

EEN ELEKTRISCH ANALOGON VOOR HET
NEERSLAG - AFVOER MODEL "WAGENINGEN"

Nota no. 25

Laboratorium voor
Hydraulica en Afvoerhydrologie
mei 1972.

1996533

1. Theoretische achtergrond

In de wintermaanden, wanneer de vochtverliezen door verdamping in eerste benadering tegenover de neerslag mogen worden verlaarloosd, kan men zich een stroomgebied voorstellen als een verzamelbak waarin de verspreid vallende regen of de smeltende sneeuw langs een grote diversiteit van wegen geleid wordt naar het punt waar de beek of rivier het stroomgebied verlaat.

De manier waarop deze concentratie naar het afvoerpunt verloopt hangt uiteraard af van de geologische gesteldheid, de aard van de bovenste bodemlagen en het landgebruik. Men zal doorgaans trachten zich hierover door veldonderzoek een indruk te verschaffen. Aannemende dat daarbij blijkt dat de grenzen van het stroomgebied, ook ondergronds, met redelijke nauwkeurigheid kunnen worden bepaald, zal men vervolgens proberen te weten te komen welk deel van de neerslag langs snelle banen, oppervlakkig, zal wegstromen en hoe het overige water in de ondergrond zal doordringen om daar het grondwaterreservoir aan te vullen en tegelijkertijd een (vertraagde) afstroming uit dit reservoir te bevorderen.

Deze schematisering van het afstromingsproces biedt tevens een aangrijpingspunt voor beschouwingen over de gevolgen van menselijke ingrepen in het hier ruwweg geschetste afvoersysteem. Zo zal een verandering van de dichtheid en de structuur van het stelsel van open leidingen ongetwijfeld de verblijftijd van het oppervlakkig afstromende water beïnvloeden. Verstedelijking, die samengaat met verharding van oppervlakken en kanalisering van de afvoer, vergroot het gedeelte van de neerslag dat snel tot afstroming geraakt. Beide genoemde ingrepen zullen dan ook de gelegenheid voor de neerslag, om tot het grondwater door te dringen, verkleinen. Allerwege is dit verschijnsel geconstateerd.

Onttrekking van grondwater is een ingreep die de natuurlijke afstroming van grondwater naar elders zal afremmen. Deze onttrekking zal dan ook een merkbaar effect hebben op het afvoerverloop, vooral tijdens neerslagloze perioden.

De analyse van de veldsituatie door middel van boringen, verkenningen van topografie, bodem- en gebruikstoestanden kan dus al een zeker inzicht verschaffen in de verhouding tussen de snelle (via de oppervlakte) en de langzame (via het grondwater) takken van het beschouwde afvoerproces.

Ook kunnen deze veldstudies een onontbeerlijke bijdrage leveren tot het inzicht in de gevolgen van ingrepen zoals die hiervoor werden aangeduid. Evenwel blijkt de enorme diversiteit van hydrologische factoren in een stroomgebied zich bijna steeds aan een voldoende nauwkeurige kwantificering te onttrekken zodat er grote moeilijkheden ontstaan wanneer men uitsluitend op grond van de veldanalyse een werkmodel wil opbouwen waaruit de invloed van de beschreven ingrepen moet worden afgeleid.

