landbouw. Het net aanwezige meetnet was uiteraard niet rechtstreeks in functie van de studie geplaatst.

b) Uitbouw van de wachtbekkens met plaatsing van een geëigend meetnet, afgestemd op de sturing van de wachtbekkens. De resultaten van deze metingen kunnen als basis dienen voor het opstellen van het mathematisch model m.a.w. een studie zou de praktische uitbouw van de bekens die zich normaal over ettelijke jaren uitstrekt, begeleiden. Eventuele korrekties aan het plan kunnen hieruit voortvloeien.

3. BEPALING VAN DE NORMGEVENDE AFVOERGOLVEN.

3.1. Zoals hierna besproken, was de plaatskeuze en het aantal bekkens reeds vastgelegd, uitgaande van een eerste benadering van de bergingsruimte.

Vier bekkens zijn weerhouden :

- een bekken op Demer en Herk (het Schulensbroek),
- een bekken op de Begijnebeek en Velp (Webbekombroek),
- een bekken op de Grote Gete,
- een bekken op de Kleine Gete,

Gegevens van limmigrafen waren ter beschikking op de Velp, de Demer, de Gete en de Grote Gete (ZIE FIGUUR 10.)

3.2. Steunend op de gegevens van deze meetplaatsen werden de afvoergolven ter plaatse van de onderscheiden bekkens vastgesteld, gebruikmakend van de methode van het eenheidshydrogram.

De procedure volgens het eenheidshydrogram doorloopt volgende fasen :

3.2.1. Keuze van de ontwerp regenbuien.

Hierbij dienen twee elementen bepaald :

- de neerslaghoogte (mm),
- de duur en verdeling per tijdseenheid (hydrogram van de regenbui).

De analyse van verschillende regenbuien en de eruit resulterende afvoergolven heeft tenslotte geleid tot keuze van tweedaagse regenbuien, aannemend dat deze regenbuien voorkomen in natte perioden, wat in uitdrukking gebracht werd in de afstromingscoëfficiënt en in de basisafvoer. Retourperioden van 10 en 100 jaar werden aanvaard.

Een kosten-batenanalyse kan een verantwoording geven voor het aanvaarde risico.

Toch moet men beseffen dat het eindresultaat in dergelijke gevallen ontstaat, steunend op een groot aantal onnauwkeurigheden ingevolge de oplossing van een aantal nauwelijks op te lossen vraagstukken.

- Aan de bepaling van reële uitvoeringskosten in een vroeg stadium kleeft steeds een grote fout.
- Een aantal facetten, bv. landschappelijke of natuurwetenschappelijke, zijn subjectief en tijdsgebonden maar vooral moeilijk kwantificeerbaar.
- Bepaalde beslissingen, vooral in het veld van de multi-funktionele uitbouw zijn gewoonweg niet te voorzien omdat zij afhangen van meerdere administraties.
Een genomen beslissing trekt vaak de ganse balans scheef. Hierbij kan men bv. denken aan een beslissing om de bekkens te combineren met watervoorziening of recreatie.
- Meestal ontstaan een aantal alternatieven, die binnen de globale complexiteit, aanleiding geven tot onoverzienbare hoeveelheden onderzoek.

Voorzoverre men de beperkingen onderkent, blijft de kosten-batenanalyse een uitgesproken hulpmiddel, al was het maar omdat reeds in een vrij vroeg stadium alle facetten dienen doordacht en op een rijtje gezet.

3.2.2. Bepaling van de effectieve neerslag (run-off).

De bepaling van de effectieve neerslag houdt de kennis in van de afvloeiingscoëfficiënten. De afvloeiingscoëfficiënten zijn vastgesteld uit de analyse van de gemeten afvoeren.

(ZIE FIGUUR 11.)

Bij de konstruktie van de normgevende afvoeren is verondersteld dat tijdens die perioden de maximale afvloeiingscoëfficiënten voorkomen en konstant blijven.

Deze maximale afvoercoëfficiënten zijn :

- voor de Demer : 0,25 (zandleem)
- voor de Gete : 0,20 (zandleem en leem)
- voor de Grote Gete : 0,15 (leemstreek)
- voor de Velp : 0,30 (zandleem)

3.2.3. Bepaling van het eenheidshydrogram.

Uit de analyse van de regenbuien met min of meer gelijke tijdsbasis en de gemeten afvoer ter plaatse van de meetpunten werden de eenheidshydrogrammen vastgesteld.

Deze eenheidshydrogrammen geven uiteindelijk de duur en procentuele verdeling weer van de effectieve neerslag met een eenheidstijdsduur.

Het verloop van de methode is weergegeven voor de samenstelling van het eenheidshydrogram van de Grote Gete te Hoegaarden op basis van de FIGUREN 12 a. tot 12 d.

De eenheidshydrogrammen voor de verschillende deelstroomgebieden zijn na superpositie, weergegeven op FIGUUR 13.

3.2.4. Synthese van de afvoergolven overeenstemmend met de ontwerpregenbuien steunend op de principes van het eenheidshydrogram. Het resultaat voor het bekken op de Grote Gete is getekend op FIGUUR 14.

3.3. De topafvoeren uit de hydrogrammen afgeleid zijn :

Stroom- gebied	Stroom- gebied (ha)	Retourperiode			
		10 jaar		100 jaar	
		debiet m ³ /s	1/s/ha	debiet m ³ /s	1/s/ha
DEMER	38.200	40	1,05	57	1,5
GETE	78.500	74	0,95	102	1,3
VELP	9.610	12	1,25	18	1,9
DEMER (onrecht- streeks afgeleid)	38.200	40	1,05	54	1,42

Ter vergelijking met min of meer analoge stroomgebieden die bestudeerd werden in Duitsland, (8) gelden volgende cijfers :

Stroomgebied	Oppervlakte ha	Afvoercoëfficiënt 1/s/ha (1/100 jaar)
HASE	310.600	1,6
ALLER	1.561.100	1,-
OKER	182.000	1,2
LEINE	645.500	2,0
DEMER	192.000	1,3

Ondanks de omvang van de cijfers, zijn dit zeer modeste cijfers vergeleken bij topafvoeren in berggebieden, tropische gebieden of semi-aride gebieden.

De maximale coëfficiënten lopen inderdaad op tot 100 l/s/ha.

Steunend op de hogervermelde hydrologische verwerking van de beschikbare gegevens, en om verder een lang verhaal kort te maken zijn volgende bergingen per bekken aangenomen :

Stroomgebied	Berging hm ³	Bekken opper- vlakte ha	Beheerst stroom- gebied ha	Doorgela- ten debiet m ³ /s
SCHULENSBROEK	10,7	334	78.500	40
WEBBEKOMBROEK	3,5	135	14.500	15
GROTE GETE	3,5	75	22.700	40
KLEINE GETE	1,4	90	20.600	16
TOTAAL	19,1	634	136.300 op 196.000 ha	95

Deze berging verzekert theoretisch tegen afvoeren met retourperioden van 100 jaar.

Ter illustratie wordt in volgende tabel een grafiek gegeven met de bergingsruimten voor wachtbekkens in Duitsland.

Stroomgebied	Bekken- inhoud	Bekken- opper- vlakte	Beheerst stroom- gebied
	hm ³	ha	ha
HASE (Alfhauser Rieste)	20,4	350	65.900
IEINE (Salzderhelden)	53,-	-	220.000
OKER (Fahle-Heiden)	47,2	-	180.000
OHM- LAHN	14,9	900	90.900
LORSCH-HEPPENHEIM	3,5	275	175.800
SEEMENBACH (Dudelsheim)	5,5	-	13.500
LEIN (Täferrot)	2,2	-	10.850

Een bedenking hierbij is dat het beheersen van topafvoeren gepaard gaat met de inname van grote oppervlakten. Een hoofdprobleem dat alle andere overschaduwet vormt derhalve het vinden van gebieden waarop wachtbekkens kunnen aangelegd worden en het toekennen van secundaire functies aan deze gebieden. Graag ga ik hier wat nader op in.

Gebieden waarop wachtbekkens geprojecteerd worden zijn uiteraard niet meer geschikt voor bebouwing zodat reeds in een vrij vroeg stadium een stedenbouwkundige vastlegging van het gebied vereist is.

Het opsplitsen van het gehele bekken in twee of meerdere onderdelen laat een stapsgewijze belasting toe, waardoor op de minder frekvent bezwaarde delen een verdere landbouwkundige uitbating gaande van grasland naar akkerland mogelijk blijft, terwijl voor de meer frekvent belaste delen beter naar andere functies gezocht wordt.

Het toekennen van secundaire functies leidt tot het invoeren van multi-funktionele reservoirs waarbij de functie van hoogwaterbescherming primair kan blijven mits de nodige technische voorzieningen getroffen worden.

Deze secundaire functies kunnen o.a. zijn :

- aanwending van het bekken voor watervoorziening (drinkwater, industrieel water);
- invoeren van een blijvend watervlak met het oog op passieve of actieve recreatie;
- behoud van de oppervlakte als landbouwgebied, met aangepaste secundaire ontwatering;
- het beheren van het gebied als natuurgebied.

4. INPLANTING VAN DE BEKKENS.

De gebieden die potentieel geschikt waren voor de inplanting van wachtbekkens worden uitgezocht steunend op een reeks criteria :

- de aard en de ligging van de plaats tegenover de waterloop moet zodanig zijn dat vulling en lozing zo eenvoudig mogelijk kan gebeuren, bv. dat vulling zonder pompen kan gebeuren, dat de lozing ongestoord kan gebeuren, enz...
- de in te richten bekkens moeten voldoende groot zijn (enkele hm³) teneinde het beheer rationeel te houden;
- de bergingshoogte moet zo groot mogelijk zijn om de in te nemen oppervlakte te beperken;
- de gronden moeten landbouwkundig weinig geschikt zijn;
- de plaatsen dienen bij voorkeur voldoende ver stroomopwaarts gelegen te zijn gezien de wachtbekkens een kostenbesparing op de verbetering van het stroomafwaartse vak toelaten;
- verder kunnen mogelijke secundaire functies een rol spelen;
- een billijke spreiding van de last over meerdere gebieden.

Rekening houdend met de hierboven vermelde criteria werd voor de keuze van de geschikte plaatsen gebruik gemaakt van volgende dokumenten :

- de stafkaarten en kadastrale kaarten,
- de bodemkaarten op schaal 1/20.000,
- de vlaktewaters van een aantal gebieden die werden afgelijnd steunend op de bodemkaarten (e- en f-gronden),
- de langs- en dwarsprofielen van de betrokken waterlopen,
- uiteindelijk werden vier plaatsen weerhouden zoals hiervoor vermeld werd.

5. PLANOPVATTING VAN HET WACHTBEKKEN VAN HET SCHULENSBROEK.

Binnen het kader van het algemene plan was de opdracht voor het Schulensbroek, de uitbouw van een bekken met een bergingskapaciteit van 10,7 hm³ met een maximaal toelaatbaar doorstroomdebiët van 40 m³/s.

