

Modelontwikkeling en gebruik bij de Drinkwaterleiding Rotterdam

Voordracht uit de 37e vakantiecursus in drinkwatervoorziening 'Bedrijfsmatige aspecten van winning en zuivering', gehouden op 10 en 11 januari 1985 aan de TH Delft.

Inleiding

De modelontwikkeling staat bij de waterleidingbedrijven als bedrijfstak nog in de kinderschoenen.

Voor ieder drinkwaterbedrijf geldt immers als hoogste prioriteit: drinkwaterlevering uit volksgezondheidsoverwegingen. Pas veel later komen zaken als kosten-optimalisatie aan de orde.

Onder de weinige drinkwaterbedrijven die wat aan modelbouw hebben gedaan neemt de DWL Rotterdam een vooraanstaande plaats in. Van dit werk zal een overzicht in de breedte worden gegeven.



J. J. DE JONG
DWL Rotterdam

Achtereenvolgens zullen worden behandeld:

- toepassing van modelbouw bij de lange-termijnplanning op bedrijfsniveau;
 - een eenvoudig lineair programmeringsmodel voor kwalitatieve beoordeling van de leveringszekerheid op regionaal niveau;
 - een aanzet van een verblijftijdenmodel van drinkwater in een vermaasd leidingnet.
- Hierbij zal ook worden ingegaan op de kosten en baten van modellen. De rode draad door de behandeling van deze onderwerpen is de concrete invloed op de kwaliteit van de besluitvorming. Een en ander leidt tot de volgende belangrijke conclusies:

Toepassing van modelbouw en modelgebruik kan bij een drinkwaterbedrijf tot een betere besluitvorming en tot kostenverlaging leiden. Het gaat hierbij vaak niet om de ontwikkeling van grote kostbare modellen doch om toepassing van reeds lang elders toegepaste modellen van relatief kleine omvang.

Modelbouw bij de lange-termijnplanning

Bij de DWL Rotterdam is in de periode 1978 tot 1981 een lange-termijnplanningssysteem ontwikkeld dat raamplan is genoemd. Dit plan beoogt uit de samenhang tussen bestaande en toekomstige knelpunten te komen tot optimale keuze en fasering van de grotere werken, die nodig zijn om binnen de planperiode de drinkwatervoorziening veilig te stellen.

Bij de opstelling van dit plan is bij de DWL Rotterdam voor de eerste maal op grote schaal gebruikgemaakt van besliskundige analysemethoden. De planperiode bedraagt 30 jaar.

Basis voor het raamplan zijn afzetprognoses. Hiervoor zijn diverse modellen ontwikkeld, vooral de bestudering van de economische groei op het drinkwaterverbruik.

Afb. 1 geeft het eindresultaat van de studie. In een driedimensionale afb. is het verband tussen jaarafzet en de groei van het Bruto Nationaal Produkt (BNP) in de tijd uitgezet. Het betreft hier gemiddelden, waaromheen nog een grote restspreiding optreedt. Tegenwoordig is iedereen (terecht) voorzichtig met het uitspreken van lange-termijn groeiverwachtingen voor de economie. In feite moet daaruit op basis van deze afb. de conclusie worden getrokken dat ook drinkwaterprognoses niet te maken zijn met een redelijke mate van betrouwbaarheid. In het raamplan is het werken met grote onzekerheden tot een essentieel onderdeel gemaakt.

Om de modelbouw te kunnen plaatsen in de lange-termijnplanning zal eerst even worden stilgestaan bij een besluitvorming zonder en met modelbouw en -toepassing. Allereerst de methode zonder modelbouw. In afb. 2 is aangegeven hoe beslissingen vaak tot stand komen bij de 'recht-door-zee methode'.

Hierbij zijn dan de volgende stappen te onderscheiden:

- lokalisatie van het probleem
- uitwerking van alternatieven
- keuze
- actie
- consequenties

Bij toepassing van modellen (zie afb. 3) wordt de rechtstreekse verbinding tussen de uitwerking van alternatieven en keuze, verbroken en wordt een nuttige omweg behandeld.

Door middel van modelbouw en statistische analyse wordt nagegaan wat de consequenties zijn van de diverse mogelijke acties en de uitkomsten daarvan.

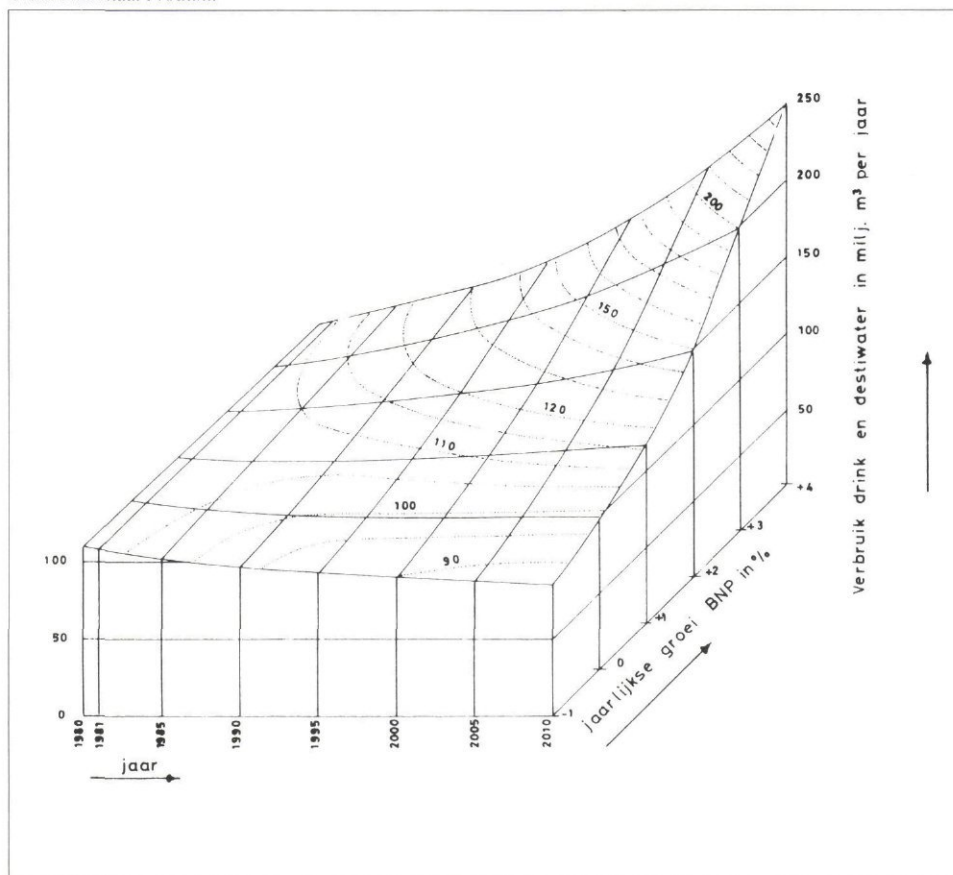
We noemen dit voorwaardelijke voorspellingen. Deze worden teruggekoppeld naar de keuze. Pas dan volgt de definitieve keuze gevolgd door een werkelijke actie met bepaalde consequenties.