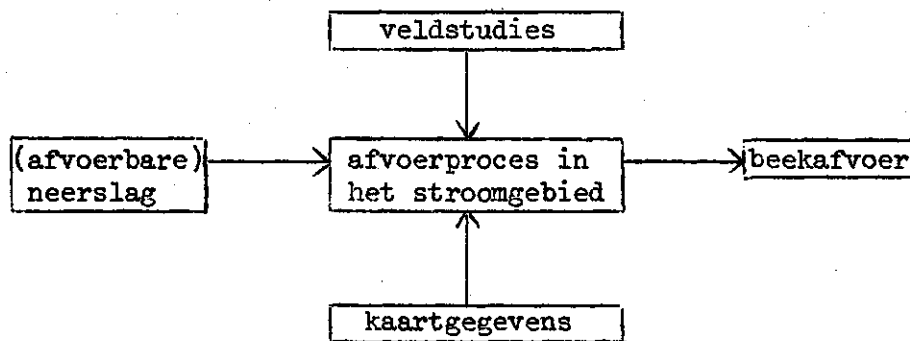


Fig. 1

In Fig. 1 zijn de tot nog toe vermelde informatiebronnen over het afvoerproces langs een verticale lijn aangegeven. Er is echter naast deze fysische analyse ook nog een andere bron van informatie over de manier waarop de neerslag door het stroomgebied tot afvoer wordt getransformeerd. Het gaat hier om de empirische benadering waarbij men de reactie (de afvoer) van het systeem (het afvoerproces in het stroomgebied) meet zoals die het gevolg is van een "prikkel" (neerslag) die eveneens wordt gemeten. Men kan nu de samenhang tussen deze toe- en afvoergegevens bestuderen aan de hand van een model dat qua structuur is gebaseerd op fysisch inzicht in de grote lijnen van het systeem. Aldus is het mogelijk om uit een dergelijke empirische studie, die langs de horizontale lijn van Fig. 1 is aangeduid, aanvullende kwantitatieve informatie over het afvoersysteem in het stroomgebied te ontleen. Zo zal een dergelijke studie ook aanwijzingen kunnen verschaffen omtrent de effectieve omvang van het grondwaterreservoir dat de langzaam verloopende tak van de afvoer verzorgt. Zoals reeds eerder werd opgemerkt moet ook het effect van andere ingrepen in de neerslag-afvoer relatie tot uitdrukking komen.

Teneinde deze mogelijkheden voor het systematisch verwerken van empirische informatie uit een typisch dynamisch systeem als een stroomgebied te benutten is het model "Wageningen" tot stand gebracht.

In dit model zijn, behalve ontwikkelingen in het buitenland, onder meer de gedachten van Hellinga, de Zeeuw, Kraijenhoff van de Leur, de Jager, Colenbrander en een aantal ingenieursstudenten verwerkt.

De in dit model "Wageningen" (Fig. 2) uitgedrukte abstractie van de werkelijkheid bestaat in een verdeling van de afvoerbare neerslag over een snel- en een langzaam lineair diffusie- of dispersie model. Zo'n dispersie model is de uitdrukking voor de gevariëerde mogelijkheden die respectievelijk langs de snelle, oppervlakkige weg en langs de langzame weg via het grondwater aan de afvoerbare neerslag worden geboden om het afvoermeetpunt aan het benedenstroomse einde van het stroomgebied te bereiken. Naast deze dispersie treedt ook nog een translatie op die, blijkens de recente analyse van van de Nes en Hendriks, kan worden toegeschreven aan het verloop van de afvoergolf door het kanalenstelsel en, in mindere mate, ook aan de vertraging van het neerslag overschot op zijn neerwaartse weg door de onverzadigde zone.

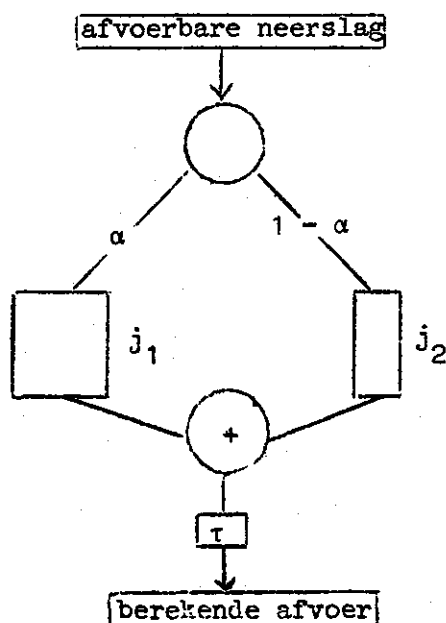


Fig. 2

2. Het analogon

Het hierboven beschreven gelineariseerde transformatiemodel "Wageningen" werd, voortbouwend op het werk van Kraijenhoff van de Leur en Hovestreydt, door Gaasbeek uitgewerkt in het thans in het Laboratorium voor Hydraulica en Afvoerhydrologie aanwezig elektrisch analogon.

Hierin zijn, zoals Fig. 2 reeds aanduidt, in hoofdzaak de volgende onderdelen te onderscheiden:

- a. De verdeler (α) waarmee het geprogrammeerde neerslagverloop deels aan de langzame- en deels aan de snelle transformatie wordt toegevoerd.
- b. De beide parallel geschakelde diffusie-elementen, waarin de analytische oplossing van de diffusie (dispersie) vergelijking met resp. een grote (j_1) en een kleine (j_2) karakteristieke tijd, elektrisch is nagebootst.
- c. Een tijdsverschuiving (τ).

De grootheden α , j_1 , j_2 en τ zijn ieder met behulp van een knop instelbaar. Dit betekent dat de vier parameters van het model zodanig kunnen worden vastgesteld dat de transformatie welke het model teweegbrengt zo goed mogelijk lijkt op de transformatie die het systeem (het stroomgebied) heeft opgelegd aan de tijdsverdeling van de (afvoerbare) neerslag wanneer deze als afvoer uit het stroomgebied het meetpunt passeert.

