

Verdere ontwikkeling van het dynamisch reken- en simulatiemodel voor de distributie

Inleiding

In een reeds eerder gepubliceerd artikel [lit. 1] werd de ontwikkeling van het dynamisch reken- en simulatiemodel DYNA beschreven. Dit basisprogramma dient voor het dynamisch berekenen van stromingen en drukken in een distributieleidingnet. Uitleg werd gegeven over de wiskundige achtergronden en de opbouw van dit basisprogramma. Ook werd het brede toepassingsgebied belicht aan de hand van berekeningen op een testnet.

Samenvatting

In dit artikel wordt een overzicht gegeven van het totale dynamische reken- en simulatieprogramma DYNASIM. In een kwaliteitsbeschouwing wordt duidelijk gemaakt dat de behoefte aan een dergelijk stuk gereedschap groot is. Dit niet alleen vanuit het oogpunt van ontwerpen, maar vooral vanuit de invalshoek van het beheer van het distributieproces.

De ontwikkeling van het deelprogramma QUALI wordt belicht, hierbij wordt aandacht besteed aan de theorie van de reistijdbepaling, de hiërarchische structuur van een leidingnet, de opzet van de programmastructuur, de in- en uitvoerstructuur en de beoordelingscriteria van de berekeningsresultaten.

Het basisprogramma DYNA, welke de stromingen en drukken berekent, neemt hierbij een centrale plaats in.

Tot slot worden de gebruiksmogelijkheden aangegeven aan de hand van een illustratief gekozen testnet.

het distributienet mag de waterkwaliteit niet of zo min mogelijk achteruitgaan. Immers alle zorg en moeite voor de instandhouding van goede bronnen en de toegevoegde waarde verkregen bij de zuivering mogen niet verminderd worden door het distribueren van het water.

In lit. 1 werd opgemerkt dat gekozen moet worden voor een dynamisch beheer van het distributieproces. Bij een dergelijk proces vormen de mogelijkheden om dynamisch te kunnen rekenen en simuleren belangrijke elementen voor het verkrijgen van een, op criteria, gestoeld 'Distributie Beheerplan'. Hierbij is het belangrijkste verschil in vergelijking met de conservatieve aanpak, dat symptoon-

bestrijding wordt vervangen door eliminatie van oorzaken.

Ter illustratie: Het komt voor dat de pompregies niet gewijzigd (mogen) worden ter voorkoming van roestklachten. Veranderingen van stromingen zouden kunnen leiden tot opwerveling van in de loop der tijd gevormd roestsediment. Dit is een passieve beheersituatie. Beter is het om door preventieve maatregelen te voorkomen dat sedimentatie kan plaatsvinden, bijvoorbeeld door een betere (wijk)doorstroming. Een extra voordeel zou zijn dat leidingen schoon blijven en er zodoende minder schonmaakactiviteiten behoeven plaats te vinden. Verder is het van belang om ongewenste stagnatie- en pendelzones afkomstig van bewegende

Hierbij werd aangegeven dat dit programma als basis dient voor de bestudering van waterkwaliteitsaspecten in een leidingnet zoals reistijden, stromingstrajecten van instroompunt naar afnamepunten, herkomstbepaling van het water op een afnamepunt en verandering van kwaliteitsparameters tijdens het verblijf in het leidingnet.

Het totale softwarepakket waarmee onder andere bovenstaande berekeningen en simulaties kunnen worden uitgevoerd wordt DYNASIM genoemd.

De verdere ontwikkeling van het kwaliteitsprogramma is gerealiseerd door de auteurs.

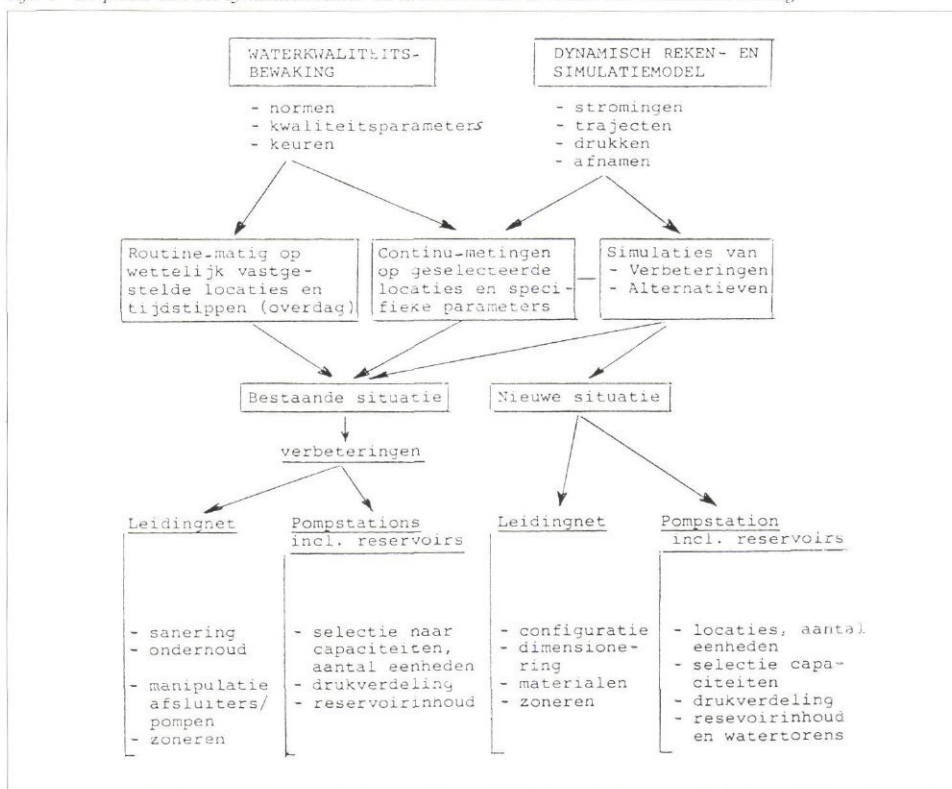
De ijking van het programma is uitgevoerd op het distributienet van Gemeentewaterleidingen te Amsterdam [lit 2].

In het voor u liggende artikel zal een korte beschrijving worden gegeven van de opbouw van het kwaliteitsprogramma QUALI, een deelprogramma van DYNASIM. Bij de theorie zal ook de in lit. 1 aangegeven hiërarchische structuur van een distributienet verder worden belicht, met name de optredende stromingspatronen met de specifieke kenmerken die de verschillende niveaus karakteriseren. Aan de hand van een testnet zullen enkele van de uitgebreide mogelijkheden van dit programma worden behandeld. Deze zijn zodanig uitgevoerd dat een en ander slechts illustratief is.

Kwaliteitsbeschouwing

Tijdens het verblijf van het drinkwater in

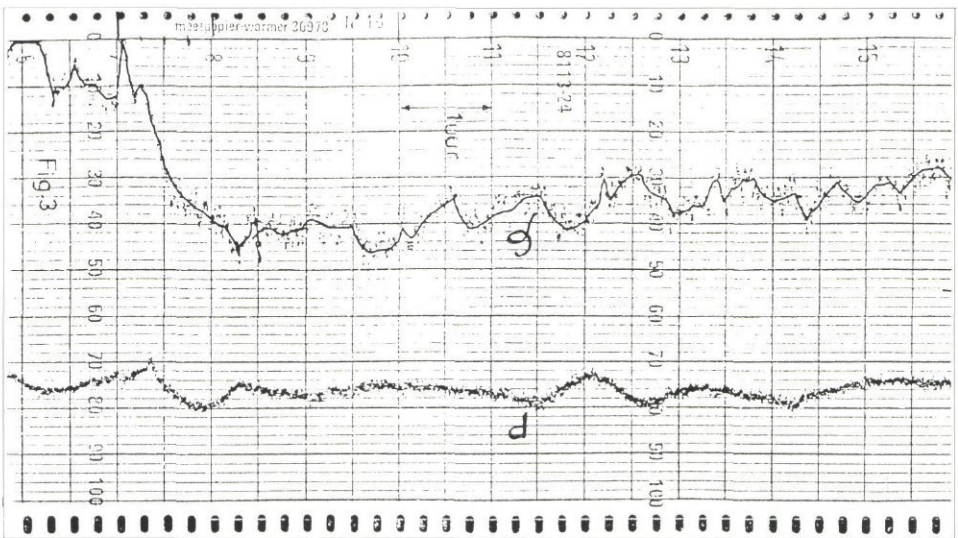
Afb. 1 - De plaats van het dynamisch reken- en simulatiemodel in relatie met kwaliteitsbewaking.