De noodzakelijke vereenvoudiging van de werkelijkheid in het model heeft tot gevolg dat de voorspellingen niet helemaal waar zijn. Vandaar dat de berekende consequenties ten opzichte van de werkelijke consequenties, verschoven zijn getekend. De grootte van deze verschuiving, dus de grootte van de fout bij het maken van de voorspelling, bepaalt of de besluitvorming goed of slecht geschiedt. Met behulp van gevoeligheidsanalyses is het meestal mogelijk enig inzicht te krijgen in de grootte van de mogelijke fouten van de beslissing.

Afb. 4 geeft in grote stappen de totstandkoming van het raamplan aan. De aanpak is verdeeld in een drietal fases.

Op fase 1, de voorbereiding, zal hier verder niet meer op worden ingegaan, qua tijdsbeslag

Afb. 1 - Prognoses van de drinkwaterafzet in het voorzieningsgebied van de DWL Rotterdam als functie van de groei van het Bruto Nationaal Produkt.



is deze fase zeer belangrijk in het geheel, doch hij valt grotendeels buiten het hoofdonderwerp.

Fase II, Modelbouw en toepassing, is hier het belangrijkste.

Er zijn een groot aantal modellen ontwikkeld, of er zijn pogingen daartoe ondernomen. Stapsgewijs zal de aanpak van één zo'n model in algemene termen worden beschreven.

1. Samen met de bij het onderwerp meest betrokkenen wordt de problematiek besproken en wordt bepaald welke aspecten en invloeden bij de te nemen beslissing in overweging moeten worden genomen.

2. Er wordt een model opgesteld. Hierin wordt aangegeven, wat het verband is tussen de diverse aspecten en invloeden. Tevens wordt aangegeven welke aspecten het management kunnen beïnvloeden. Vaak zal er sprake zijn van een computermodel.

3. Er moeten betrouwbare gegevens beschikbaar komen.

4. De beschikbare informatie wordt ingevoerd in het model. De consequenties van realiseerbare alternatieven worden berekend of geschat.

5. Het model wordt getest en eventueel aangepast. Tevens wordt in voorkomende gevallen gevoeligheidsanalyse op aannames gemaakt.

6. Met behulp van het model wordt het advies opgesteld.

7. Er wordt een besluit genomen en uitgevoerd. Na verloop van tijd zullen werkelijke en berekende consequenties vergeleken kunnen worden.

In het kader van het raamplan zijn de volgende modellen ontwikkeld:

- Een simulatiemodel voor capaciteitsberekening van de zuiveringsbedrijven.
- Simulatiemodellen voor bepaling van de leveringszekerheid van onderdelen van het voorzieningssysteem.
- Een simulatiemodel voor knooppuntsbelastingen in het leidingnet.
- Een wiskundig model voor dynamische drukregeling van de hogedrukpompen.
- Een investeringsmodel.

Toepassing van deze modellen, maar vooral van gezond verstand, leidt uiteindelijk tot een voorstel voor een raamplan.

Een eenmaal door de directie vastgesteld raamplan is het toetsingskader voor latere investeringsmodellen vanuit het bedrijf.

Het wordt momenteel ook daadwerkelijk in de besluitvorming gebruikt.

Toetsing van investeringen aan het raamplan vindt op een aantal aspecten plaats.

De belangrijkste zijn:

- capaciteit.

Indien een investering nodig is omdat de capaciteit van een deel van het systeem

onvoldoende dreigt te worden, is het in Nederland gelukkig gebruikelijk aanvullende investeringen te doen om aan de vraag naar water te kunnen blijven voldoen.

- Leveringszekerheid.

Dit aspect is minder hard.

Op een hiervoor ontwikkeld model wordt nog teruggekomen.

- Waterkwaliteit.

Het afwegen van investeringen uit kwaliteitsoverwegingen is nog altijd een gevoelige zaak. Dat is te vergelijken met de gezondheidszorg die ook lange tijd de 'kwaliteit tot iedere prijs' filosofie heeft kunnen hanteren. In het raamplan van de DWL Rotterdam is nog geen model ontwikkeld voor waterkwaliteit.

- Technische veroudering/bedrijfsvoering.

Soms is de keuze tot wel of niet vervangen mogelijk.

- Investeringsniveau.