De oppervlakte die hiervoor nodig is, bedraagt rekening houdend met de maximaal mogelijke dijkhoogte, die bepaald werd door de spoorweglijn Diest-Hasselt, $\pm$ 340 ha.

Als uitgangsgedachte werd aanvaard dat het uiteindelijke bekken zou opgesplitst worden in twee delen :

- een bekken dat veiligheid moet bieden voor afvoergolven met retourperioden van 10 jaar (binnenbekken);
- een bekken dat in combinatie met het eerste veiligheid moet bieden voor afvoergolven met retourperioden van 100 jaar (buitenbekken).

Rekening houdend met deze uitgangsgedachte werd de hoofdstructuur van het plan uiteindelijk bepaald door drie elementen :

- de landbouwkundige eisen; deze eisen zijn vertaald op FIGUUR 15;
- in het gebied komt een potentieel zandwinningsgebied voor zoals aangegeven op FIGUUR 16;
- er bestaat een drang van de lokale besturen voor een rekreatieve uitbouw van het gebied, die reeds zijn uitdrukking vindt in een voorlopig structuurplan.

In het plan is gezocht naar een optimale combinatie van de vermelde elementen, met dien verstande dat het grootste gewicht gelegd werd op de landbouwkundige belangen.

De uiteindelijke weerhouden oplossing is weergegeven op FIGUUR 17.

Aan de lokaliseratie van het binnen- en buitenbekken hebben volgende ideeën ten grondslag gelegen :

- de zuidelijke begrenzing wordt gevormd door de natuurlijke grens tussen de alluviale kom van het Schulensbroek en de Zandleemstreek.
De Herk ontwatert rechtstreeks het zuidelijk en zuid-westelijk gelegen gebied;
- de noordelijke begrenzing vormt de bestaande Demer;
- een gedeelte van de kom van het Schulensbroek wordt definitief overstromingsvrij gemaakt (+ 250 ha). Dit gebied sluit in het oosten aan met de vroegere gemeente Schulen;
- de grens tussen het binnenbekken en buitenbekken is bepaald geworden door de potentiële zandwinningszone, waarvan trouwens een gedeelte ondertussen uitgezand is voor de werken aan de A 2.

Uiteindelijk valt de kom van het Schulensbroek uiteen in drie hoofdgebieden die naast hun primaire bestemming als wachtbekken diverse secundaire functies krijgen.

- De gebieden 9 en 10 ($\pm$ 250 ha) die definitief overstroomingsvrij worden, (waarvan het gebied 10 door bemaling dient ontwatert te worden en waarvan de bestemming zuiver landbouwkundig is.
- Het binnenbekken ($\pm$ 175 ha) dat uiteenvalt in een ontzande zone die een definitieve waterplas vormt en met zijn lengte 2,4 km en breedte van 130 m de potentiële mogelijkheden inhoudt voor een internationale roeibaan.
- Een uitbreidingszone (14 ha) voor de zandwinning.
- Een strook hooilanden overwegend van mindere kwaliteit $\pm$ 65 ha.

De gedachte is levendig om het geheel uit te bouwen tot een gebied voor passieve recreatie. Hiertoe is ondertussen de Intercommunale van het Schulensmeer (I.S.M.) opgericht.

- Het buitenbekken ($\pm$ 200 ha) dat uitsluitend uit hooilanden van goede kwaliteit bestaat. Het gebied blijft dezelfde functie behouden met dien verstande dat de frekwentie van overstromingen sterk herleid geworden is.
- Tevens wordt gedacht aan de mogelijkheid van waterwinning :
hetzij onder vorm van grondwaterwinning in de strook tussen Demer en de zandwinning (beperkte schaal);
hetzij onder vorm van oppervlaktewaterwinning, waarbij bv. de technische uitrusting van de bekkens zou kunnen aangewend worden om tijdens de zomer water op te slaan (grootschalig).
 Het is duidelijk dat dit een visie is voor de toekomst, gezien een eerste eis, eis waar voorlopig niet aan voldaan wordt, is dat het water voldoende zuiver is. Tevens zullen aanvullende technische schikkingen noodzakelijk zijn.
 Hoe dan ook, een studie in die zin zou gebeuren.

6. WATERBOUWKUNDIGE OPVATTING.

Tussen de diverse mogelijkheden is uiteindelijk geopteerd voor volgende oplossing :

- De Demer wordt in het binnenbekken afgevlakt. Hiertoe wordt een stuw gebouwd op de Demer met een inlaatkunstwerk aan de kop van het wachtbekken.
- De afvlakking van de Herk geschiedt in het buitenbekken. Hiertoe wordt een stuw geprojecteerd aan de kop van het buitenbekken met een inlaatkunstwerk.
- Tussen het binnenbekken en buitenbekken wordt een doorvoerkunstwerk ingebouwd.
- Een uitlaatkunstwerk staat in voor de lozing van het binnen- en buitenbekken.
- Bezinkingsbekkens zijn voorzien zowel achter de Demer-inlaat als achter de inlaat van de Herk.
- Een gemaal is voorzien om de overstromingsvrije gronden, onafhankelijk te stellen van de bekkenwerking.

7. TECHNISCHE ASPEKTEN.

De eigenlijke technische uitbouw van de dijken, kunstwerken, detailontwatering, ontsluiting, enz... laat ik hier buiten beschouwing.

Wel wordt in het geheel van de dijkenaanleg bijzonder aandacht besteed aan de landschappelijke waarde van het geheel. Dit vindt zijn uitdrukking in het oordeelkundig kiezen van bochtige tracés en speling in de taludhellingen.

BESLUITEN

1. Steunend o.m. op de gegevens voorkomend uit de studie van het stroomgebied van de Demer, wou ik graag een aantal bedenkingen maken in verband met de globale waterbeheersing van het Scheldebekken.

Geschematiseerd zijn de primaire oorzaken van overstromingen :

- Uitzonderlijke getijdewerkingen zoals in de jaren 1953 en 1976. De overstromingen die hieruit voortvloeien komen voor in het getijdegebied.
De mogelijke maatregelen werden uitvoerig belicht door Ir. ROOVERS. De invloed van de bovenafvoer is van ondergeschikt belang.
- Hoge bovenafvoeren veroorzaakt door zware neerslag zoals bv. in de jaren 1928 en 1966. De gevolgen hiervan op de Demervallei stroomopwaarts Diest zijn besproken. De overstromingen die hieruit voortvloeien doen zich voor hetzij stroomopwaarts buiten de getijdewerking, hetzij in de overgangszone waar de bovenafvoer samenkomt met de getijdewerking.
In de overgangszone zijn de piekafvoeren bepalend voor de overstromingen omdat zij ook bij normale vloed tijdelijk moeten geborgen worden, en ze verder in sterke mate de getijdedebieten overtreffen. Dit wordt geïllustreerd door de gegevens van FIGUUR 18.
Meestal is noch voldoende berging noch voldoende gaba-riet aanwezig om deze topafvoeren te verwerken.
De overstromingen die hierdoor ontstaan kunnen verwacht worden aan de overgangsgebieden van de meeste zijrivieren en in de daarop aansluitende vlakkere gebieden van het stroomopwaarts lengteprofiel.

De cijfers van FIGUUR 18 geven alleen een scherpe aanduiding dat de problemen die ontstaan door de grote afvoeren in deze vermelde gebieden, niet mogen onderkend worden.

Verder zullen deze problemen niet of maar in beperkte mate verbeterd worden door de maatregelen die in voorbereiding zijn voor de beheersing van de grote stormvloeden.

Globale studies voor deze deelstroomgebieden dringen zich op en zouden moeten aansluiten bij de studie van de Schelde in functie van de grote stormvloeden.

Dit is des te meer waar door het feit dat de toenemende verstedelijking en groeiende uitbouw van rioleringsstelsels in een dicht bebouwd land als België een stijging van de afvoeren tot gevolg hebben.

2. Maatregelen voor de beheersing van grote afvoeren krijgen pas een realistisch karakter als hun opzet voortvloeit uit globale studies met een multi-disciplinaire benadering. De resultaten van beheersingsmaatregelen zoals inplanting van wachtbekkens wortelen inderdaad diep in het invloedsveld van andere maatregelen, hetzij van dezelfde discipline, hetzij van andere disciplines, los van alle administratieve grenzen.

Vb. waar het effect van een verbeterde waterafvoer van het hoofdnet doorspeelt op andere maatregelen zijn legio :

- effluënten van zuiveringsstations worden veelal gepompt op een hoofdwaterloop;
- gemalen voor landbouwgronden pompen op de hoofdwaterlopen;
- overstorten van grote stedelijke gebieden komen rechtstreeks of onrechtstreeks terecht op het hoofdnet;
- industrieterreinen en woonzones ontwikkelen wenselijk of niet, in valleien, hun infrastructuur is afhankelijk van de toestand van de waterloop;
- Ruilverkavelingen bouwen detailontwateringen uit, die moeten verlengd worden door werken aan het hoofdstelsel;
- lokale werken aan het hoofdwaterlopenstelsel ontstaan vaak zelf als geïsoleerde initiatieven;
- watervoorziening via oppervlaktewater kan niet los gezien worden van de afwatering.

Het ontwerp van deze werken gebeurt noodgedwongen op basis van de huidige kennis van de hydrographie en hydrologie, voorzover aanwezig. Met uiteindelijk te nemen maatregelen op de hoofdwaterloop kan geen rekening gehouden worden.

Ik meen derhalve dat in probleemgebieden globale waterbeheersingsplannen zich opdringen, voorzover het programma oordeelkundig en doelbewust afgelijnd wordt. Dergelijke studies zijn van langere adem. Ze zouden over een vast basispatroon kunnen lopen.

- Uitvoering van grondige hydrologische en hydraulische basisstudie, naargelang de omstandigheden en de omvang van de te verwachten maatregelen gesteund op moderne methoden zoals mathematische modellen.
- Opzet van een kosten-batenanalyse als hulpmiddel.
- Grondig overleg tussen de vertegenwoordigers van alle disciplines die belang hebben bij dergelijke plannen.
- Konklusies waarin de te nemen hoofdmaatregelen planmatig vastgelegd worden en waarop de andere maatregelen oordeelkundig moeten inspelen.