waterscheidingen te kunnen localiseren en zonodig op te heffen. Bij toepassing van verschillende watersoorten (rivier/duin- en plassenwater) zoals in de Amsterdamse situatie, kan ook gekozen worden voor het fixeren van de menggebieden (zoneren). In het bovengenoemde is het belangrijk om de reistijden van het water in het leidingnet en de doorlopen trajecten van een instroompunt naar de afnamepunten te kunnen berekenen. Indien dit bekend is zijn namelijk veranderingen van kwaliteitsparameters te voorspellen, zoals bijvoorbeeld de toename van de troebeling veroorzaakt door gietijzeren leidingen. Ook is het mogelijk, in het geval van meerdere instromen, voor een willekeurig gekozen afnamepunt de herkomst van het water op dat punt te bepalen.

Beheersing van het distributieproces zal dan ook betekenen dat:

- het pompregime uitgevoerd wordt in overeenstemming met de regionale momentane watervraag;
- onderzoek uitgevoerd kan worden naar de beste locatie van pompstation en de optimale capaciteitsverdeling respectievelijk sturingsmogelijkheden van de pompen; evenzo voor de plaats, het aantal en de benutting van reservoirs voor de drinkwaterberging;
- stroomsnelheden in leidingen beïnvloed kunnen worden door bijvoorbeeld aanjagers in het leidingnet en/of (telemetrisch) bediende afsluiters;
- de kortste trajecten (en dus kortste reistijden) van instroompunt naar afnamepunt gerealiseerd kunnen worden;
- mogelijke oplossingen vergeleken kunnen worden. Dit kunnen zijn verschillende leidingnet configuraties inclusief instroompunten of de wijze van wijkdoorstroming; maar ook de aanwending van geschikte onderhoudsmethodieken in relatie tot het probleem. Voor wat betreft de waterkwaliteitsbewaking (registratie van kwaliteitsparameters) is het uitermate belangrijk dat representatieve meet- en controleplaatsen aangewezen kunnen worden. Dit voor zowel continu onderzoek als wel het veelal uitgevoerde routinematige monster-



Afb. 3 - Het stromingspatroon in de leidingen op het primaire niveau.

onderzoek (vaste plaats en tijd). Bij bovenstaande aspecten kan een dynamisch reken- en simulatiemodel een waardevolle bijdrage leveren (afb. 1).

Het totale programma DYNASIM

Het software pakket DYNASIM is ontwikkeld op DEC-VAX apparatuur erkend onder het besturingssysteem VAX/VMS en in zijn totaliteit geschreven in de standaard programmeertaal FORTRAN 77. De ontwikkeling, de implementatie en het gebruik van DYNASIM geschiedt op een microvax-computer. Voor het gebruik van een microcomputer is gekozen, omdat de sterk gedaalde prijs en de grotere aanpassing- c.q. gebruiksmogelijkheden dit rechtvaardigen. Bij de opbouw van het totale pakket is ernaar gestreefd de inzetbaarheid zo breed mogelijk te maken. Hierbij spelen in de toekomst ook factoren als koppelingsmogelijkheden met de Leidingen- en Verbruikers-Informatiesystemen en met kwaliteitmeetstations in het leidingnet een rol. De totale programmatuur bestaat uit een viertal deelprogramma's zoals deze in afb. 2 genoemd worden. Ieder deelprogramma bestaat vervolgens weer uit hieraan gerelateerde aanvullende subprogramma's. Zoals bleek uit lit. 1 levert DYNA continue

stromingen en drukken voor een leidingnet, eventueel aangepast met het deelprogramma SCHAT. QUALI is het deelprogramma voor berekening en simulatie van genoemd kwaliteitsonderzoek. GRAPH is het deelprogramma dat zorgt voor de grafische bewerking van de berekeningsresultaten van DYNA en QUALI.

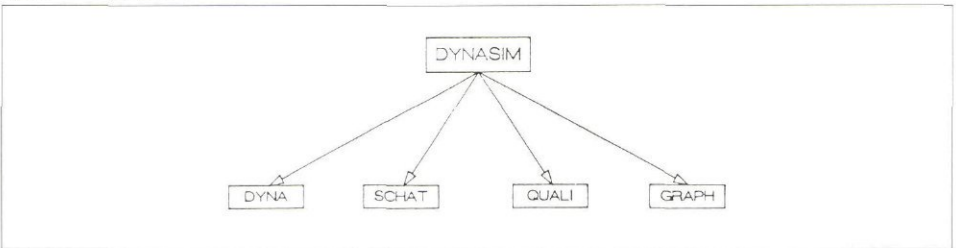
De theorie voor de bepaling van reistijden

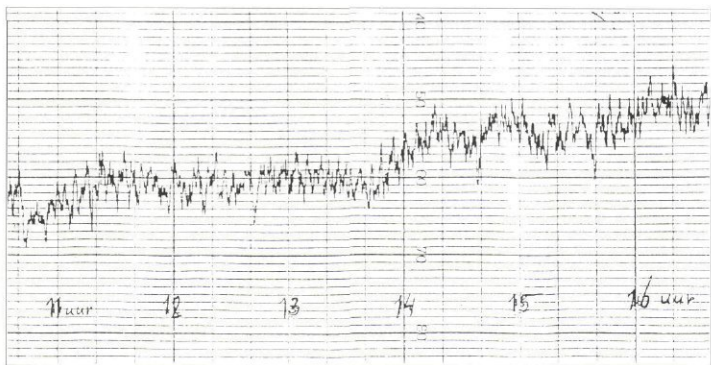
Voor het kunnen voldoen aan de eisen voortkomende uit een kwaliteitsbeschouwing, moet zowel met de stroomrichting mee, van instroompunt naar afnamepunt, gerekend kunnen worden (met de tijd mee), als wel tegen de stroomrichting in, van afnamepunt naar instroompunt (tegen de tijd in). QUALI bestaat dan ook uit twee subprogramma's respectievelijk REISMEE en REISTEGEN.

Allereerst een aantal veronderstellingen en definities:

- In alle leidingen treedt propstroming op, waarbij tijdens het verblijf in de leiding geen menging optreedt tussen de onderlinge waterfracties. Dit geldt eveneens voor de doorstroming van watertoren(s) en/of reservoir(s);
- Op de knooppunten treedt volledige menging op;
- *Reistijd.* Dit is de tijdsperiode waarin een waterdeeltje zich in een leidingnet verplaatst van een instroompunt naar een afnamepunt. De reistijd is de som van de afzonderlijke verblijftijden van dat waterdeeltje in de leidingen en watertorens/reservoirs;
- *Fractie.* Dit is een percentage van een instroom (in het geval van REISMEE) of een percentage van een afname op een knooppunt (in het geval van REISTEGEN).

Afb. 2 - De opbouw van DYNASIM.





Afb. 4 - Het stromingspatroon in de leidingen op het leveringsniveau.