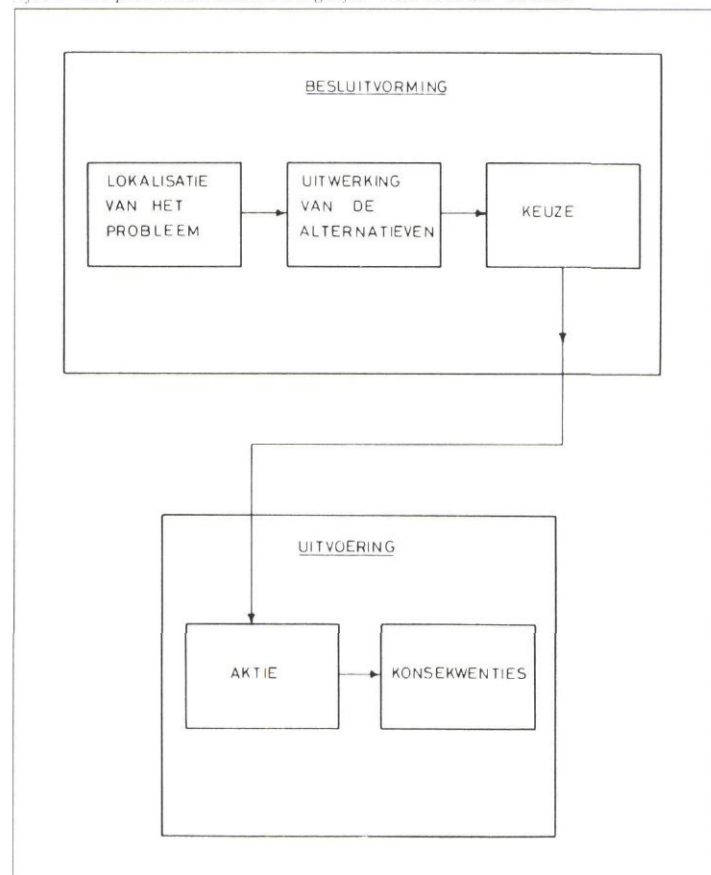
Indien schuiven met investeringstijdstippen mogelijk is, kan het nuttig zijn om uit het oogpunt van financiering en tarievenbeleid een min of meer constant investeringsniveau na te streven.

- Exploitatiekosten.

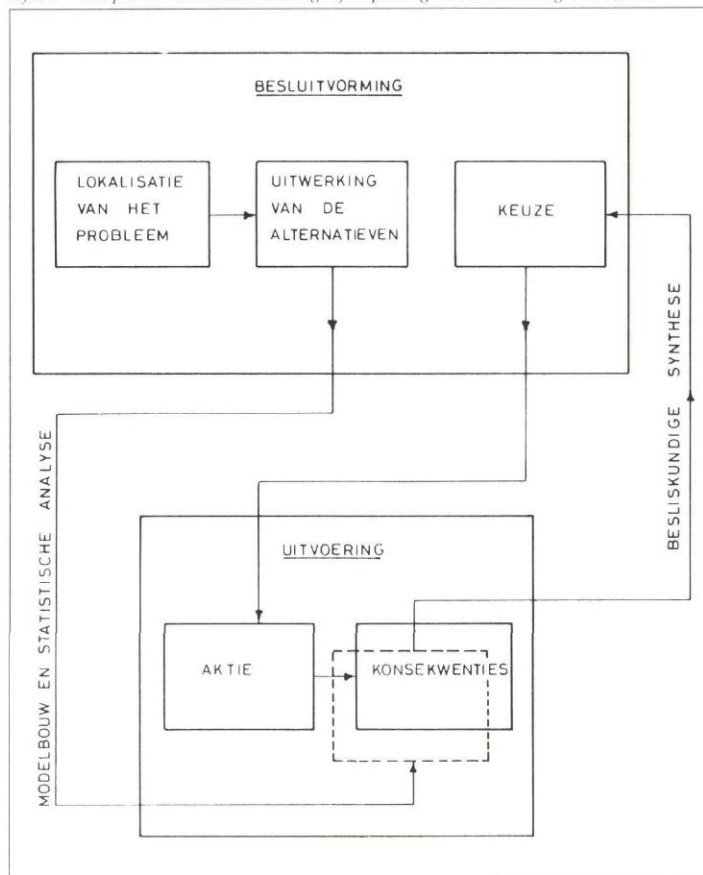
Uit de vele ontwikkelde modellen wordt nu nog het model, dat betrekking heeft op leveringszekerheid, wat nader uitgewerkt.

Dit zal slechts globaal gebeuren omdat hierover recent meer uitgebreid is gepubliceerd [1].

Afb. 2 - Het proces van besluitvorming bij de 'recht-door-zee' methode.



Afb. 3 - Het proces van besluitvorming bij toepassing van beslistkundig onderzoek.



Volstaan zal worden met een overzicht van:

- hoe de DWL Rotterdam tot deze studies is gekomen;
- hoe de methode ongeveer werkt;
- wat er zoal mee gedaan kan worden.

Het overall-doel was om in het kader van de lange-termijnplanning een 'management tool' te ontwikkelen voor het vergelijken van investeringen op leveringszekerheidsaspecten. Zonder kwantitatieve maatstaven voor de leveringszekerheid blijft deze afweging altijd subjectief.

De belangrijkste aspecten bij een kwantitatieve benadering van de leveringszekerheid zijn:

- De meeteenheid voor leveringszekerheid.
- De gemiddelde leveringszekerheid van het gehele systeem.

- De leveringszekerheid van componenten.
- Zwakke punten in het gehele systeem.

Het drinkwatersysteem is daarbij bekeken vanuit het oogpunt van de klant; er is verondersteld dat het de klant niet interesseert *waarom* hij geen water krijgt maar *dat* hij geen water krijgt en *hoelang* dat duurt.

De gekozen modelbenadering was voor de diverse onderdelen van het bedrijf sterk verschillend, doch had een gezamenlijke hoofdlijn:

- Maak een modelbeschrijving van delen van het systeem.
- Verzamel gegevens over faalkansen en faalduur.
- Simuleer het systeem gebaseerd op de verzamelde gegevens.
- Bereken de effecten van falen in m³ niet bevredigde vraag.
- Bereken risico's en leveringszekerheid.