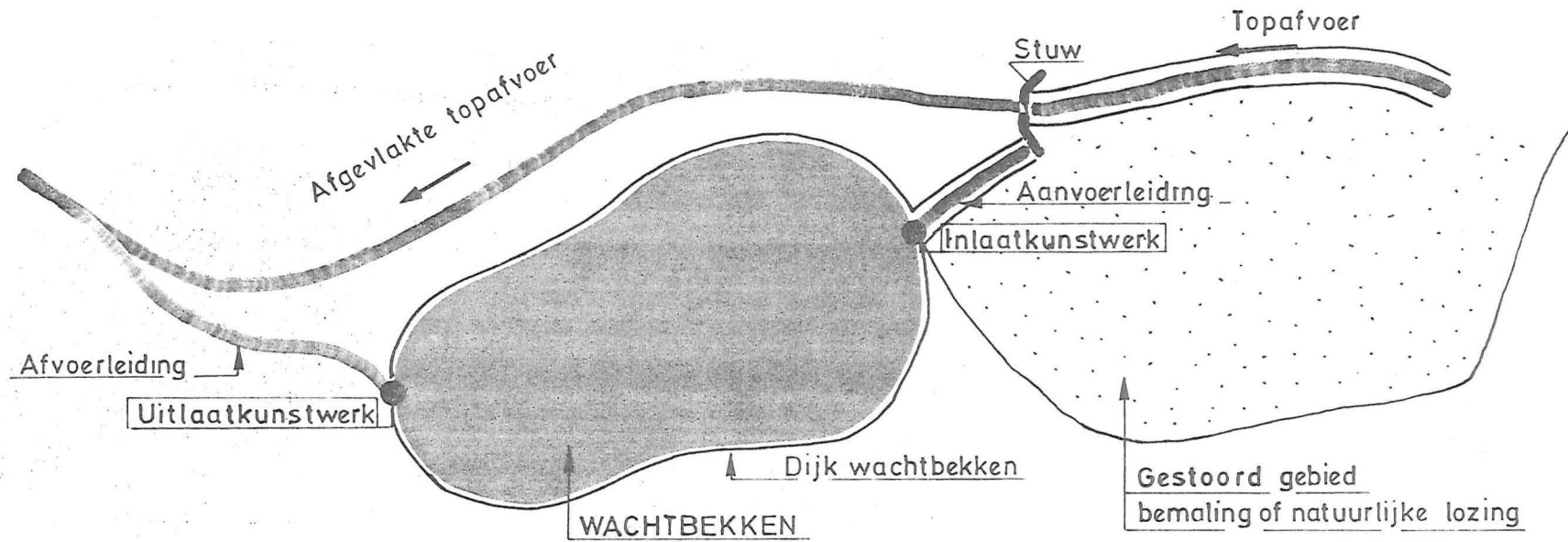
Door het feit dat dergelijke studies in de tijd moeilijk kunnen gedwongen worden, moeten zij de eigenlijke uitvoeringsstudies vooruitlopen.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- (1) ZIMMERMAN, F. : Hochwasserrückhaltebecken.
Mitteilungen aus dem Leichtweiss-Institut
für Wasserbau und Grundbau.
Heft 11.
 - (2) TSCHOPP, J. : Hochwasserrückhaltebecken - Deutsche
und französische Beispiele.
Schweizerische Bauzeitung 90 1972.
 - (3) QUINTIN, J. : Tijdschrift der Openbare Werken van
België 1945.
 - (4) DAVIS, C. en SORENSEN, K.: Handbook of Applied Hydraulics.
Mc. Graw-Hill Book Company, New York.
 - (5) VEN TE CHOW, E. : Handbook of Applied Hydrology,
Mc. Graw-Hill Book Company, New York.
 - (6) SHERMAN, L.K. : The Unit Hydrograph, Chap. XI E, in
O.E. Meinzer, "Hydrology".
Mc. Graw-Hill Book Company, New-York. 1942.
 - (7) VAN DEN HERIK, A.G. en : H₂O (3) 1970, nr. 21.
KOOISTRA, M.T.K.
 - (8) : Symposium für Hochwasserrückhaltebecken,
Mitteilungen aus dem Leichtweiss-Institut
für Wasserbau und Grundbau.
Heft 13.
-