Per instroom of afname is de som van alle fracties is gelijk aan honderd procent;

- *Traject*. Dit is de weg die een waterdeeltje in een leidingnet aflegt tussen een instroompunt en een afnamepunt. Deze weg bestaat uit één of meer leidingen en/of watertorens/reservoirs;
- *Hiërarchische structuur*. Dit is de samenhang van alle distributiemiddelen; hierin kunnen verschillende niveau's onderscheiden worden te weten:

- het primaire niveau, dit omvat pompstations, reservoirs en de grote hoofdleidingen;
- het regionale niveau, dit omvat de regionale hoofdleidingnetten;
- het leveringsniveau, dit omvat de distributieleidingen inclusief de aansluitingen.

Door de continue dynamische opzet van DYNA vanuit de wiskunde, welke leidt tot een stelsel van differentiaalvergelijkingen, kan de rekentijdstap van de numerieke oplossing bij de berekening van stromingen en drukken in een leidingnet vrij gekozen worden. Dit is noodzakelijk voor de toepassing van DYNA op de drie genoemde hiërarchische niveaus. Voor QUALI zal de uitvoertijdstap van DYNA in relatie tot deze niveaus verder verfijnd dienen te worden.

De stromingsveranderingen op het primaire niveau worden gekenmerkt door

variaties op een tijdbasis van 10 tot 15 minuten (afb. 3). Op dit gemiddelde snelheidspatroon zijn fluctuaties met een kleinere tijdbasis waar te nemen. Deze zijn op dit niveau van ondergeschikt belang, gezien de grootte van de gemiddelde snelheid. De invoer voor DYNA kan met een tijdstip van 10 tot 15 minuten gegeven worden.

Om het regionale niveau, waar de verdeling van water plaats vindt vanuit het primaire niveau naar het leveringsniveau, komt het stromingsbeeld al meer onder invloed van het sterk fluctuerende afnamegedrag.

Op het leveringsniveau komen in het algemeen gesproken de kwaliteitsproblemen voor ten gevolge van stagnatie en bewegende menggebieden van verschillende watersoorten. Deze gebieden worden gekenmerkt door lage gemiddelde snelheden met daarop gesommeerd de sterkte fluctuaties als gevolg van het hier overheersende afnamepatroon (afb. 4). Hier overheersen de impulstermen in plaats van de wandwrijvingstermen. De keuze van de invoertijdstip voor DYNA zal daarom kleiner gekozen dienen te worden namelijk 5 minuten of zelfs kleiner. De invoerstap voor QUALI en de rekenstap van DYNA, zal in de orde van een minuut bedragen.

Voor de bepaling van de reistijden van waterfracties zijn verblijftijden in de door-

lopen leidingen in een bepaald traject van belang. Hiervoor is het noodzakelijk dat alle mogelijke trajecten bepaald kunnen worden. Een traject kan ten aanzien van de fractie en de reistijd op een viertal manieren opgebouwd zijn:

- korte reistijd met kleine fractie,
- lange reistijd met kleine fractie,
- korte reistijd met grote fractie,
- lange reistijd met grote fractie.

Dit heeft een direct gevolg voor de gemiddelde reistijd en de spreiding van reistijden ter plaatse van een knooppunt of van het gehele leidingnet en is van belang voor de uiteindelijke beoordeling van de netdoorstroming.

Voor de berekening van reistijden zijn de navolgende theorieën van belang:

1. De fractiebepaling op een knoop;
2. De verblijftijdsberekening in een leiding, watertoren/reservoir;
3. Het doorlopen traject.

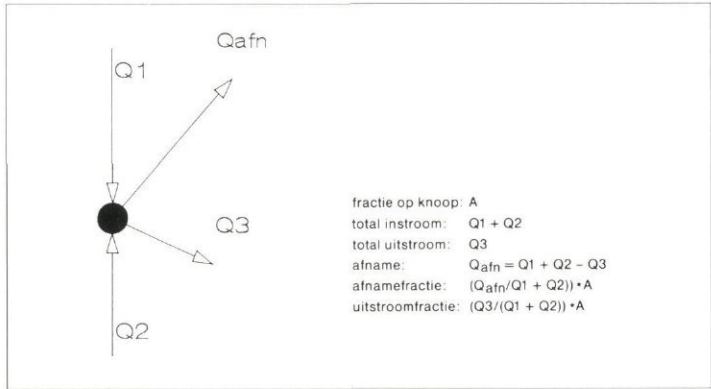
ad 1. *Fractiebepaling*. Door de veronderstelling van volledige menging op een knoop kan er een evenredige verdeling plaats vinden van de waterfractie die op een knooppunt aankomt.

Voor het berekenen van de doorstromende fractie wordt gebruik gemaakt van de volumestromen in de leidingen die op een knooppunt zijn aangesloten. Voor REISMEE gaat de berekening als in afb. 5.

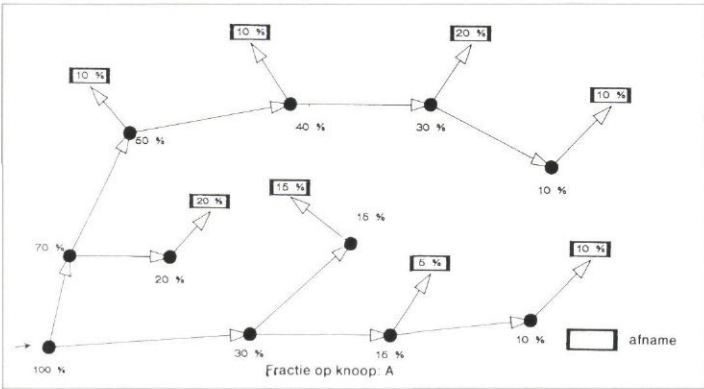
Naar aanleiding van afb. 5 zijn de volgende opmerkingen te maken:

- de totale instroom van de knoop is gelijk aan de som van de toestromende leidingdebieten (en eventueel de instroom als het knooppunt een instroompunt is);
- de totale uitstroom van de knoop wordt bepaald door de som van de afstromende leidingstromen;
- indien op de knoop een afname gesitueerd is, dan is deze gelijk aan het verschil van de instroom en de uitstroom;
- de instromende fractie A wordt

Afb. 5 - Fractiebepaling op een knoop voor het subprogramma REISMEE.



Afb. 6 - Voorbeeld van de verdeling van de instroomfractie over de knooppunten in een leidingnet.



vervolgens verdeeld over de afstromende leidingen en de eventuele aanwezige afname; de fractie naar een afstromend debiet (leiding of afname) is evenredig met de grootte van dit debiet. Voor REISTEGEN wordt dezelfde berekening gebruikt alleen wordt de fractie verdeeld over de toestromende leidingen in plaats van over de afstromende leidingen.

In af. 6 wordt aan de hand van een voorbeeld uitgelegd hoe de verdeling van de fracties over de knooppunten plaatsvindt in een leidingnet.

ad 2. *Verblijftijdsberekening.* De bepaling van de verblijftijd gebeurt aan de hand van het stromingspatroon in de desbetreffende leiding. Per definitie is de verblijftijd in een leiding met een lengte L, waarin een tijdsafhankelijk snelheid $v(t)$ heerst, de integratietijd $t_{uit}-t_{in}$ volgens

$$L = \int_{t_{in}}^{t_{uit}} v(t) \cdot dt$$

t_{in} : tijdstip van instromen van de leiding
 t_{uit} : tijdstip van uitstroming van de leiding

Drie situaties zijn nu te onderscheiden:

a. De snelheid in de leiding is zodanig dat de stromingsrichting constant blijft. De verblijftijd is nu $t_{uit}-t_{in}$ en de volgende knoop in het traject is de knoop aan het andere uiteinde van de leiding. Gedurende de verblijftijd in de leiding heeft de waterfractie de gehele lengte van de leiding doorstroomd.

b. De snelheid wisselt slechts éénmaal van teken tijdens het verblijf in de leiding, waarmee de stroomrichting dus éénmaal omkeert. De integraalberekening begint op t_{in} en loopt door totdat de integraal gelijk is aan de nul. Dit betekent dat in de tijdsperiode t_{in} tot t_{uit} de stroomrichting van het water in de leiding omgekeerd is. Op het moment dat de waarde van de integraal gelijk is aan nul, is er een bepaalde tijdsperiode verstreken.