De in detail gekozen methode was sterk verschillend per bedrijfsonderdeel doch berustte in alle gevallen op simulatie. Mathematische benaderingen zijn wel geprobeerd doch bij de DWL Rotterdam in alle gevallen stukgelopen, wellicht door gebrek aan gegevens en de grove benaderingen.

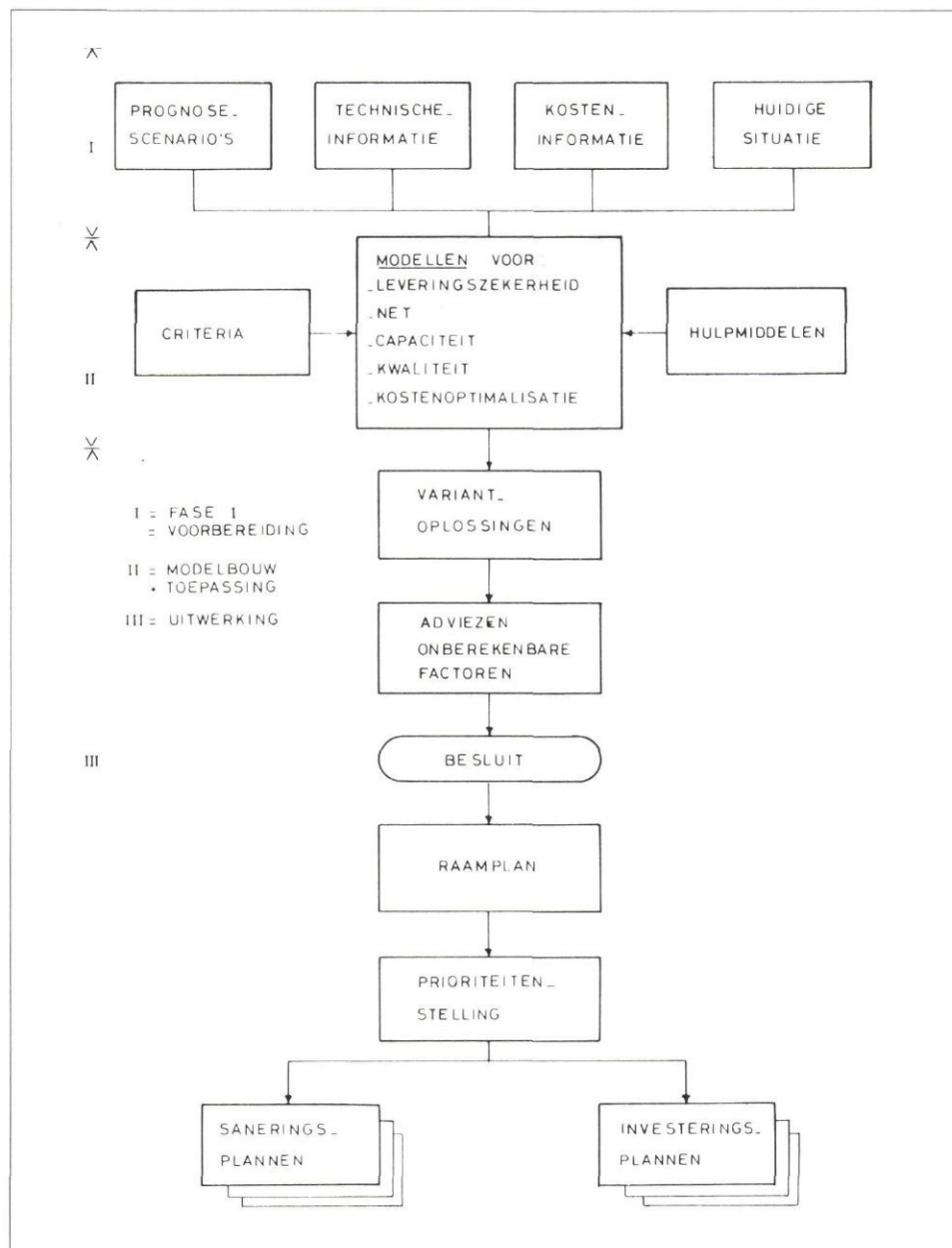
Het is overigens wel vaker gebleken dat het bouwen van een relatief eenvoudig

TABEL I – Enkele resultaten van de leveringszekerheidsstudie van de DWL Rotterdam.

Gemiddelde leveringszekerheid	99,941%
Relatief risico	0,059%
Aandeel per bedrijfsonderdeel in het totale relatieve risico:	
1. ruwwateraanvoer	8%
2. zuivering	54%
3. transportnet	23%
4. hoofd- en dienstleidingen	15%
Totaal	100%

$$\text{Leveringszekerheid} = \frac{\text{geleverde hoeveelheid}}{\text{gevraagde hoeveelheid}}$$

$$\text{Relatief risico} = 1 - \text{leveringszekerheid}$$



Afb. 4 - Plaats van modelbouw in de ontwikkeling van het raamplan van de DWL Rotterdam.

simulatiemodel zoveel eenvoudiger is dan het rekenen met ingewikkelde formules, dat de extra computerkosten van simulatieberekening daar vaak ruimschoots tegenop wegen, uiteraard bij een vergelijkbaar eindresultaat.

Zeer belangrijk is de keuze van de gehanteerde meeteenheid: de leveringszekerheid.

Deze is gedefinieerd als de werkelijk geleverde hoeveelheid water gedeeld door de gevraagde hoeveelheid in dezelfde periode. Omdat de waarde vaak zeer dicht bij het getal 1 ligt wordt meestal met het compliment, het relatieve risico gerekend.

Enkele van de belangrijkste resultaten van de modeluitkomsten zijn gegeven in tabel I. Aan de getaluitkomsten is te zien dat Rotterdam een betrouwbaar systeem heeft.