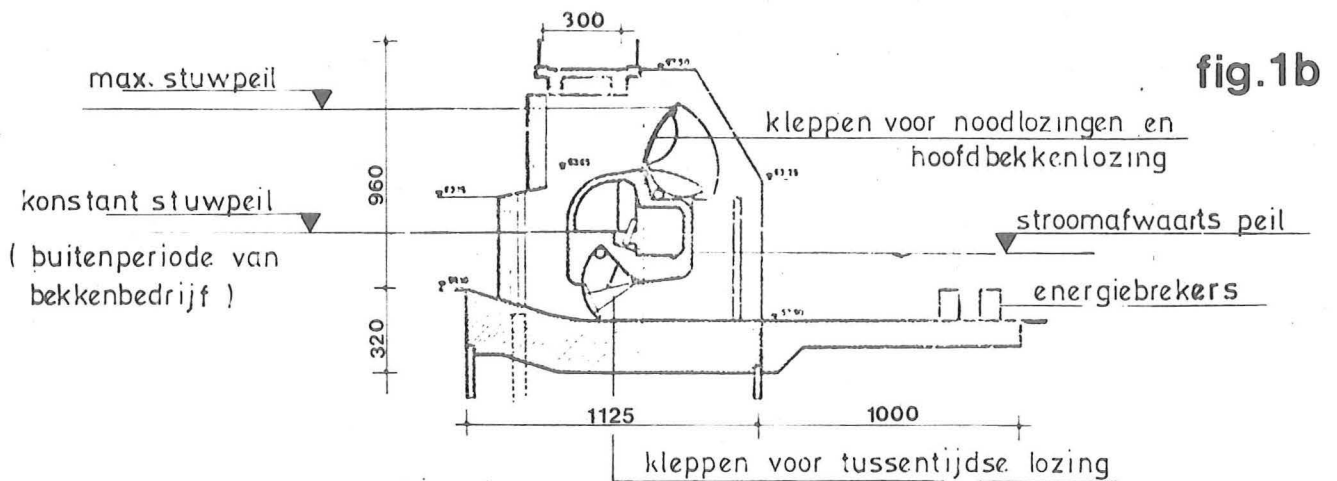
fig. 1a

PRINCIPEOPVATTING VLAKKE BEKKENS : PLATTEGROND

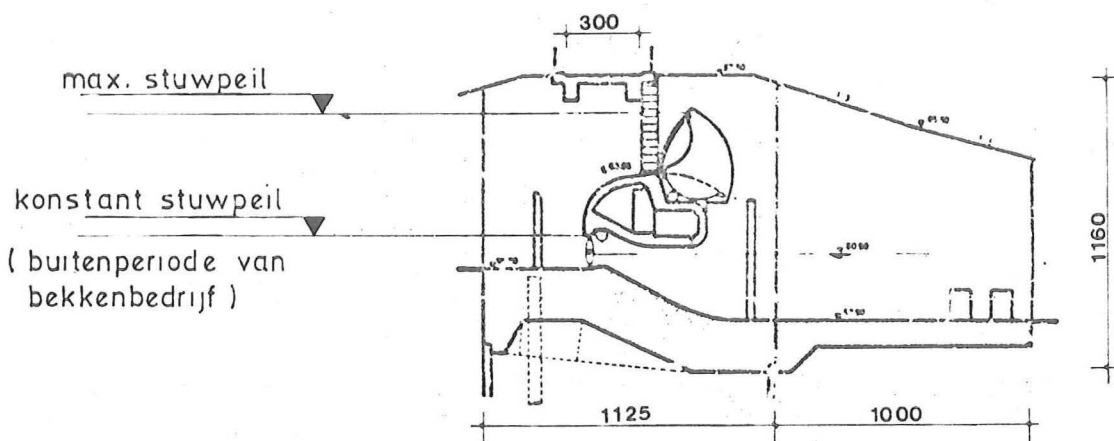


VLAKKE BEKKENS

vb. van uitlaatkunstwerk



Doorsnede door gedeelte voor tussentijdse lozing

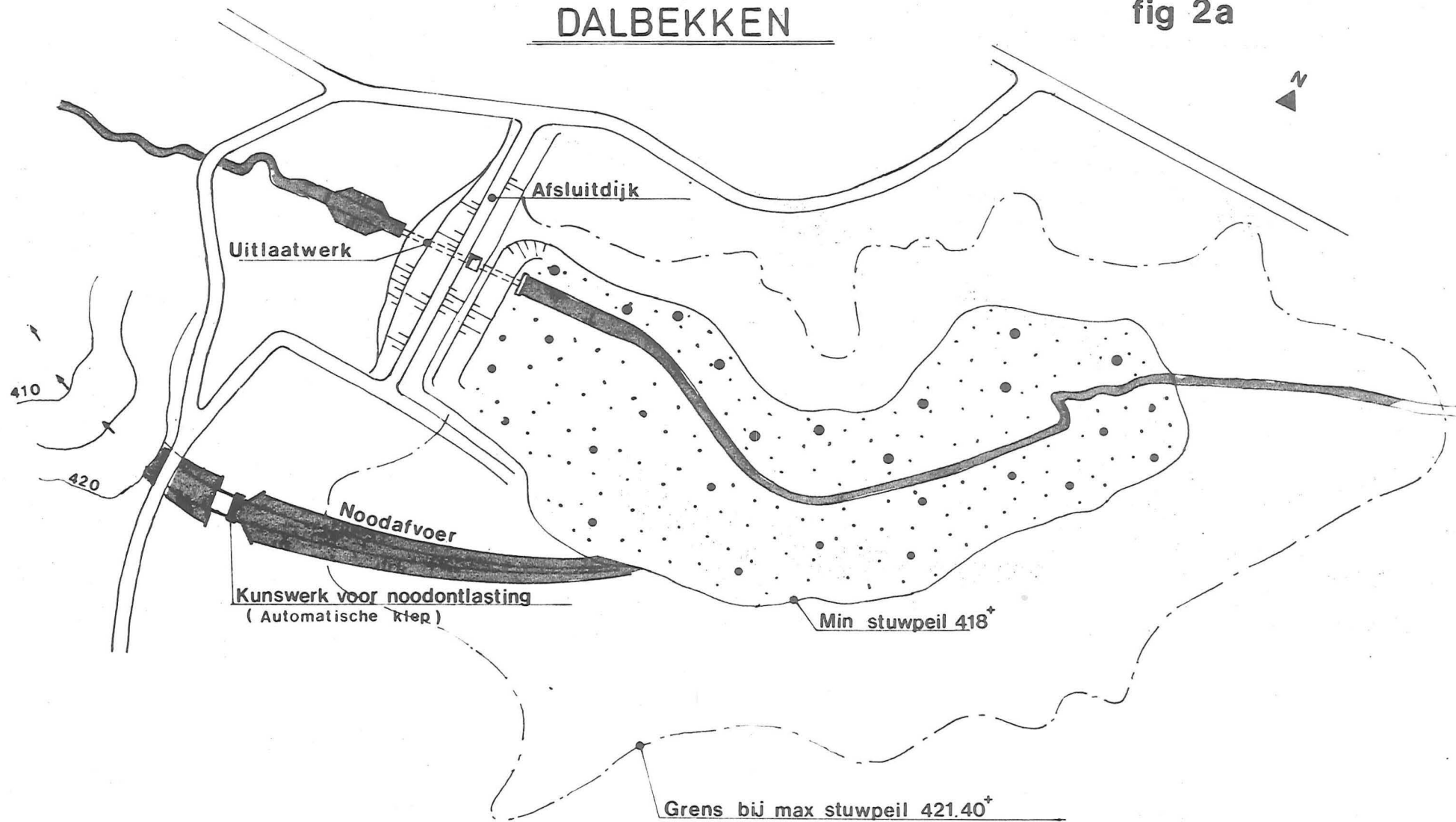


Doorsnede door gedeelte voor regeling stuwpeil
buiten bekkenbedrijf

PRINCIPEOPVATTING DALBEKKENS: PLATTEGROND

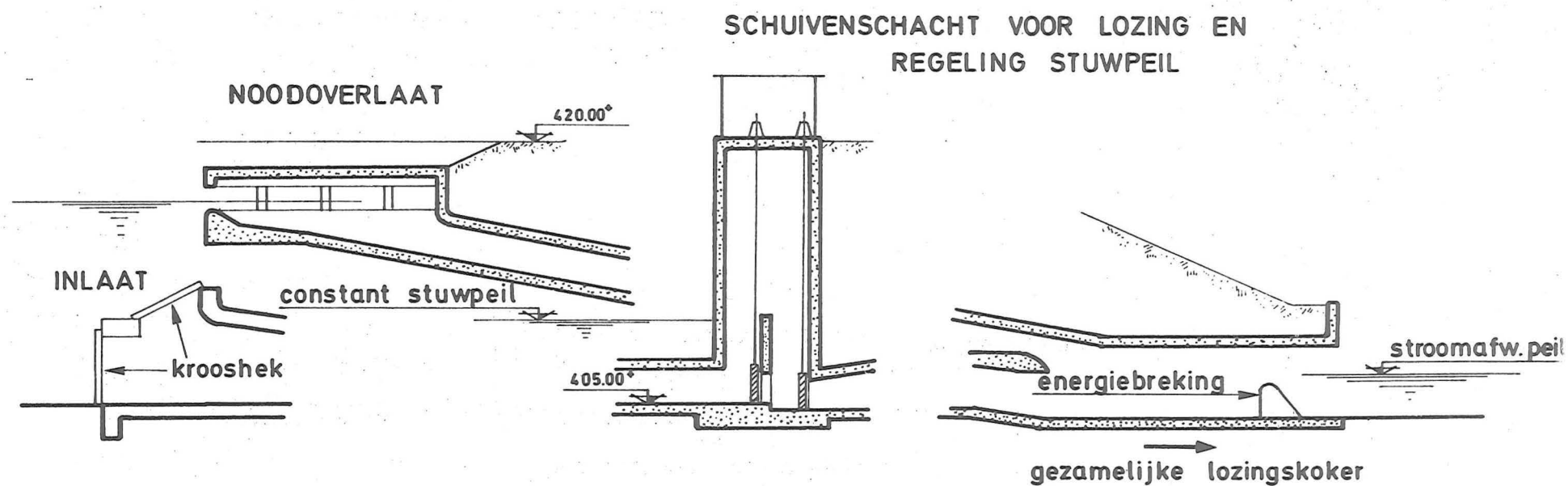
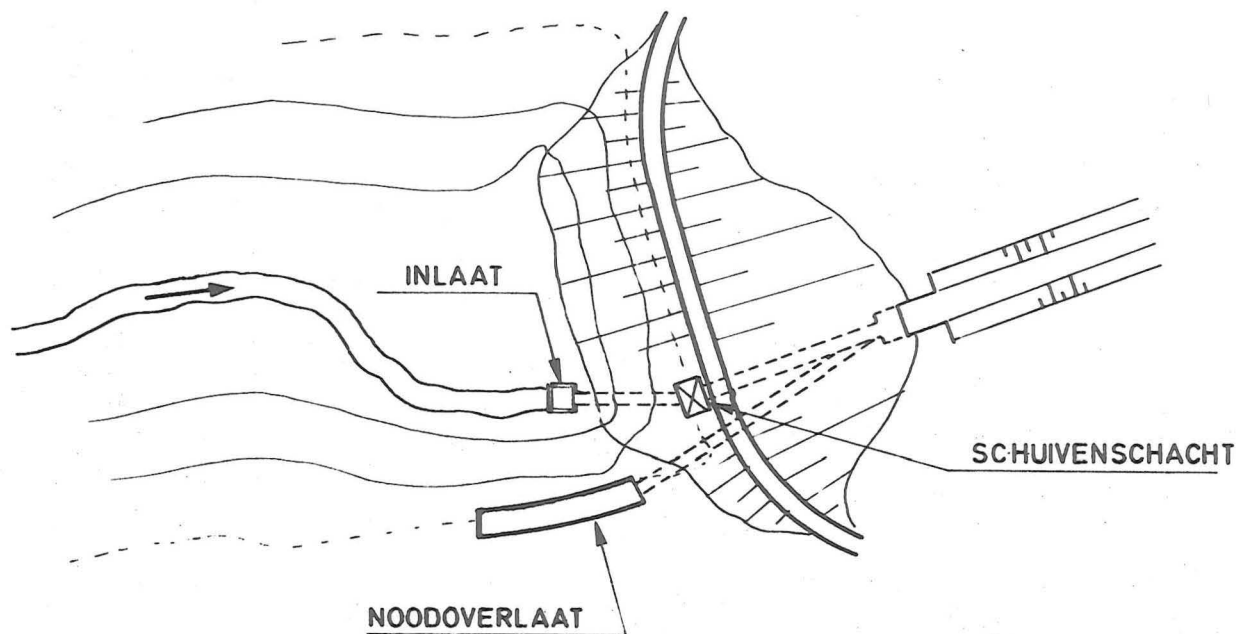
DALBEKKEN