De grootte van deze tijdsperiode is dan gelijk aan $t_{uit} - t_{in}$. Het gearceerde oppervlak in afb. 7 (gelijk aan nul) komt dan overeen met de integraal:

$$0 = \int_{t_{in}}^{t_{uit}} v(t) \cdot dt$$

De volgende knoop in het traject is weer de beginknoop van de leiding. Gedurende de verblijftijd in de leiding heeft de waterfractie een gedeelte van de leiding doorlopen, de absoluut doorlopen leidinglengte is echter gelijk aan nul.

c. De snelheid wisselt veelvuldig van teken, waardoor de stroomrichting telkens omkeert (pendelen). De waterfractie zal uiteindelijk één van de uiteinde van de leiding bereiken. De integraal is dus gelijk aan nul of gelijk aan L. De integraalbepaling (het oppervlak onder de snelheidsfunctie) gebeurt numeriek met de trapeziumregel. Hierbij zijn de rekentijdstappen de basispunten. Voor de verblijftijdsberekening in een watertoren of een reservoir geldt een analoge beschouwing.

ad 3. *Trajectbepaling.* Het bepalen van de trajecten gebeurt aan de hand van de leidingen die verbonden zijn met een knooppunt. Er kunnen bij een knooppunt twee soorten leidingen onderscheiden worden:

- afstromende; dit betekent dat de volumestroom in de leiding van het knooppunt af gericht is;
- toestromende; dit betekent dat de volumestroom in de leiding naar het afknooppunt toe gericht is.

Voor de trajectbepaling in REISMEE wordt gebruik gemaakt van de afstromende leidingen op een knooppunt en in REISTEGEN wordt gebruik gemaakt van de toestromende leidingen. Naast de afstromende/toestromende leidingen wordt ook de verblijftijdsberekening in

een leiding gebruikt voor de trajectbepaling. Hiermee wordt namelijk de volgende knoop in een traject bepaald. De trajectbepaling gaat als volgt (afb. 8).

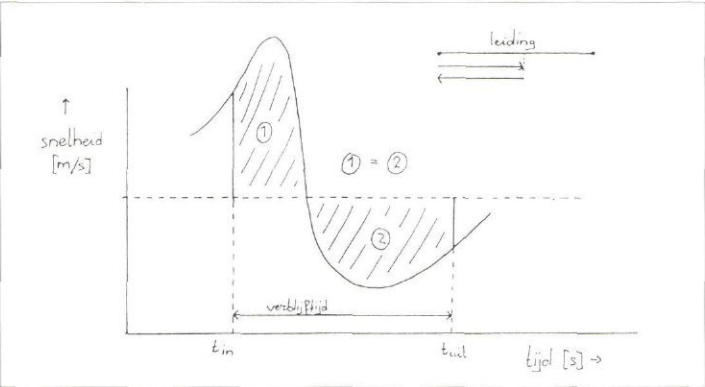
Naar aanleiding van afb. 8 zijn de volgende opmerkingen te maken:

- op een knooppunt wordt een afstromende/toestromende leiding genomen;
- uit de verblijftijdsberekening volgt de volgende knooppunt in het traject;
- indien op dit knooppunt een afname aanwezig is, is er een traject naar dit afnamepunt bepaald;
- de trajectbepaling gaat verder als er een afstromende/toestromende leiding op dit knooppunt aanwezig is.

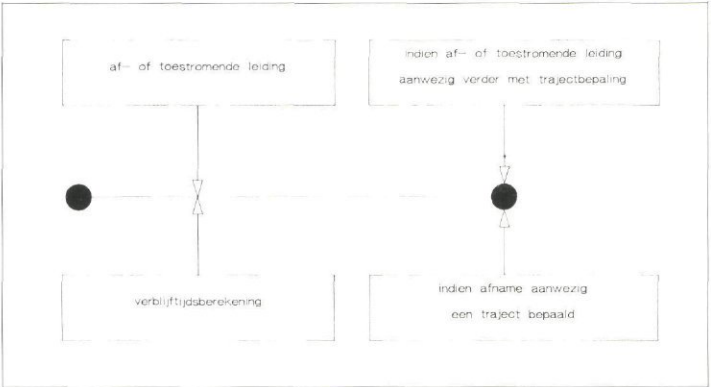
Door op elk knooppunt alle afstromende/toestromende leidingen mee te nemen, zullen alle mogelijke trajecten vanuit het beginknooppunt bepaald worden. Voor REISMEE is het beginknooppunt een instroompunt en voor REISTEGEN een willekeurig gekozen knooppunt in het leidingnet.

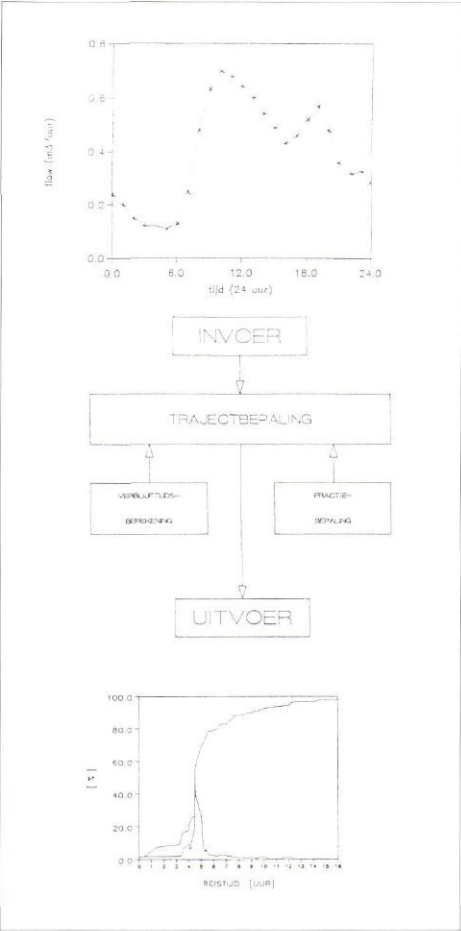
Voor de trajectbepaling wordt gebruik gemaakt van de ingevoerde geometriek. Van alle leidingen behorende bij de beschouwde knoop wordt de stroomrichting van het water bepaald op het aankomsttijdstip. Ook wordt de totale toestromende hoeveelheid water naar de knoop bepaald. Vervolgens wordt een leiding met een afstromend debiet bepaald. De waterfractie die door deze leiding gaat is gelijk aan de grootte van het debiet gedeeld door de totale hoeveelheid toestromende hoeveelheid. Indien geen afstromende leiding aanwezig is, wordt er één knoop in het traject teruggaan en wordt vervolgens op deze knoop weer naar een afstromende leiding gezocht. Dit geldt voor REISMEE, voor REISTEGEN geldt een analoge beschouwing (er wordt naar een toestromende leiding gezocht op een knoop).

Afb. 7 - De situatie waarbij het oppervlak onder de integraal gelijk is aan nul.



Afb. 8 - De trajectbepaling in een leidingnet voor de subprogramma's REISMEE en REISTEGEN.





Afb. 9 - De opbouw, in- en uitvoer van het subprogramma REISMEE.