De werkwijze met het analogon is als volgt:

Zowel het gemeten verloop van de (afvoerbare) neerslag als het gemeten verloop van de afvoer uit het stroomgebied worden in een speciaal daarvoor door Gaasbeek gebouwde programmagenerator opgeslagen. Deze generator biedt plaats voor de simultane neerslag- en afvoerwaarden over 200 intervallen. Voor het Hupselse Beek gebied met zijn 3-uur intervallen kan men dus in één programma een periode van 25 dagen bestuderen.

Nadat de gegenereerde (afvoerbare) neerslag aan het model is toegevoerd kan het resultaat van de transformatie, dus het berekende afvoer- verloop, worden vergeleken met het, eveneens gegenereerde, waargenomen afvoerverloop. Deze vergelijking kan visueel met behulp van een oscilloscoop geschieden.

Men draait nu aan de 4 knoppen om tot een zo nauwkeurig mogelijke overeenstemming van het berekende- en het waargenomen verloop te komen. Voor het nauwkeurig afwerken van deze optimalisatie wordt gebruik gemaakt van een ingebouwd criterium waarmee de absolute waarden van de verschillen tussen de berekende- en de waargenomen afvoerverlopen over de 200 intervallen worden opgeteld. Deze som wordt op een schaalverdeling aangewezen. De beste parameterwaarden zijn dus bereikt wanneer een zo laag mogelijke aflezing van de schaalverdeling is verkregen.

De ervaring heeft geleerd dat men het snelste werkt door eerst visueel een redelijke overeenstemming te bereiken om daarna achtereenvolgens voor elk der 4 parameterknoppen een partiëel minimum in te stellen. Doorgaans zijn 2 ronden voldoende. De optimalisering verloopt aldus zeer snel.

Fig. 3 toont het waargenomen en het berekende verloop van de afvoer uit de Hupselse Beek langs meetstuw 10A gedurende de periode december 1965.

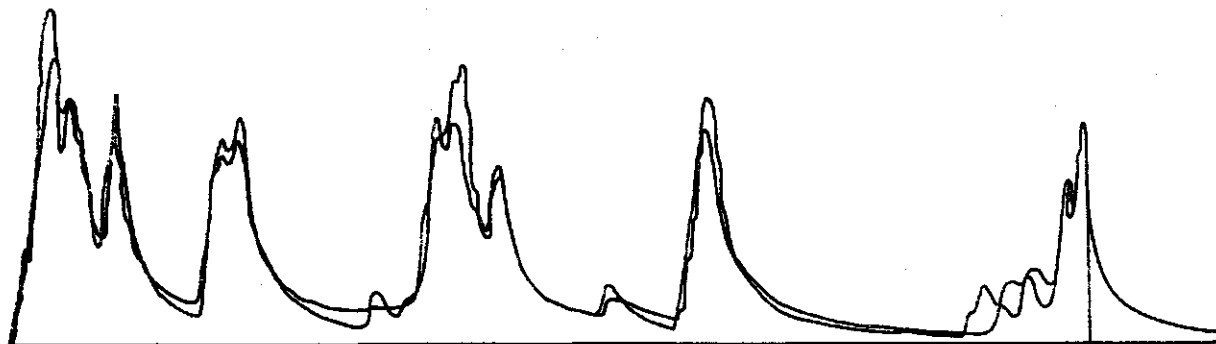


Fig. 3

De studies die nu in het Laboratorium voor Hydraulica en Afvoerhydrologie worden verricht hebben ten doel om in de eerste plaats de programmeringsmogelijkheden te verruimen zodat snel lange reeksen van waarnemingen kunnen worden verwerkt. Daarnaast wordt er gewerkt aan een combinatie van analoge en digitale dus aan een hybride-apparatuur waarmee ook de verdampingsverliezen kunnen worden geïntroduceerd en geëigende aanpassingen aan droge- en natte situaties mogelijk worden.

Bij de huidige stand van zaken is het al mogelijk om voor winterperiodes een stroomgebied te typeren door de parameterwaarden van α , j_1 , j_2 en τ . De conceptie die aan de structuur van het model ten grondslag ligt leidt tot de veronderstelling dat α een indicator zal zijn voor het deel van de neerslag dat via het grondwater tot afstroming komt en dat j_1 als een maat voor de omvang van dit grondwaterreservoir mag worden beschouwd.

Verder is het mogelijk om voor de wintermaanden, waarvan men het neerslagverloop kent, het afvoerverloop te reconstrueren om aldus een inzicht in afvoerfrequenties te krijgen. Tenslotte kan men het afvoerverloop bij een "ontwerp neerslagperiode" bepalen ten behoeve van het ontwerp van spaarbekkens of andere reguleringswerken.