fig 2a



DALBEKKEN - UITLAATKUNSTWERK - NOODOVERLAAT

fig 2 b

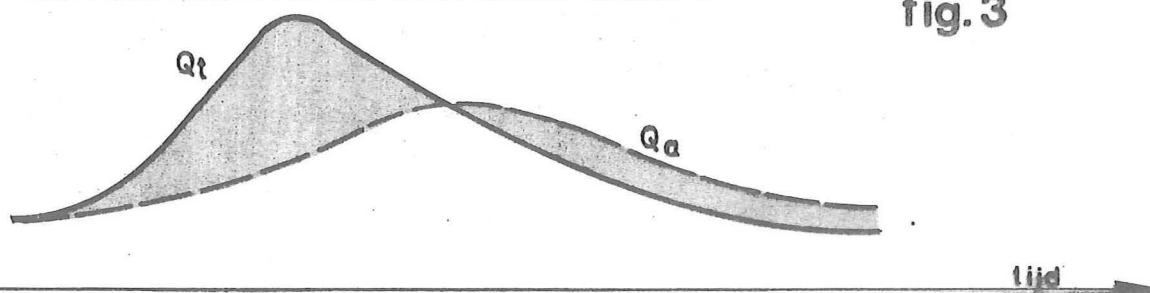


PRINCIPIELE WERKING VAN WACHTBEKKENS

$Q \uparrow m^3/s$

Wachtbekken met onbeheerst afvoerloop

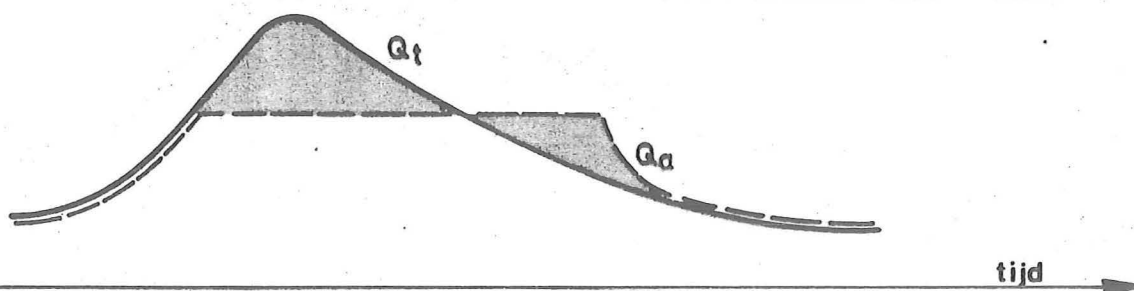
fig. 3



$Q \uparrow$

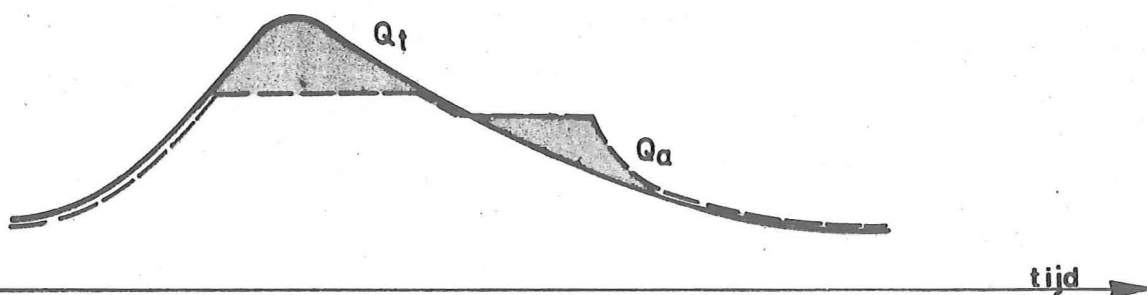
Wachtbekken met regelbare kunstwerken

1: bekken inhoud = te bergen volume



$Q \uparrow$

2: bekken inhoud < te bergen volume



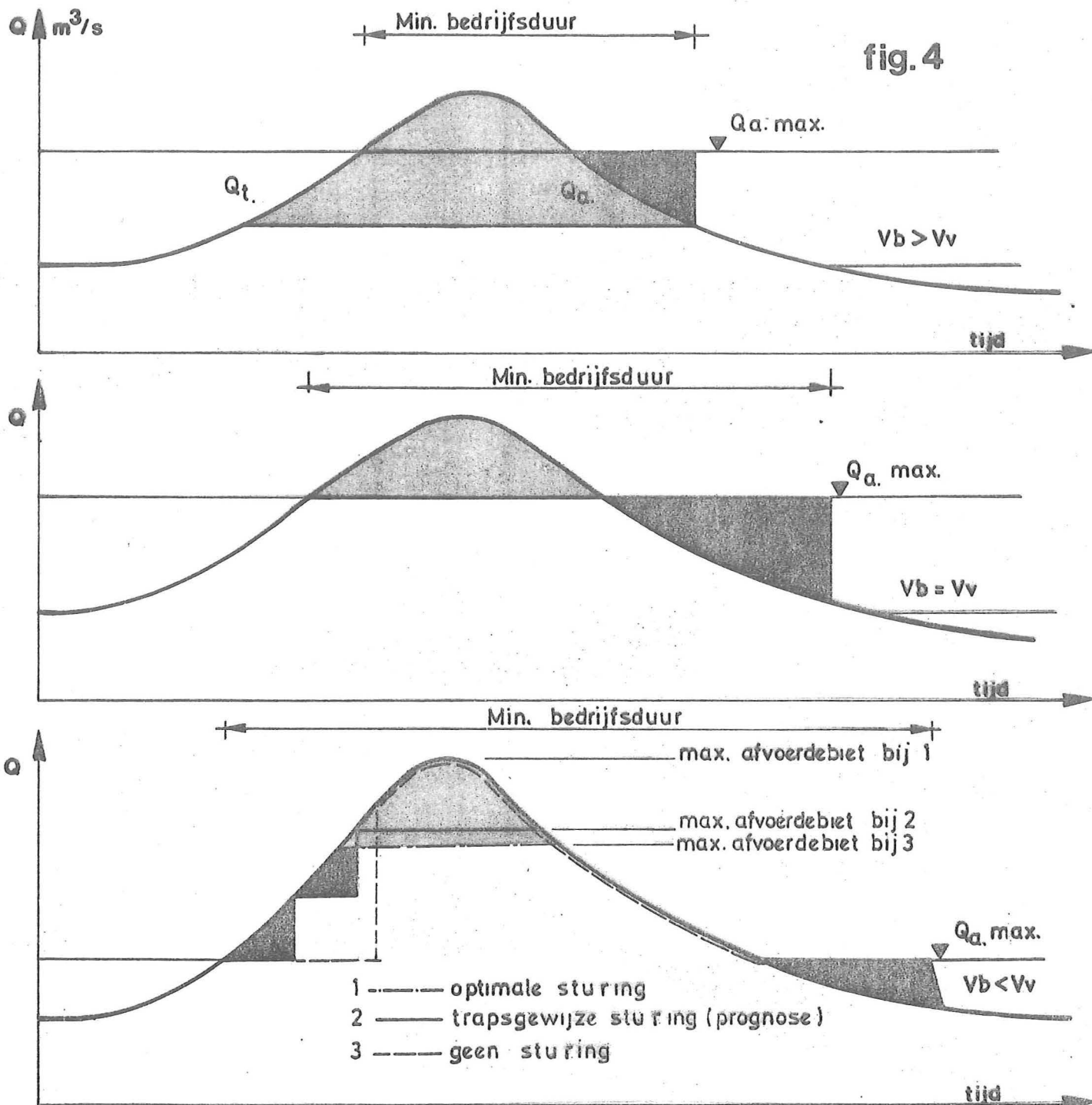
Q_t : toevoerhydrogram

Q_a : afvoerhydrogram

BEDRIJF IN FUNKTIE VAN BESCHIKBARE INHOUD/ VEREISTE INHOUD

BESCHIKBARE INHOUD (V_b):
VEREISTE INHOUD (V_v)

fig. 4



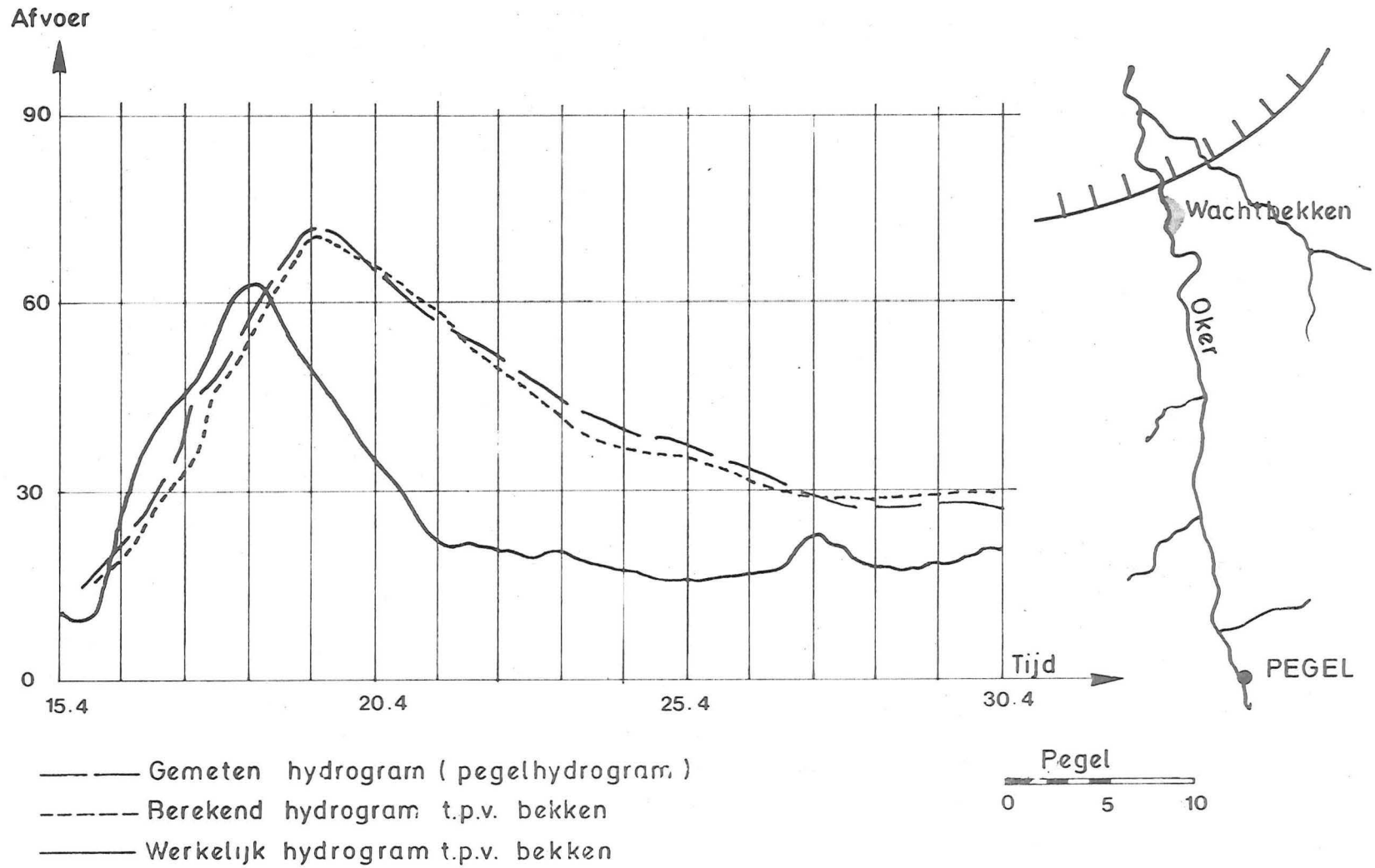
Q_t : debiet toevoerhydrogram

Q_a : debiet afvoerhydrogram

$Q_a: max.$ maximaal toelaatbaar afvoerdebiet

Beschikbare inhoud

fig.5



MULTI-FUNCTIONELE RESERVOIRS

fig. 6

(MULTI PURPOSE RESERVOIRS)

vb. werkingsschema in geval van reservoir voor
watervoorziening en voor aftakking topafvoeren

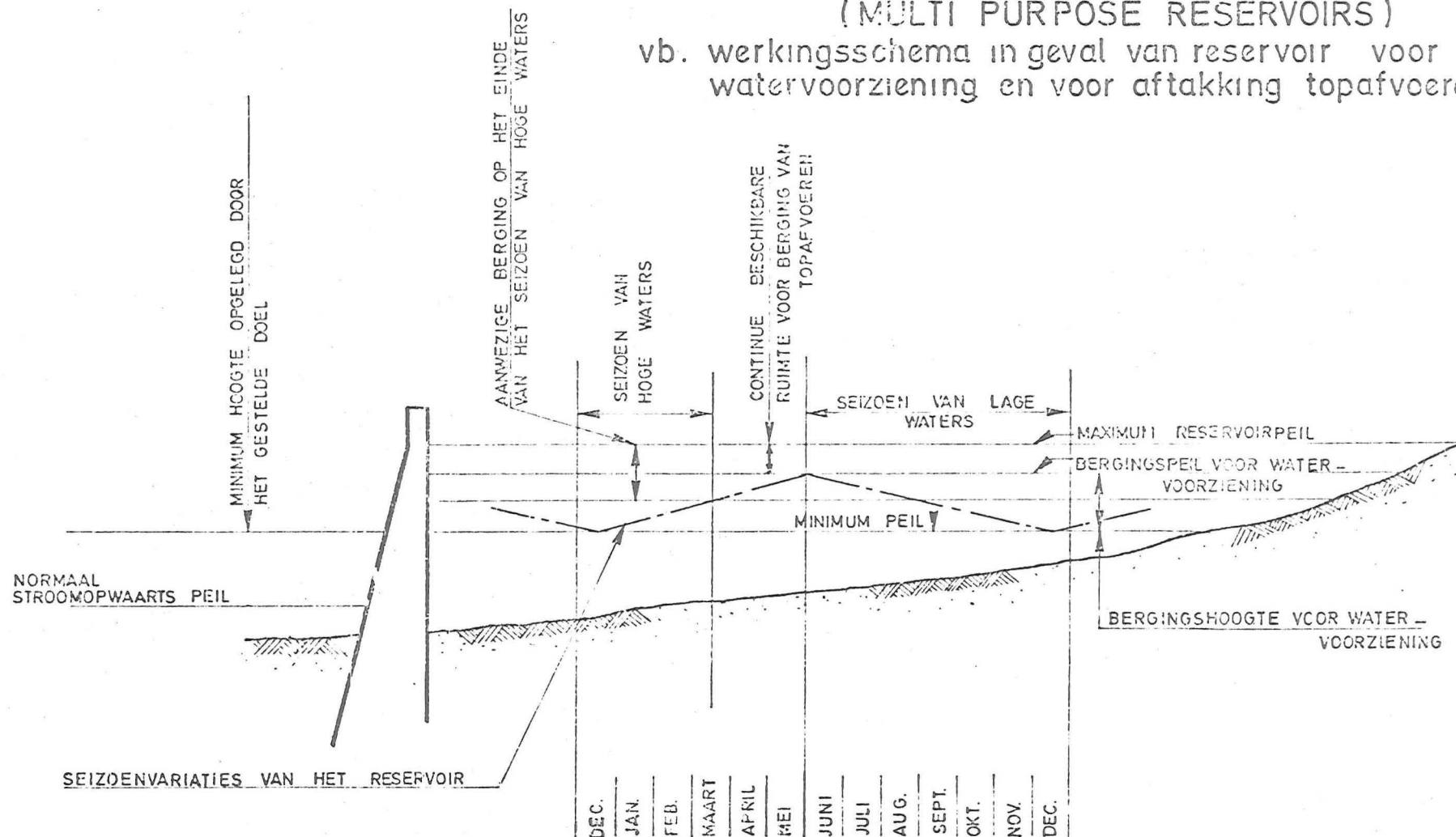
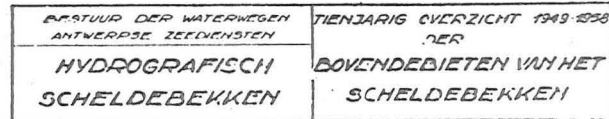