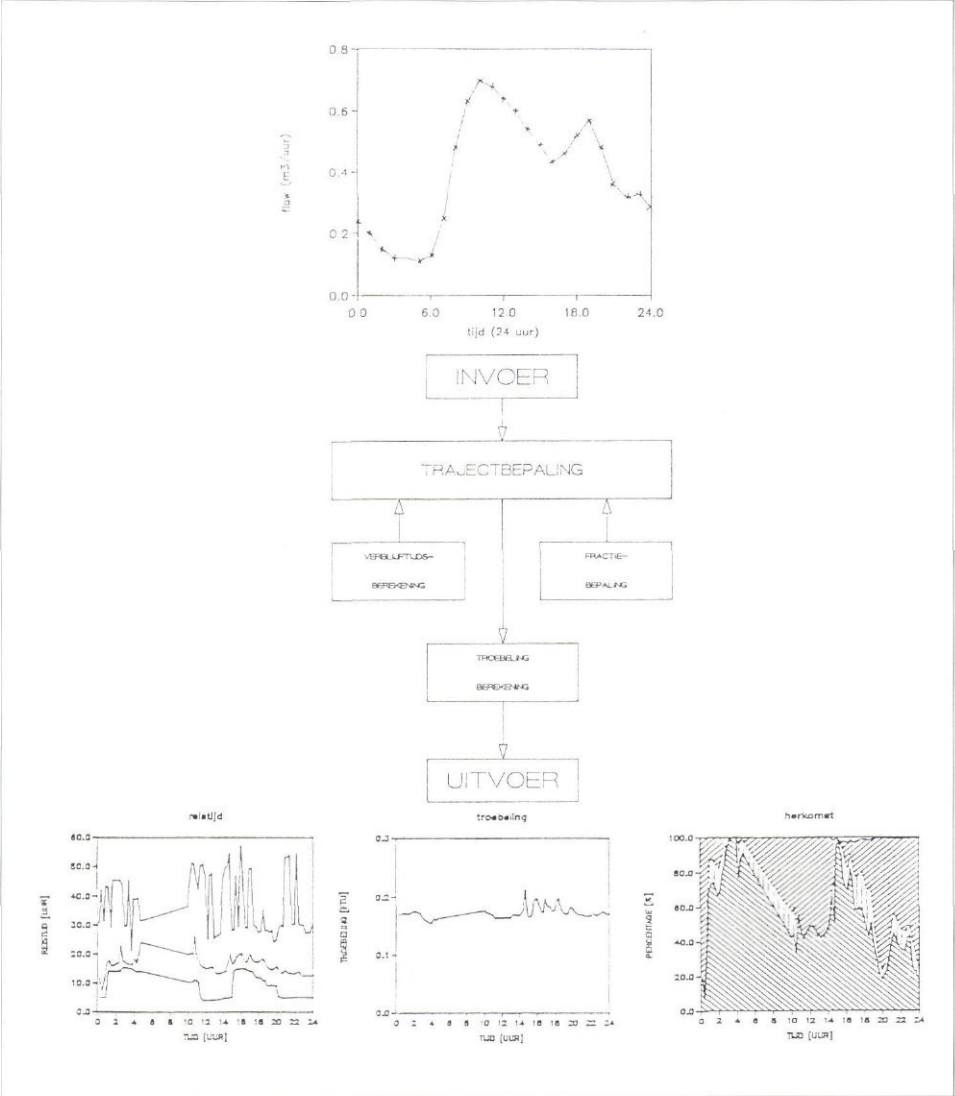
Ter beperking van de rekestijd is een afbreekcriterium in de beide subprogramma's opgenomen. Dit houdt in dat het proces van trajectbepaling stopt indien de fractie in de afstromende leiding (REISMEE) of toestromende leiding (REISTEGEN) kleiner is dan dit gestelde criterium.

Afb. 9 en 10 geven respectievelijk aan hoe de verschillende theorieën voor REISMEE en REISTEGEN in elkaar passen. De uitvoer levert cumulatieve frequentieverdelingen voor de uitstroom over het gehele net. Hieraan kunnen verschillende beoordelingscriteria gekoppeld worden, zoals de 50% waarde, de 95% waarde, de mate van steilheid van de kromme en dergelijke. Voor REISTEGEN is er een extra module namelijk de parameterberekening voor bijvoorbeeld de berekening van de troebelings op een knoop.

Het programma QUALI

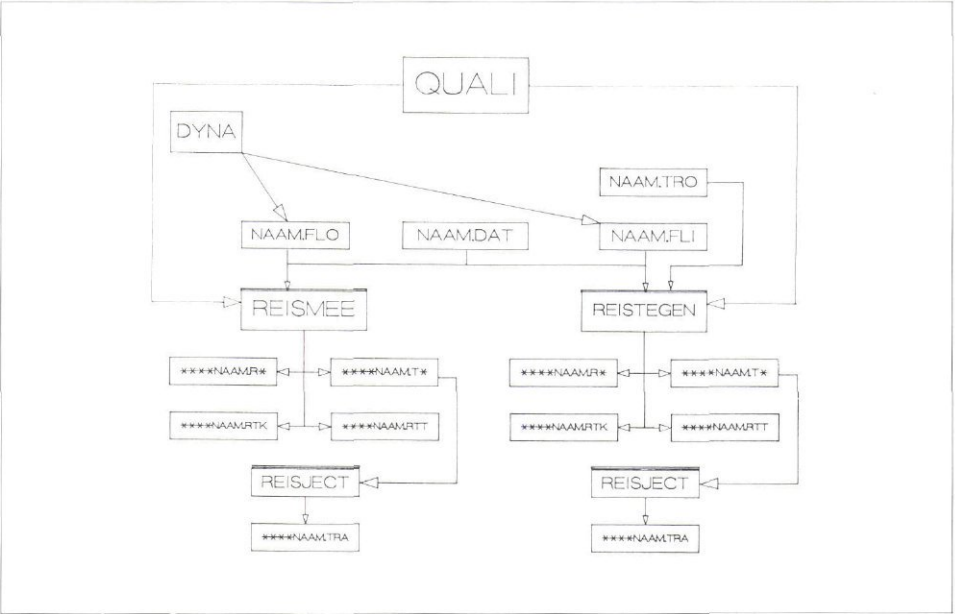
Afb. 11 geeft de in- en uitvoerstructuur van QUALI. Dit programma is opgedeeld in twee subprogramma's genaamd:

- a. REISMEE. Vanuit een instroompunt wordt met de stroomrichting mee naar de afnamepunten gerekend. Onderdeel is het



Afb. 10 - De opbouw, in- en uitvoer van het subprogramma REISTEGEN.

Afb. 11 - De in- en uitvoerstructuur van QUALI.



hulpprogramma RTRAJECT waarmee alle mogelijke trajecten van instroompunt naar het afnamepunt worden geselecteerd. b. REISTEGEN. Vanuit een willekeurig gekozen afnamepunt in het leidingnet wordt tegen de stroomrichting in naar de instroompunten gerekend. Onderdeel is het hulpprogramma TTRAJECT waarmee alle mogelijke trajecten van instroompunt naar het afnamepunt worden geselecteerd.

De uitvoerfiles van DYNA moeten omgezet worden naar een geschikte vorm voor QUALI. Dit gebeurt in de files "NAAM.FLT" en "NAAM.FLO". Bovendien is ook hier file "NAAM.DAT" nodig voor de geometriek van het leidingnet. Voor het bepalen van de kwaliteitsveranderingen tijdens het verblijf in het leidingnet moet bovendien "NAAM.TRO" worden ingevoerd. Hierin zijn gegevens opgenomen zoals de basistroebelings van een instroompunt, de afgiftecoëfficiënten van leidingmaterialen welke afhankelijk zijn van de dimensies van de leidingen de watersoort en per leiding het leidingmateriaal. De uitvoer van REISMEE bestaat uit een viertal files. De naamgeving is in die zin afwijkend dat hier een toevoeging met **** staat. Hiermee wordt aangegeven op welk instroomtijdstip de files zijn gebaseerd. Deze extensie wordt verder verklaard bij de uitleg van de file. Achtereenvolgens volgt nu een korte bespreking van de diverse files.

- "****NAAM.R*"; voor elke instroomknoop wordt deze file aangemaakt (het nummer van de knoop wordt door het sterretje in de extensie weergegeven, de R staat voor reistijden). Dit is de hoofduitvoer en bevat in tabelvorm de resultaten van REISMEE.