Ter vergelijking: in ontwikkelingslanden wordt vaak een leveringszekerheid van 50% als normaal beschouwd. Uit de getaluitkomsten blijkt ook, dat vooral de zuiveringsbedrijven grote invloed hebben op de leveringszekerheid: meer dan de helft. De Rotterdamse ervaring is dat één van de belangrijkste resultaten van dit soort studies is, dat bij het praten met praktijkmensen over de problemen vaak al de helft van de oplossingen wordt aangedragen. Veel van deze kleine eenvoudige oplossingen zijn geheel buiten de modellen gebleven, omdat ze gewoon eerder waren uitgevoerd dan het model greed was.

Om van de modellen tot een hard afwegingscriterium voor investeringen te komen is een leveringszekerheid ontwikkeld. Deze norm wordt nu een aantal jaren in de

praktijk toegepast en heeft vele miljoenen guldens aan investeringen uitgesteld of zelfs afgesteld. Ook bleken een aantal kleine investeringen tot enorme verbeteringen te leiden.

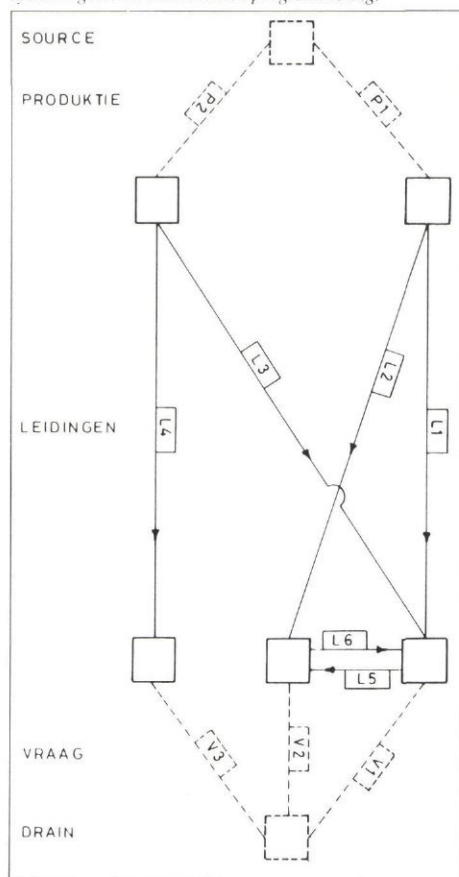
Het verder ontwikkelen en meer algemeen toepasbaar maken van het distributiegedeelte van het leveringszekerheidsmodel is inmiddels in KIWA-verband opgepakt. Het opzetten van een lange-termijn investeringsplan, het Raamplan, heeft de DWL Rotterdam totaal ca. f 800.000,- gekost.

De geschatte besparingen zijn op dit moment ca. f 7,5 miljoen.

Het overgrote deel van deze besparing is toe te wijzen aan de leveringszekerheidsmodellen. Andere modellen zijn soms op teleurstellingen uitgelopen. Zo is bijvoorbeeld de ontwikkeling van een investeringsmodel halverwege gestopt. In de Rotterdamse situatie bleek het optimaal faseren en afstemmen van investeringen, door de enorme onzekerheden in de afzetprognoses, meestal niet lonend.

Voor wat betreft de lange-termijnplanning kan desondanks worden geconcludeerd dat het toepassen van modellen tot daadwerkelijke besparingen en een kwaliteitsverbetering van de besluitvorming heeft geleid.

Afb. 5 - Een eenvoudig voorbeeld van een source-drain systeem geschikt voor lineaire programmering.



Een eenvoudig lineair programmeringsmodel voor leveringszekerheidsanalyse

Dit voorbeeld is gekozen om eens te laten zien dat het bij modelontwikkeling niet altijd hoeft te gaan om dure projecten.

In dit voorbeeld is rond een standaard computerprogramma voor lineaire programmering in enkele dagen tijds een analysemodel voor een kwalitatieve beoordeling van leveringszekerheid gebouwd.

De basis-problematiek is als volgt:

Door het Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening en het Waterloopkundig Laboratorium is ten behoeve van het Integraal Onderzoek Drinkwatervoorziening Zuid-Holland een leveringszekerheidsmodel ontwikkeld. Dit model is door de VEWIN afgewezen ten behoeve van een kwantitatieve benadering van de leveringszekerheid bij de technische integratiestudies voor het Tweede Tienjarenplan.

De belangrijkste argumenten daarbij waren:

- het ontbreken van gegevens over faalkansen en faalduur en
- het niet in de beschouwing betrekken van kwalitatieve aspecten.

Beide argumenten zijn op zichzelf beschouwd juist. Het blijkt echter moeilijk bij de praktische uitwerking van de integratiestudies voor het Tienjarenplan de discussie over leveringszekerheid te ontlopen.

Bij de DWL Rotterdam is gezocht naar een methode die ook zonder dat faalkansen bekend zijn toch wat inzicht kan verschaffen in de leveringszekerheid van een drinkwatersysteem zoals bijvoorbeeld voor de regio Zuid-Holland.

Dit is gevonden in een model dat niet ingaat op kansen van falen doch uitsluitend op de gevolgen van falen van componenten.

Een systeem wordt opgesplitst in 3 soorten componenten.

- Productiepunten
- Leidingen
- Vraagpunten.

Productiepunten en vraagpunten zijn onderling en met elkaar verbonden door leidingen.

Het is duidelijk dat in een dergelijk systeem aan alle vraag naar water kan worden voldaan indien aan een aantal randvoorwaarden wordt voldaan:

- de som van de productiecapaciteiten is groter dan/of gelijk aan de som van de vraag;
- er is voldoende leidingcapaciteit aanwezig.

Of en in hoeverre aan deze randvoorwaarden wordt voldaan kan op eenvoudige wijze met behulp van lineaire programmering worden bepaald.

In afb. 5 is een eenvoudig systeem met de productiepunten, leidingen en vraagpunten getekend.

Het gehele systeem wordt gekoppeld aan twee theoretische punten: een source en een drain.

De productiepunten worden verbonden met de source door middel van een verbinding met als capaciteit de productiecapaciteit. (Hier P1 en P2).