fig.7



KENMERKEN VAN DE GROOTSTE OVERSTROMINGEN IN DE DULE DEMER VALLEI

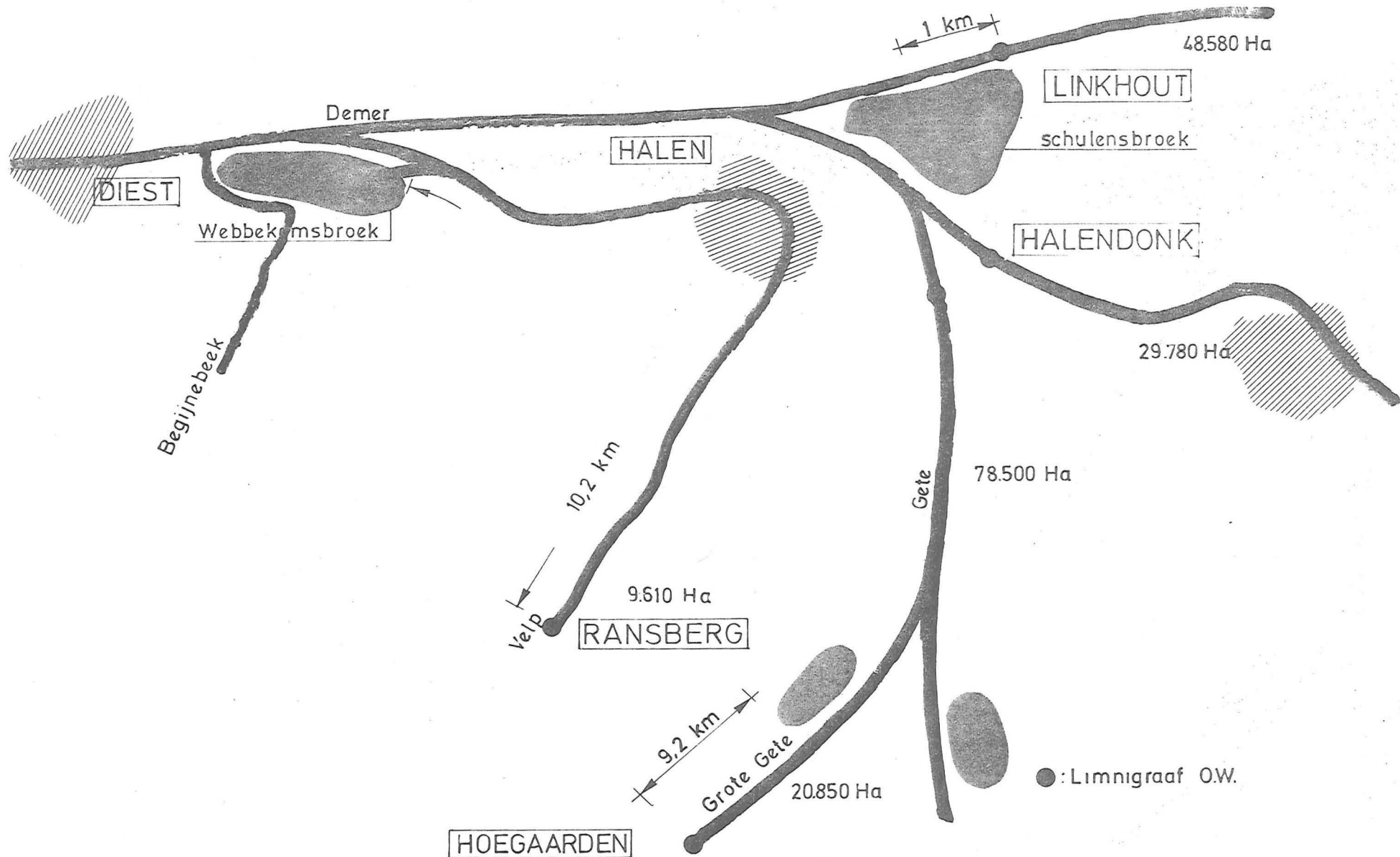
Overstromingsperiode	Oppervlakte overstromingszone in ha	Peilen van de overstromingen vanaf DIEST tot SCHULEN m	Overstromingsvolume (milj. m ³)
1926	Stroomopwaarts DIEST 1865 Schulensbroek 1695 Stroomafwaarts DIEST 2345 ± 5905	22,50	21,00
1966	Stroomopwaarts DIEST 3800 Schulensbroek 1966 Stroomafwaarts DIEST 4000 ± 9766	21,76 tot 24,00	27,00 33,00

Bronnen: Ministerie van Landbouw
N.V. Boerenbond
Prof. Van Himbeeck
N.V. Belgroma

fig. 9

STROOMGEBIED VAN DE DEMER STROOMOPWAARTS DIEST AANWEZIGE MEETNET

fig. 10



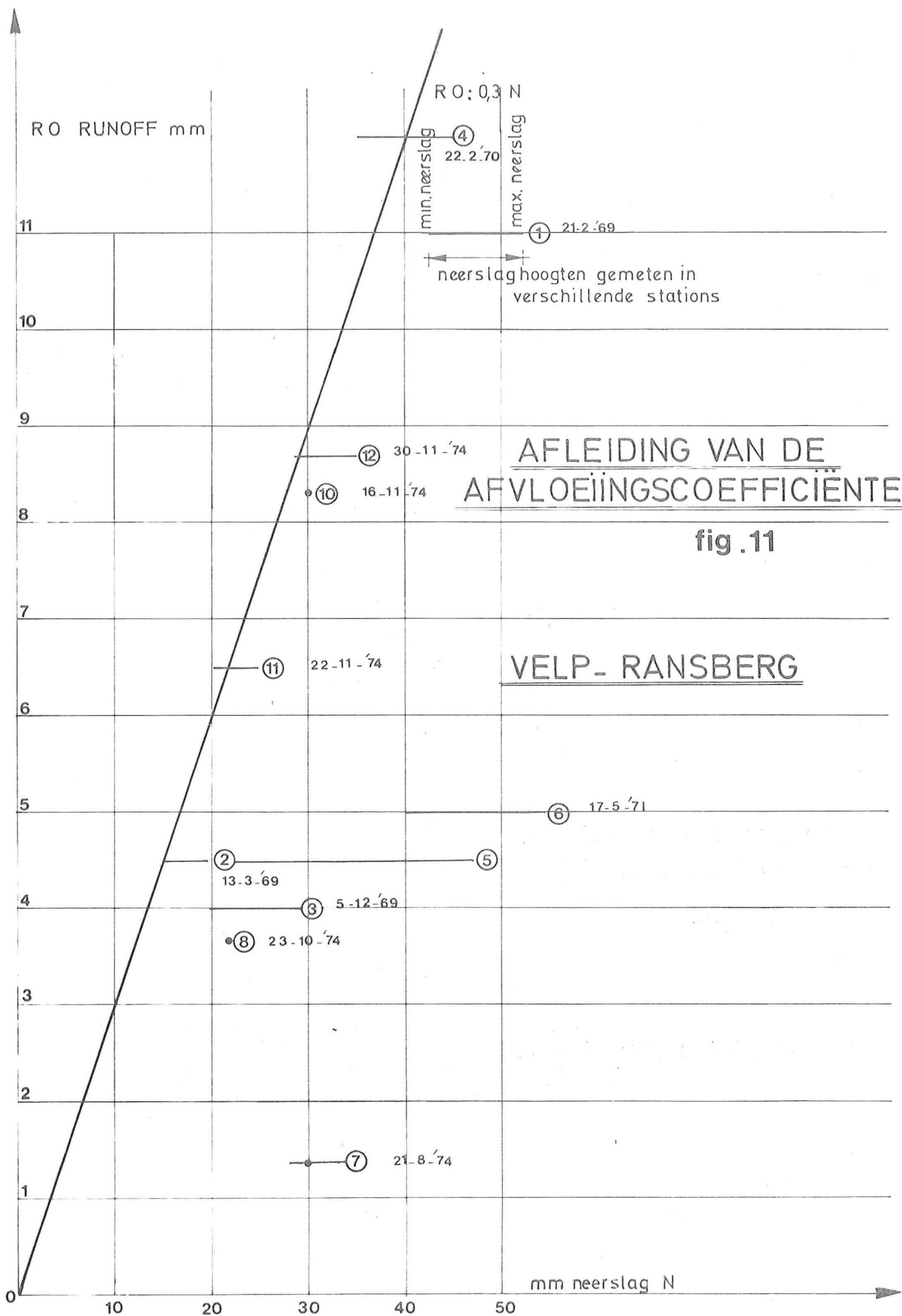
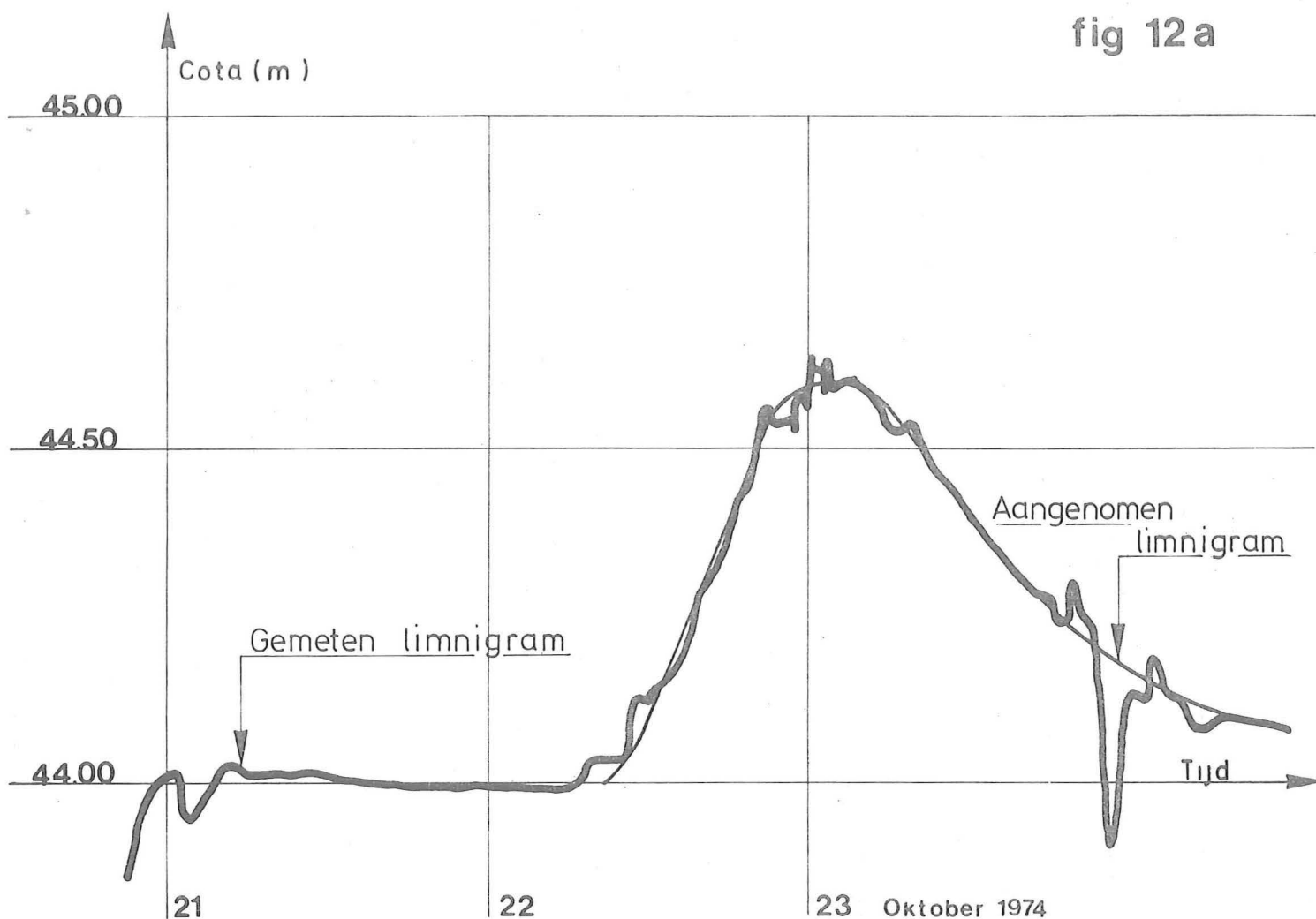