De tabel is als volgt opgebouwd (tabel I): kolom A geeft de afnameknoop waar het water vanuit de instroomknoop aankomen is; kolom B geeft de fictieve reistijd van de totale hoeveelheid water die in deze knoop aangekomen is; deze reistijd wordt bepaald door:

$$\text{gem. reistijd} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{fractie (i)} \cdot \text{reistijd(i)}}{\sum_{i=1}^n \text{fractie (i)}}$$

in deze formule staat n voor het aantal trajecten naar deze knoop; de gemiddelde reistijd geeft een beeld van de reistijden naar deze knoop; dit is vooral belangrijk indien er veel trajecten naar een knoop lopen; kolom C geeft de totale hoeveelheid water die in deze knoop aangekomen is. Deze hoeveelheid wordt uitgedrukt in

TABEL I – De opbouw van de tabel zoals deze in "****NAAM.R*" staat.

Naam van het netwerk:					
De reistijden van het water uit instroomknoop . met instroomtijdstip . . . uur (afbreekcriterium: . . . %)					
Knoop	Gemiddelde reistijd [uur]	Totale fractie [%]	Aantal trajecten	Reistijd [uur] (trajectnr.)	
				Kortste	Langste
A	B	C	D	E	F

TABEL II – De opbouw van de tabel zoals deze in "****NAAM.TRA*" staat.

Trajecten van netwerk					
Instroomknoop	Aankomstknoop	Trajectnummer	Reistijd [s]	Fractie [%]	Buizen in het traject
A	B	C	D	E	F

fractie van de beschouwde instroom; kolom D geeft het aantal trajecten welke geselecteerd zijn van de instroomknoop naar deze afnameknoop; kolom E geeft de kortste en de langste reistijd van al deze trajecten naar deze knoop. Het trajectnummer geeft aan welk traject dit is; kolom F geeft de kleinste en de grootste fractie van al deze trajecten naar deze knoop. Het trajectnummer geeft aan welk traject dit is.

- "****NAAM.T*"; voor elke instroomknoop wordt deze file aangemaakt (het nummer van de knoop wordt door het sterretje in de extensie weergegeven, de T staat voor trajecten), Hierin staan alle trajecten geregistreerd. Met behulp van het hulpprogramma RTRAJECT kunnen de trajecten opgezocht en weggeschreven worden naar file. Dit programma werkt interactief, zodat alleen de trajecten die de gebruiker wilt zien worden weggeschreven naar de file.
- "****NAAM.RIT" en "****NAAM.RTK" bevatten gegevens voor het maken van een cumulatieve frequentieverdeling.

In het deelprogramma RTRAJECT worden alle mogelijke trajecten bepaald. Dit gebeurt aan de hand van de file "****NAAM.T*". Het programma werkt interactief zodat de gebruiker (aan de hand van de file "****NAAM.R*") zelf de trajecten kan selecteren. Tabel II geeft aan hoe de gekozen trajecten weggeschreven worden naar file "NAAM.TRA".

De kolommen hebben de volgende betekenis (tabel II):

- kolom A geeft de instroomknoop waar het water vandaan komt;
- kolom B geeft de afnameknoop waar het water aankomt;
- kolom C geeft het trajectnummer. Omdat er meerdere trajecten kunnen zijn tussen de twee bovengenoemde knopen, hebben de trajecten een nummer;
- kolom D geeft de reistijd van het water in dit traject;
- kolom E geeft de waterfractie in dit traject;
- kolom F geeft de leidingen in het traject. Hierin staan de afzonderlijke leidingen zoals die in dit traject voorkomen. De leidingen staan met de stroomrichting mee aangegeven.

De uitvoer voor REISTEGEN is analoog aan de uitvoer van REISMEE. Indien er in REISTEGEN gekozen wordt voor een troebelingsberekening op het afnamepunt dan is de uitvoer (een extra tabel in "****NAAM.R*") volgens tabel III.

Deze uitvoer is als volgt opgebouwd (tabel III):

- kolom A geeft de instroomknoop waar het water vandaan komt;
- kolom B geeft het aandeel van totale troebeling; dit getal geeft aan welk aandeel deze knoop heeft op de totale troebeling in de aankomstknoop; dit is een relatief getal;
- kolom C geeft de minimale troebeling

TABEL III – De opbouw van de tabel zoals deze in "****NAAM.R*" staat indien met REISTEGEN de kwaliteitsparameter troebeling ter plaatse van een knoop wordt uitgerekend.

Naam van het netwerk:			
De troebeling van het water in knoop . met aankomsttijdstip . . . uur			
Instroomknoop	Totale vertroebeling	Minimale troebeling (trajectnummer)	Maximale troebeling (trajectnummer)
A	B	C	D
aankomstknoop : . . .			
troebeling : . . . FTU			
aankomend water : . . . %			
minimale troebeling : . . . FTU	(instroomknoop: . . . trajectnr.: . . .)		
maximale troebeling : . . . FTU	(instroomknoop: . . . trajectnr.: . . .)		

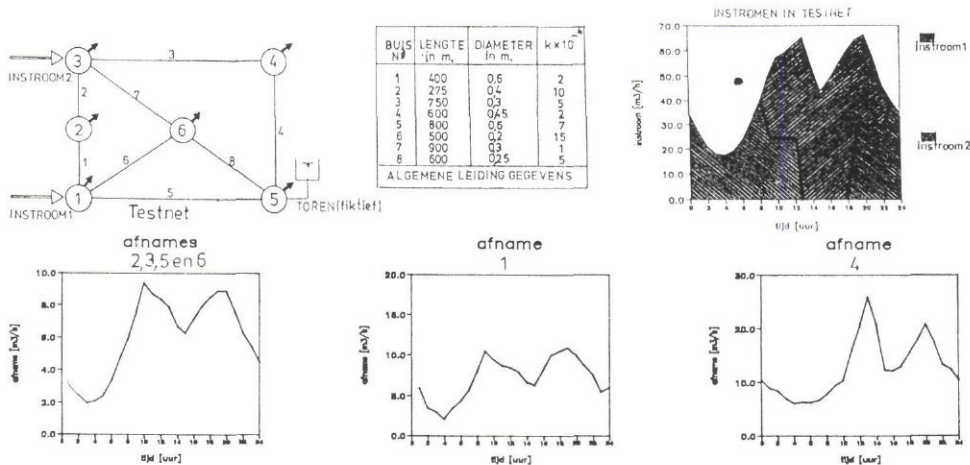


fig.12A AFNAMES IN KNOOPPUNTEN TESTNET

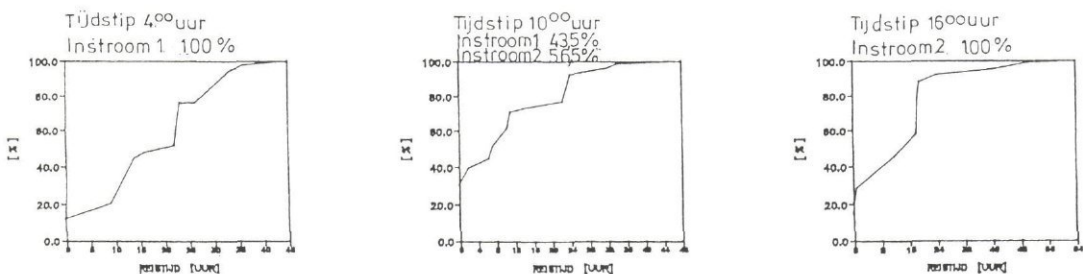


fig.12B Waterverdeling(cumulatieve frequentie) over het testnet vanuit de instroom 1 en 2