De vraagstukken worden verbonden met de drain door middel van een verbinding met als capaciteit de vraag (hier V1, V2 en V3).

Tenslotte worden de leidingen gedefinieerd naar hun capaciteit en richting van die capaciteit. Indien de capaciteit in twee richtingen werkt, kan dat worden opgegeven. Dit is het geval bij de verbinding tussen V1 en V2.

Dit gehele stelsel kan zeer eenvoudig beschreven worden met een stelsel lineaire vergelijkingen met restricties. Het gaat daarbij om de maximale stroom van source naar drain te vinden.

Indien dit maximum gelijk is aan de som van de vragen is er geen probleem. Is het maximum kleiner dan wordt niet aan iedere vraag voldaan.

Door nu het model door te rekenen voor alle denkbare calamiteiten wordt inzicht verkregen in de bottle-necks van het systeem.

De berekeningen zijn te maken voor capaciteiten op jaarbasis, maar ook voor bijvoorbeeld het maximum uur.

Om aan te tonen dat ook met een dergelijk eenvoudig model aardige resultaten te behalen zijn is dit toegepast op de situatie in Zuid-Holland in 1980.

Het drinkwatervoorzieningssysteem is sterk geschematiseerd weergegeven in afb. 6. Hierin staat:

P. voor productiecapaciteit op jaarbasis in mln m³.

V. vraag als bruto vraag dat wil zeggen inclusief een onverwachte piekvraag van ca. 10%.

Doorberekening met het model gaf als conclusies:

- a. Geen enkele leidingbreuk geeft aanleiding tot tekorten.
- b. Reeds betrekkelijk geringe productie-storings in het Haagse of Leidse bedrijf veroorzaken tekorten in het gehele noordelijk deel van Zuid-Holland.
- c. Gouda neemt een wat geïsoleerde positie in. De werkelijkheid is daar echter aanzienlijk gunstiger dan in dit model, omdat de productie over 4 punten is verspreid. Uiteraard zijn ook andere situaties door-gerekend, ook met meer gedetailleerde schematisaties.

In het algemeen kan het model antwoord geven op de volgende vragen:

- Wat zijn de bottle-necks in het systeem?
- Wat moet de capaciteit op jaar- en uurbasis zijn van koppelleidingen bij een gegeven minimaal voorzieningsniveau tijdens calamiteiten?
- Waar kan met een enkele leiding worden volstaan en waar moet een dubbele verbinding komen?

De kosten van dit model waren qua ontwikkeling minimaal, ongeveer f 2.000,-. De baten zijn op dit moment allen het hebben van meer inzicht.

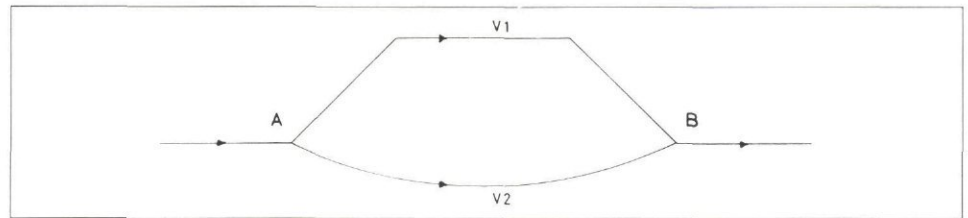
Verblijftijdenmodel

Het betreft hier een nog niet afgerond model waarvan de basisideeën gevormd zijn op basis van de volgende probleemstelling:

Reeds lang is bekend dat drinkwater als gevolg van langdurig verblijf in reinwaterberging en leidingnet ontoelaatbaar in kwaliteit achteruit kan gaan. Over de chemische en bacteriologische processen zijn echter weinig kwantitatieve gegevens bekend. Enig inzicht in de verblijftijden in het Rotterdamse leidingnet is verkregen uit een meetprogramma bij het stopzetten van de fluoridering in 1976.

Daarbij is gebleken dat de voorspelling van punten met lange verblijftijden met de ter beschikking staande berekeningsmethode niet goed mogelijk is. Ook de mengproblematiek speelt een rol: menging van (te) oud water met vers water levert niet automatisch goed water op.

Doordat de laatste jaren de drinkwaterafzet sterk is gedaald bij een toegenomen inhoud van het buizenet moet met een stijging van de problemen rekening worden gehouden. Als gevolg van toenemende verblijftijden zullen ook monstername- en spuioprogram-



Afb. 7.

ma's niet (langer) optimaal zijn.

Het lijkt mogelijk om op basis van voor het eerder besproken raamplan ontwikkelde methodieken een verblijftijdenmodel te ontwikkelen. De urgentie van een verblijftijdenmodel is onlangs sterk vergroot naar aanleiding van studie naar de mogelijkheden om bepaalde soorten tuinbouw te voorzien van drinkwater als gietwater.

Daardoor ontstaat er een op de pieklevering tijdens warme zomerdagen gedimensioneerd zwaar leidingnet. In de winter zou dit wellicht tot lange verblijftijden aanleiding kunnen geven.

In 1983 is geprobeerd via een vooronderzoek de mogelijkheden voor zo'n model te onderzoeken. De hoofdpzets van zo'n mogelijk model zal in het kort worden beschreven. Of het model bij de DWL Rotterdam werkelijk gebouwd zal worden is nog niet bekend.

Basisidee is dat het zou moeten gaan om een

simulatiemodel. Als er (in een model) bij een pompstation een deeltje in het net gepompt wordt en dat deeltje wordt gevolgd tot het er bij een tapkraan weer uitkomt dan is er verblijftijd te berekenen. Wordt dat voor voldoende deeltjes gedaan dan wordt inzicht verkregen in de verblijftijden van het water. Enkele van de basisproblemen die op zullen treden zijn:

a. In een vermaasd leidingnet is het water dat uit de kraan komt niet constant van leeftijd. Dit wordt geïllustreerd in afb. 7. Een hoeveelheid water die bij A komt spilt zich daar op in 2 stromen van (meestal) verschillende snelheid. In punt B zal het water een mengsel vormen met verschillende verblijftijden.