fig 12 a



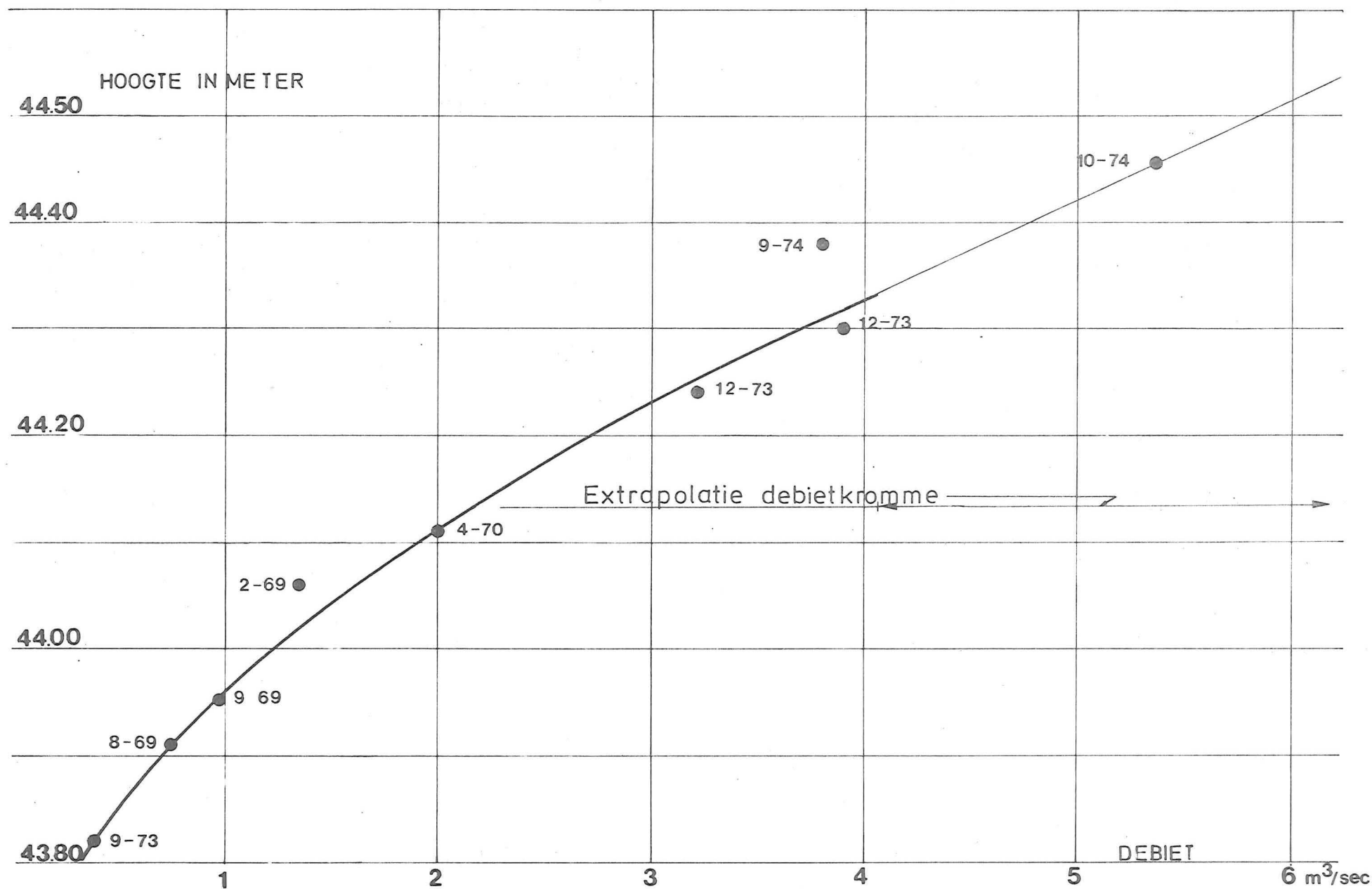
Datum	dagsom van de neerslag op verschillende plaatsen								
20	0.6	1.2	2.0	1.0	1.5	0.8	0.4	2.9	2.2
21	1.6	1.0	2.8	2.0	1.3	3.1	1.6	6.3	2.6
22	21.8	27.2	30.0	22.8	22.3	21.6	22.4	27.1	25.0
23	1.7	4.4	3.2	1.6	3.2	2.1	3.2	1.8	2.2
24	0.3	1.2	0.3	0.3		0.3	0.2	3.6	0.3