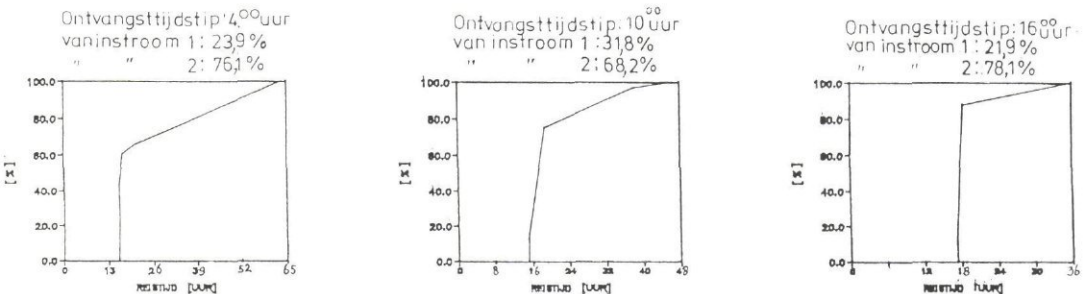


fig.12C WATERONTVANGST IN KNOOP 6 (cumulatieve frequentie) „TEGEN DE STROMING IN”

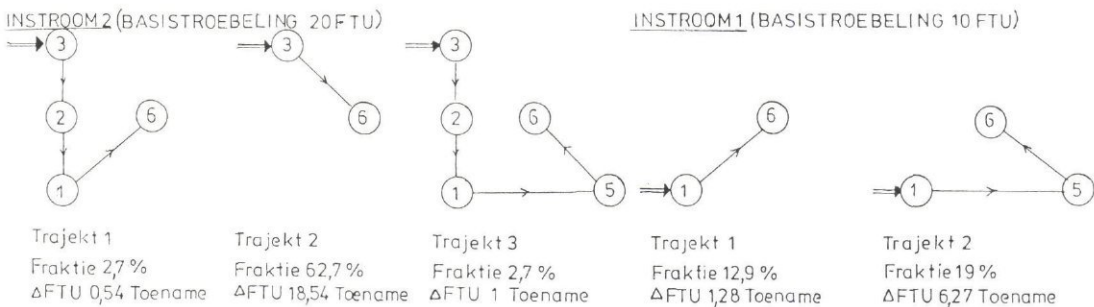


fig.12D AANTAL TRAJEKTEN, FRAKTIE EN TOENAME TROEBELING

Afb. 12 - Het testnet met de resultaten die voortkomen uit REISMEE en REISTERUG.

via een traject naar dit instroompunt. Het traject wordt aangegeven met het trajectnummer; kolom D geeft de maximale troebeling via een traject naar dit instroompunt; het traject wordt aangegeven met het trajectnummer. Daarbij vindt er een opsomming plaats van een aantal berekende gegevens. Dit zijn:

- aankomstknoop;
- troebeling; dit is de troebeling op de aankomstknoop zoals die berekend is in het model REISTEGEN. Dit gebeurt door middel van het gewogen gemiddelde;
- aankomend water; hier wordt het percentage water gegeven dat getraceerd is. Dit percentage is afhankelijk van de grootte van het leidingnet en het afbreekcriterium;
- minimale troebeling; hier wordt dat traject gegeven die het kleinste aandeel heeft op de totale troebeling in de aankomstknoop;
- maximale troebeling; hier wordt dat traject gegeven die het grootste aandeel heeft op de totale troebeling in de aankomstknoop;

Illustratie op testnet

De gebruiksmogelijkheden van het behandelde programma QUALI worden nu geïllustreerd aan de hand van het testnet in afb. 12-A. Dit testnet bevat een zestal afnamepunten waarvan er twee op de instroompunten zijn gesitueerd. De instroom- en afnamepatronen voor de verschillende knopen zijn gegeven. Ten behoeve van de eenvoud en de overzichtelijkheid is gezorgd voor een gelijkheid van de totale instroom en de totale afname, zodat geen berging behoeft te worden opgenomen. Het programma heeft wel de optie om een watertoren/ reservoir mee te nemen in de berekening. In knoop 5 is het fictieve drukverloop meegegeven. Voor de geometrie, leidinggegevens, instromen en afnames geldt dat

TABEL IV – De uitvoer van REISMEE op het instroomtijdstip 16.00 uur vanuit knoop 3.

Naam van het netwerk: testnet							
De reistijden van het water uit instroomknoop 3 met instroomtijdstip 16.00 uur (afbreekcriterium: 0.01000000%)							
Knoop	Gemiddelde reistijd [uur]	Totale fractie [%]	Aantal trajecten (met wato)	Reistijd [uur] (trajectnr.)		Fractie [%] (trajectnr.)	
				Kortste	Langste	Kleinste	Grootste
1	24,25	4.44033	1 (0)	24,25 (1)	24,25 (1)	4.44033 (1)	4.44033 (1)
2	11,20	49.396637	3 (0)	1,05 (1)	18,49 (3)	14.39752 (1)	18.29161 (3)
3	0,00	14.60748	1 (0)	0,00 (1)	0,00 (1)	14.60748 (1)	14.60748 (1)
4	25,14	16.09577	2 (0)	18,21 (2)	50,05 (1)	3.49455 (1)	12.60122 (2)
5	39,24	2.75228	1 (0)	39,24 (1)	39,24 (1)	2.75228 (1)	2.75228 (1)
6	23,03	12.70776	3 (0)	19,06 (3)	62,24 (1)	0.36829 (2)	11.36332 (3)

Percentage instroming van totale instroming : 100,00%
Percentage van instroming dat afgenomen wordt : 100,00%
Gemiddelde reistijd water uit instroomknoop : 14,45 uur

TABEL VI – De uitvoer van REISTEGEN op het aankomsttijdstip 11.00 uur naar knoop 6.

Naam van het netwerk: testnet							
De reistijden van het water naar knoop 6 met aankomsttijdstip 11.00 uur (afbreekcriterium: 0.01000000%)							
Knoop	Gemiddelde reistijd [uur]	Totale fractie [%]	Aantal trajecten (met wato)	Reistijd [uur] (trajectnr.)		Fractie [%] (trajectnr.)	
				Kortste	Langste	Kleinste	Grootste
1	29,11	31.83606	2 (0)	15,29 (1)	38,30 (2)	12.88000 (1)	18.95606 (2)
3	20,17	68.370801	3 (0)	19,07 (2)	45,41 (3)	2.69982 (1)	62.73053 (2)

deze willekeurig gekozen zijn en er geen directe praktische betekenis aan gegeven kan worden. Het gaat er hier slechts om dat de mogelijkheden aangegeven worden. De afnamepatronen voor de knopen 1 en 4 zijn anders gekozen dan de overige knopen, dit vanwege de te verwachte spreiding in reistijden.

Met REISMEE is voor verschillende instroomtijdstippen de netdoorstroming bepaald (zie hiervoor de cumulatieve frequentieverdelingen in afb. 12-B).

Tabel IV geeft de uitvoer van REISMEE voor instroomtijd 16.00 uur van instroom II op knoop 3. Hieruit blijkt dat de gemiddelde reistijd van al het water in het leidingnet gelijk is aan 14.45 uur. Deze gemiddelde reistijd wordt bepaald door 11 trajecten die naar alle zes de afnamepunten lopen.

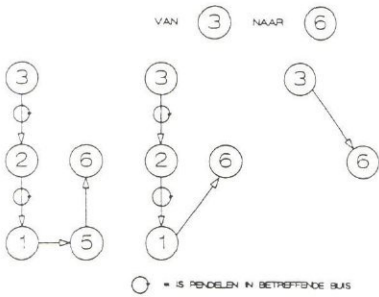
Voor de beoordeling van de doorstroming zouden verschillende criteria kunnen gelden:

- de gemiddelde theoretische reistijd volgens een tweetal berekeningen namelijk het volume van het leidingnet gedeeld door de constant veronderstelde instroomhoeveelheid op het instroomtijdstip of het volume gedeelte door de tijdsafhankelijke instroom;
- de steilheid van de c.f.v., de 50% en 95% waarde;
- de berekende gemiddelde reistijd in het hele leidingnet zoals de uitvoer die geeft;
- de mate van spreiding van reistijden en de fracties over de trajecten.