In een meervoudig vermaasd net wordt zo water van zeer gevarieerde leeftijd verkregen.

b. Ingewikkelder wordt het indien het stromingsbeeld in de tijd niet constant is (afb. 8). Indien leiding C een verbindingsleiding is in een min of meer symmetrische Maas dan zal het water daarin stilstaan of iets heen en weer bewegen. Juist dit soort punten zijn het meest kritisch qua verblijftijden en het moeilijkst op te sporen.

c. Niet alleen de verblijftijd zelf is belangrijk, ook buismaterialen kunnen van invloed zijn op de beoordeling van toelaatbaarheid van verblijftijden. In feite is dit element onmisbaar indien een relatie gelegd moet worden tussen monsteranalyse en verblijftijden.

d. Indien de basismodelopzet letterlijk wordt gevolgd leidt dit tot onaanvaardbaar hoge rekenkosten. Ieder deeltje zou dan met behulp van leidingnetberekeningen gevolgd moeten worden.

De voorstudie heeft geleid tot de voorzichtige conclusie dat een modelopzet gemaakt kan worden die uitgaat van het volgende:

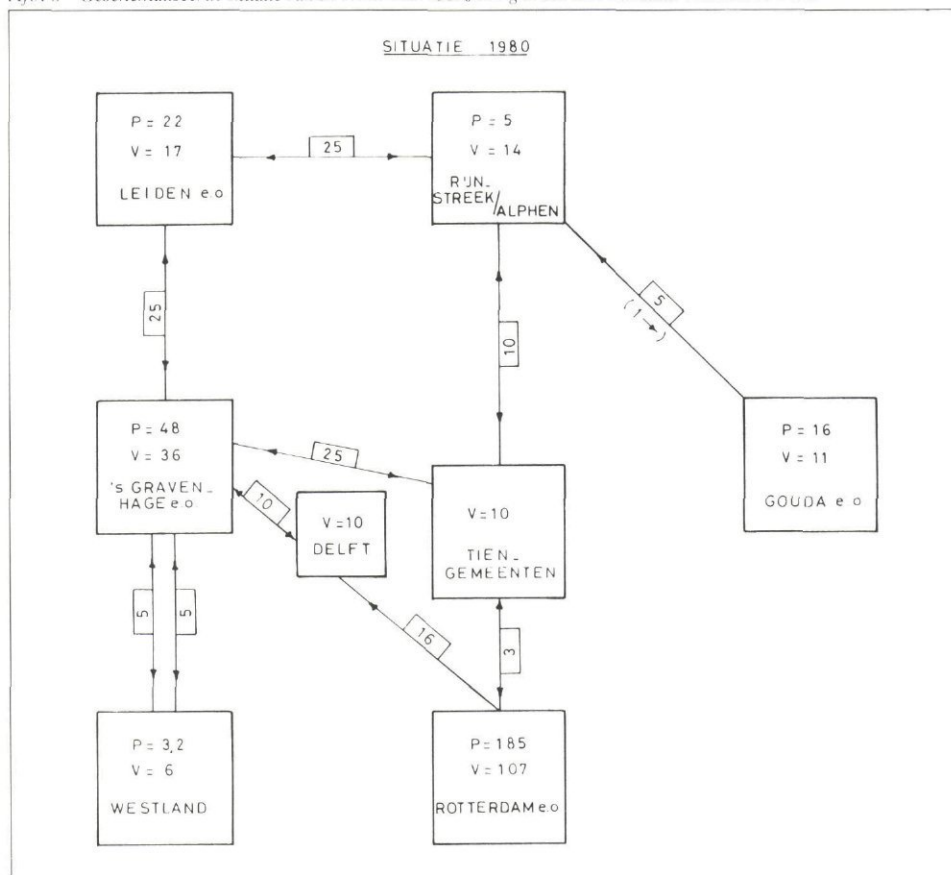
a. Alle stromingssituaties in het leidingnet kunnen redelijk benaderd worden met ca. 10 leidingnetberekeningen van bijvoorbeeld:

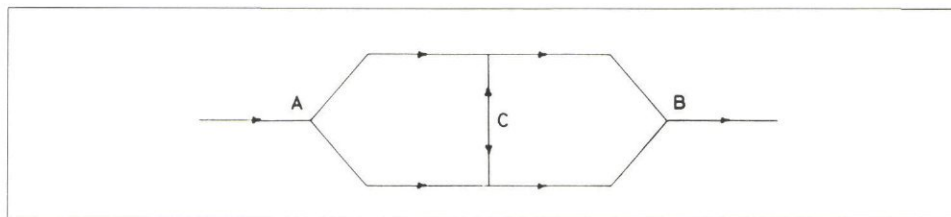
- het maximum uurverbruik
- het minimum uurverbruik

en een aantal tussenliggende berekeningen. Hierbij dient wel de verandering van de verdeling van het verbruik in beschouwing te worden genomen.

b. Het afzetpatroon per week is meestal min of meer constant. Voor tuinbouwgebieden of gebieden met veel recreatie is er uiteraard