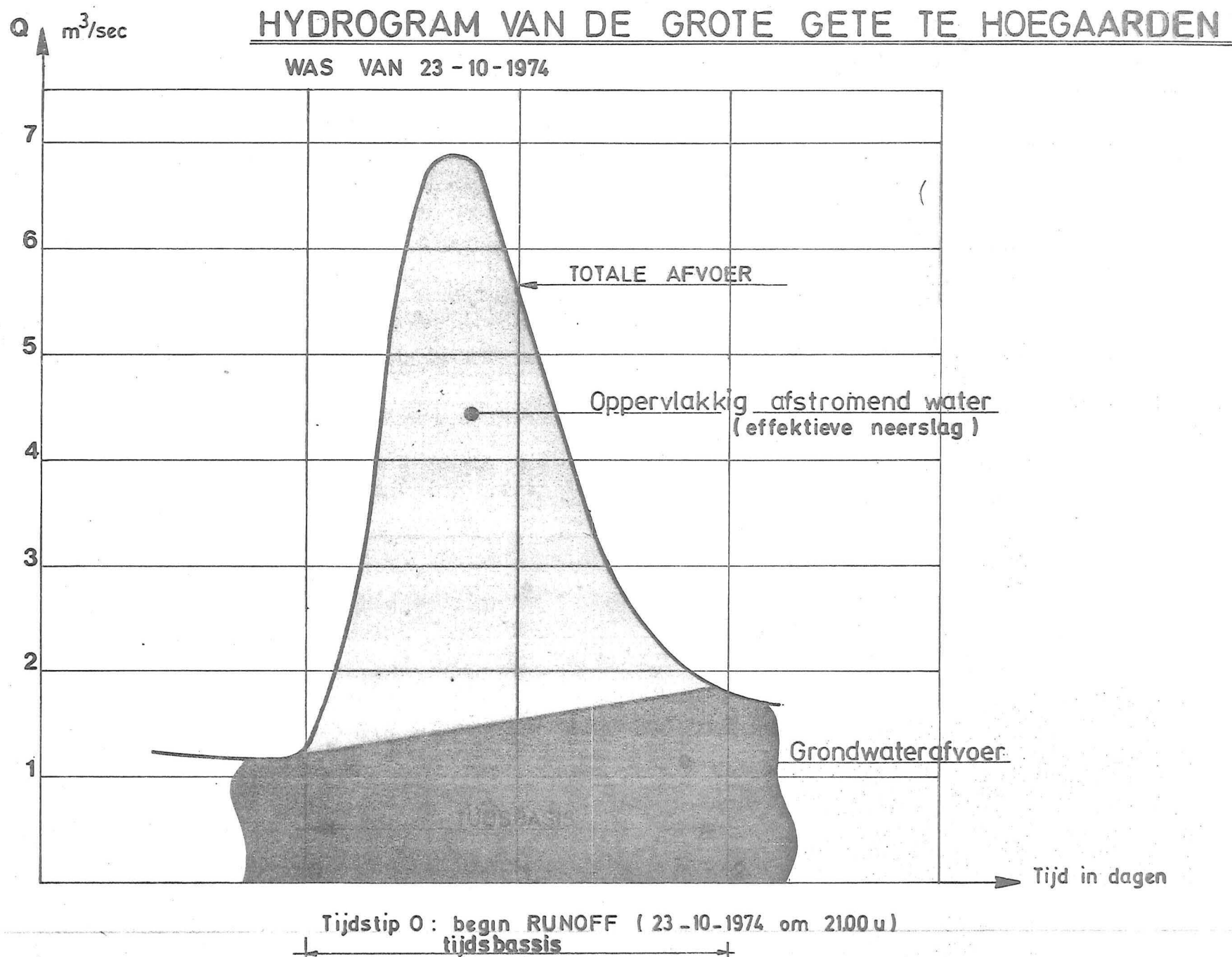
GROTE GETE HOEGAARDEN
 LIMNIGRAM VAN DE WAS VAN 23-10-1974

fig 12 b

DEBIETKROMME

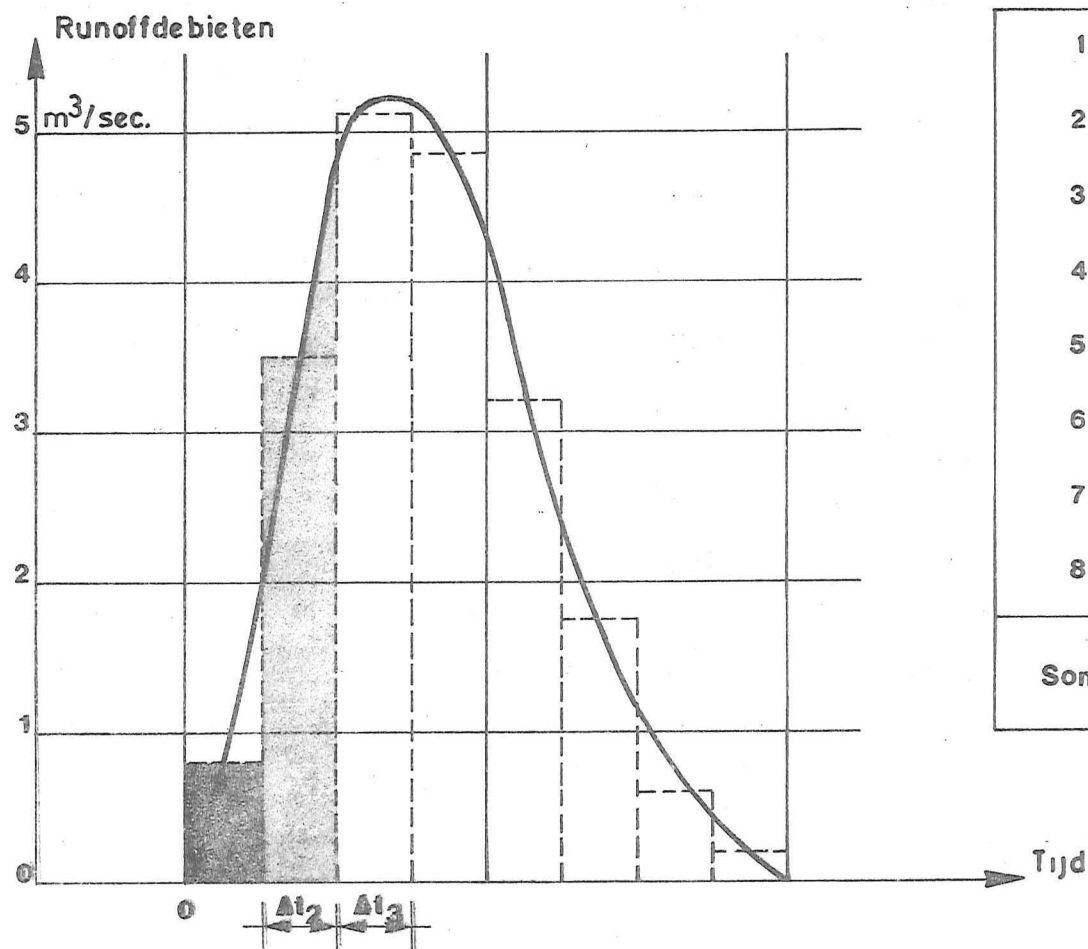
GROTE GETE HOEGAARDEN





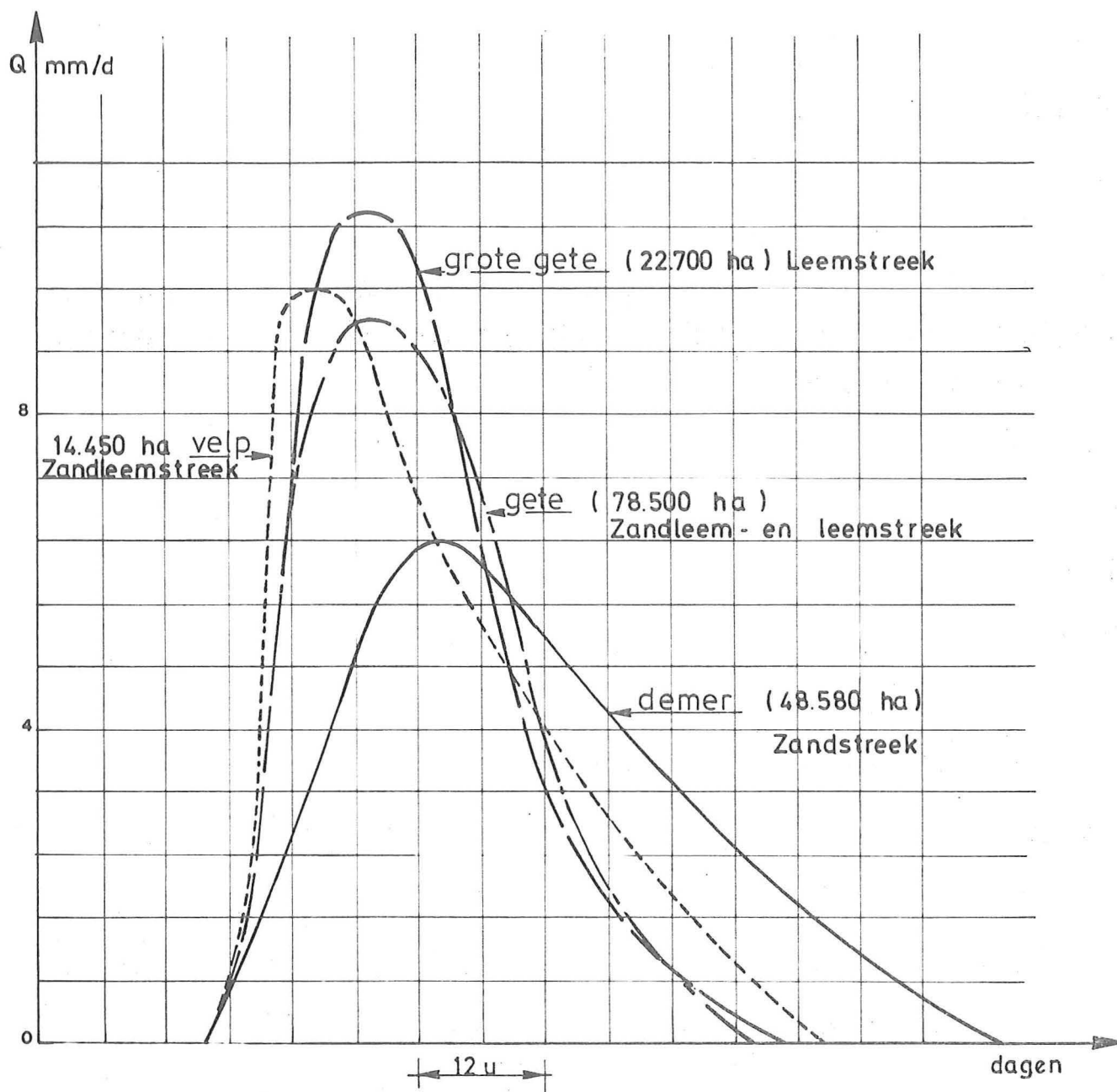
RUNOFFHYDROGRAM

VAN DE GROTE GETE , HOEGAARDEN
WAS VAN 23-10-1974



Δt	Afgevoerd Volume m ³	in %
1	18000	5
2	76000	18
3	112000	26
4	106000	22
5	65000	14
6	37000	18
7	14000	4
8	6000	3
Som	434 800	100 %

RUNOFF – EENHEIDSHYDROGRAM
VOOR DE VERSCHILLENDE DEELSTROOMGEBIEDEN
regenhoogte : 10 mm



NORMGEVEND HYDROGRAM GROTE GETE
t.p.v. het WACHTBEKKEN

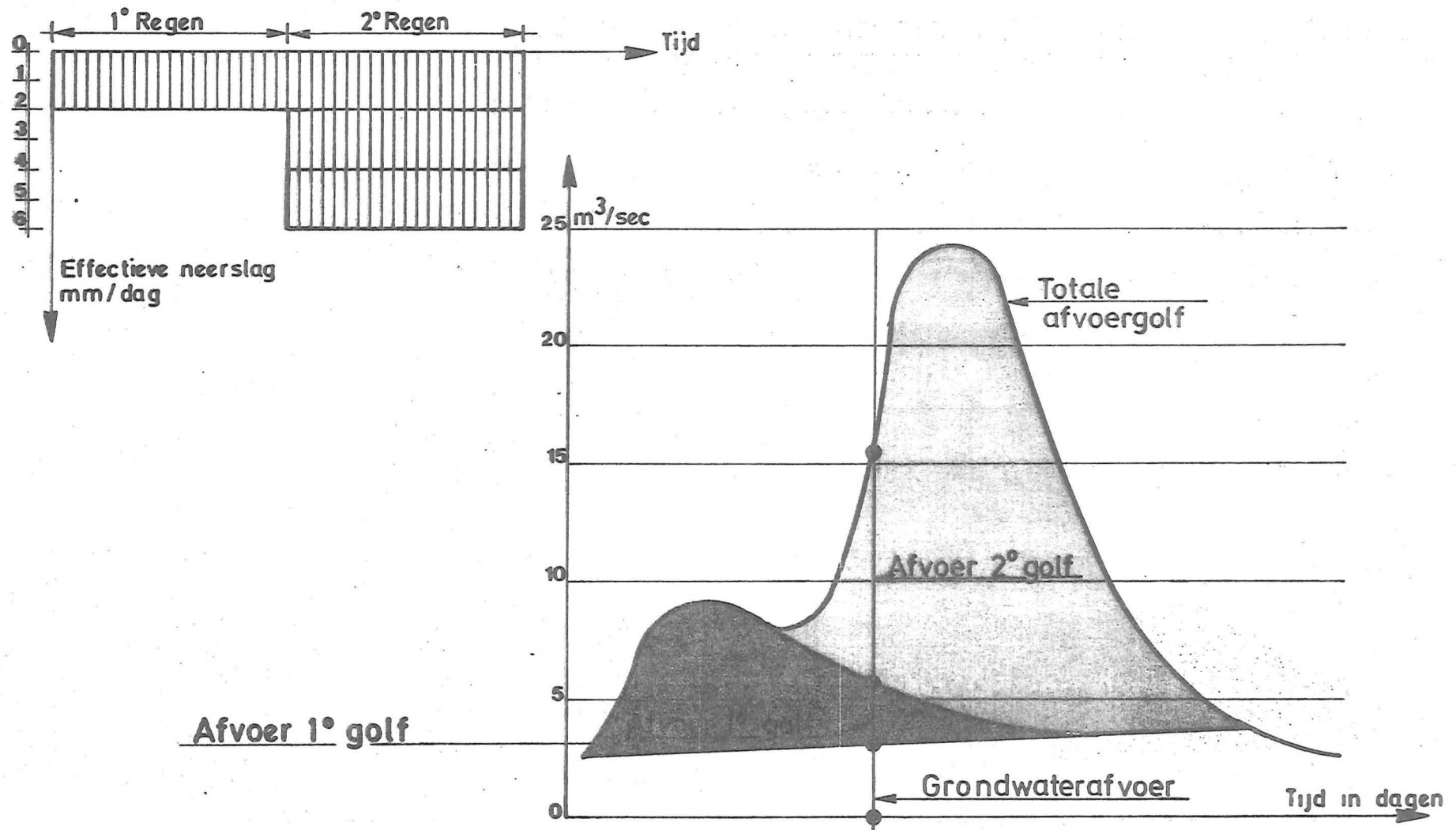


fig. 18

RIVIER	STROOM- GEBIED	GEMIDDELTE WAARDEN 1948 '58				Dag. max. meetwaarden		HHQ l/s. ha	HHQ VLOEDDEBIET
		BOVENDEBIET m ³ /s	l/s ha	VLOED - DEBIET m ³ /s	BOVEN- DEBIET VLOED - DEBIET m ³ /s	BOVENDEBIET m ³ /s	l/s. ha		
Kleine nete monding	7 66 Km ²	8,76	0,115	10,1	4,36	30,3	0,58	1,	38
Grote nete monding	7 19	5,4	0,075	8,8	2,94	17,5	0,33	1,	39
Dijle stuw mechelen	(3420)	13,5	(0,04)	18,4	3,38	(75)	(0,22)	0,7	58
Dijle (zennegat)	3420	14,02	0,041	62,5	0,61	75	0,22	0,7	11
Zenne (monding)	1.160	9,09	0,078	41,5	0,57	70	0,6	0,8	6
Dijle (monding)	4.580	23,11	0,05	117	0,53	—	—	0,7	7

fig 18 bis