De uitvoer van de afzonderlijke trajecten, reistijden en fracties staan in tabel V. De drie trajecten van knoop 3 naar knoop 6 zijn hierbij in de tabel aangegeven.

TABEL V – De uitvoer van de trajecten, van knoop 3 naar knoop 6 op het instroomtijdstip 16.00 uur zie bijbehorende tekening.

Trajecten van metwerk testnet met instroomtijd 16.00 uur									
In. knoop	Aan. knoop	Tra. nummer	Reistijd [s]	Fractie [%]	Buizen in het traject				
3	1	1	3918,3	14.3974905	2	1	2	1	
3	2	1	3918,3	14.3974905	2				
3	2	2	44021,9	16.8031425	2	1			
3	2	3	67692,4	18.4651051	2	1	2		
3	3	1	0,0	14.6053333					
3	4	1	180412,0	3.4147811	2	1	2	1	5
3	4	2	65960,1	12.6020384	3				
3	5	1	141923,4	2.6930509	2	1	2	1	5
3	6	1	224676,0	0.9552270	2	1	2	1	5
3	6	2	14007,6	0.3601200	2	1	2	1	6
3	6	3	69005,3	11.3635311	7				



De uitvoer van REISTEGEN voor de reistijden van het water op knoop 6 op aankomsttijdstip 11.00 uur staan in tabel VI. Deze uitvoer is analoog aan de eerder besproken uitvoer van REISMEE. In afb. 12-C zijn de cumulatieve frequentieverdelingen gegeven voor de ontvangst van het water op knoop 6 voor verschillende aankomsttijdstippen. Hierin staat ook aangegeven wat de herkomst van het water is op het desbetreffende aankomsttijdstip. Voor berekening van de troebelings ter plaatse van een knoop dienen de gegevens zoals deze in tabel VII vermeld staan ingevoerd te worden.

De uitvoer van de troebelingsberekening op knoop 6 op tijdstip 11.00 uur staat in tabel VIII.

De vijf trajecten van de instroompunten naar afnamepunt 6 op tijdstip 11.00 uur

TABEL VIII – De uitvoer van de troebelingsberekening op knoop 6 op aankomsttijdstip 11.00 uur.

Naam van het netwerk: testnet			
De troebelings van het water in knoop 6 met aankomsttijdstip 11.00 uur			
Instroomknoop	Totale troebelings	Minimale troebelings (trajectnummer)	Maximale troebelings (trajectnummer)
1	7.560	1.2879996 (1)	6.2719169 (2)
3	20.330	0.5439845 (1)	18.5404949 (2)
aankomstknoop :	6		
troebelings :	27.88969231 FTU		
aankomend water :	100.0000 %		
minimale troebelings :	0.54398447 FTU	(instroomknoop: 3 trajectnr.: 1)	
maximale troebelings :	18.54049492 FTU	(instroomknoop: 3 trajectnr.: 2)	

staan in afb. 12-D. In deze afb. is de toename van de troebelings voor de afzonderlijke trajecten gegeven.

Slotbeschouwing

Nadat diverse testberekeningen op testnetten en een aantal ijkingen zijn uitgevoerd op het distributienet van Gemeentewaterleidingen Amsterdam, kan meer gesteld worden dat het ontwikkelde programma een bijdrage levert bij het beheer van de distributie. In de nabije toekomst zal het programma niet alleen bij de voorbereiding van leidingnetwerken ten behoeve van nieuwe uitbreidingsplannen worden ingezet, maar vooral ook bij bestaande kwaliteitsproblemen, zoals het opsporen van stagnatiezones en het localiseren van menggebieden op leveringsniveau. Hierbij zullen voorstellen ter eliminatie van de problemen op hun waarde geschat kunnen worden. Het accent zal hierbij niet alleen liggen op de bepaling van reistijden van stromingen in een distributienet maar vooral op de beheersing van de stroming met de benodigde technische middelen.

TABEL VII – Benodigde gegevens voor berekening van de troebelings op een knoop.

Aantal soorten buismateriaal: 8		
Buis materiaal afgiftcoëfficiënt [FTU/h] per watersoort (instroompunt)		
	1	2
materiaal 1:	.03	.02
materiaal 2:	.04	.04
materiaal 3:	.06	.003
materiaal 4:	.07	.1
materiaal 4:	.001	.3
materiaal 6:	.0	.0001
materiaal 7:	.0001	.5
materiaal 8:	1.	.9

begin troebelings bij instroompunt(en) [ETU]

- 1 20
- 2 20

buis	materiaalnummer
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8

Literatuur

1. Cohen, J. (1989). *Ontwikkeling van een dynamisch rekenmodel voor de distributie van drinkwater*. H₂O (22) 1989 nr. 12.

2. Drift, C. G. van der (1989). *Kwaliteitsvoorspelling van drinkwater in een leidingnet met behulp van een dynamisch reistijdenmodel*. Afstudeerverslag TU-Delft, Civiele Techniek; september 1989.



IAWPRC-IWSA
Joint Specialist Conference

Gelet op enkele fundamentele overeenkomsten tussen afvalwaterzuivering enerzijds en drinkwaterbereiding uit oppervlaktewater anderzijds, organiseren IAWPRC en IWSA een Joint Specialist Conference onder de titel 'Coagulation, Flocculation, Filtration, Sedimentation, Floation in Water and Waste Water Treatment'. De conferentie wordt gehouden van 23 tot en met 26 april 1990 in Jönköping, Zweden, gelijktijdig met de internationale vakbeurs Elmia Energy & Environment 90. Contactadres: Secretariat - IAWPRC 1 Queen Anne's Gate, London SW1H 9BT, UK. Tel. 44 1 222 3848.



Commissie voor
Hydrologisch Onderzoek TNO
(CHO-TNO)

Contactgroep Stedelijke
Hydrologie (CSH)

Op 15 november 1989 werd de tiende bijeenkomst van de CSH gehouden bij het KNMI, De Bilt. Hieronder volgt het verslag van deze goed bezochte en levendige bijeenkomst.

Mededelingen

Congressen/Symposia:
Op 22 november 1989 zal het eindrapport van de NWRW aan de minister worden aangeboden.
Op 21 december 1989 zal in de Jaarbeurs te Utrecht het Symposium 'Grondwater Troef' worden gehouden. Inlichtingen: dr. ir. F. H. M. van de Ven, tel.: 03200-70781.
Op 25 januari 1990 zal de derde RIONED-dag worden gehouden in Musis Sacrum te Arnhem. Inlichtingen: Stichting RIONED, tel. 08380-31111.
Van 23 tot en met 25 april 1990 zal in De Doelen te Rotterdam de fifth International Conference and Exhibition No-Dig 90 worden gehouden. Thema: Trenchless Cities?, No-Dig: Its benefits in urban areas. Inlichtingen: Congresbureau VVV Rotterdam, tel.: 010-4141400.
Op 26 en 27 april 1990 is er een bijeenkomst van 'Storm water en water quality model users group' in Eatontown, New Jersey, USA. Inlichtingen: Vajira Gunawardana, P.E., Najarian & Associates, Inc., One Industrial Way West, Eatontown, New Jersey 07724, USA; tel. 201-389-0220.
Van 11 tot en met 13 september 1990 zal het tweede Nationale Rioleringscongres Riolerings en Waterkwaliteit worden gehouden met als thema 'Zorgen voor nu en later'. Het zal plaatsvinden in de RAI te Amsterdam tegelijkertijd met Aquatech. Inlichtingen: ir. A. W. van de Vlies, tel.: 078-141288.

CHO-TNO

Verschenen is het verslag van de lezingendag op 7 april 1989 in Bussum met als thema 'Integraal waterbeheer in het Goois/Utrechts stuwwallen- en plassen gebied' als Rapporten en Nota's no. 22. Deze ongeveer 300 pagina's tellende publikatie is te bestellen à f 15,- (incl. verzendkosten) bij de CHO-TNO, tel. 070-3496515.