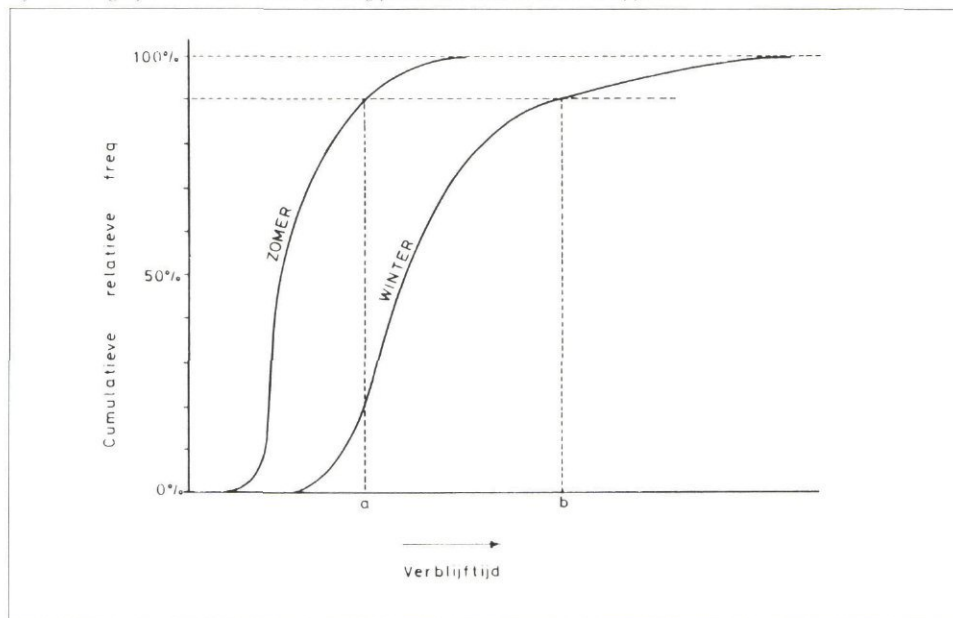
Afb. 6 - Geschematiseerde situatie van de drinkwatervoorziening in een deel van Zuid-Holland in 1980.





Afb. 8.

Afb. 9 - Mogelijke uitkomst van een verdelingsfunctie van drinkwater in een tappunt.



een veel groter onderscheid tussen een zomerweek en een winterweek.

c. Bij een verblijftijdenmodel gaat het om grote verblijftijden, ten minste enkele dagen of langer.

Een simulatie-interval kleiner dan een uur is daarom niet nodig.

d. Gebieden met vermoedelijk lange verblijftijden zijn meestal bekend of kunnen eenvoudig worden opgespoord. Het is dan veel eenvoudiger deeltjes vanaf een vermoedelijk ongunstig punt terug te volgen tot het pompstation dan andersom.

De werking van het model zou dan als volgt kunnen worden:

Stap 1 Tap op een bepaalde plaats in het net een deeltje af op een a-select tijdstip.

Stap 2 Volg dit deeltje van uur tot uur door het net terug. Daarbij gelden de volgende spelregels:

- Het stromingspatroon wordt gedurende 1 uur constant gedacht.
 - In dat uur is het stromingsbeeld gelijk aan dat van die van de 10 leidingnetberekeningen, waarbij het totaal verbruik het dichtst ligt bij dat van het betreffende uur.
 - Bij een splitsing van de waterstroom wordt het deeltje niet opgesplitst.
- Welke weg het deeltje volgt wordt bepaald door middel van een gewogen kans met een

wegingsfactor die evenredig is met de volumestromen.

Stap 3 Onthoud van het deeltje de verblijftijd per materiaal-soort van de gepasseerde leidingen.

Hoe dit model precies kan gaan werken is op het ogenblik niet relevant. Afb. 9 geeft een beeld van een mogelijke uitkomst.

Dit kan bijvoorbeeld een cumulatieve frequentieverdeling zijn van de leeftijd van het water dat in één bepaald punt de kraan uitkomt. Als deze afb. de realiteit zou vormen dan zou hier 'swinters soms sprake zijn van extreme lange verblijftijden.

Het model geeft de mogelijkheden om juist die piek in de verblijftijden, bijvoorbeeld de slechtste 10%, nader te analyseren en effecten van mogelijke maatregelen te simuleren.

Toepassingsmogelijkheden van het model kunnen worden:

- Bepaling van kritieke punten qua verblijftijden.
 - Doorrekenen van maatregelen.
 - Aanpassing van monsternamen- en spuiplannen.
 - Ontwikkelen van ontwerpcriteria.
- Al met al kan gesteld worden dat de ontwikkeling van dit model een goede zaak is, niet alleen voor de DWL Rotterdam.

Conclusies

Vanuit de persoonlijke ervaringen van de auteur bij een groot drinkwaterbedrijf kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- a. Toepassing van modellen kan de besluitvorming helpen verbeteren en tot kostenbesparing leiden.
- b. Tegenover een aantal succesvolle toepassingen staan ook vaak kostbare mislukkingen.
- c. Er is nauwelijks een positief verband tussen kosten en baten van modellen, soms lijkt het tegenovergestelde te gelden. Enkele kleinere modellen die inzichtverbeterend werken kunnen vaak veel meer bijdragen aan de kwaliteit van de besluitvorming dan kostbare gedetailleerde modellen die de pretentie hebben de werkelijkheid zelf weer te geven in plaats van een nabootsing van die werkelijkheid.

Literatuurverwijzing

1. Jong, J. J. de, Sniijders, J. A. C. en Wedemeier, A. (1983). *Leveringszekerheid bij drinkwaterbedrijven*. H₂O (16) 1983, nr. 1, p. 10-16.



Weer Seminar Milieukunde

Het Nederlands Instituut voor Preventie Gezondheidszorg (NIPG/TNO) organiseert in samenwerking met de Stichting Postacademiale Vorming Gezondheidstechniek van de TH's het 14e Seminar Milieukunde in het academisch jaar 1985-1986.

De cursus beoogt een brede oriëntatie te geven in de problemen van het leefmilieu. Het doel daarvan is informatie te verschaffen voor overlegsituaties inzake milieu-problematiek.

Het niveau van het seminar is postacademisch. De cursus is bestemd voor functionarissen uit: het bedrijfsleven, centrale-, provinciale- en gemeentelijke overheden en instellingen voor research en onderwijs.

Het aantal deelnemers is beperkt tot 25.

Kosten: f 2.400,-.

Nadere informatie Nederlands Instituut voor Preventieve Gezondheidszorg/TNO, afdeling Onderwijs, Wassenaarseweg 56, 2333 AL Leiden, telefoon 071-170441, mw. dr. C. M. Kuiper of de heer H. P. A. van de Water.