

Fasering van de investeringen in de drink- en industriewatervoorziening in Nederland (2)

Een wederwoord

1. Inleiding

Met veel belangstelling hebben wij het artikel in het 1e nummer van H₂O in dit nieuwe jaar betreffende de 'Fasering van de investeringen in de drink- en industriewatervoorziening in Nederland' gelezen. De heren drs. M. Beverwijk en ir. M. Smeets en hun voorgangers de heren drs. G. Vankan en ir. H. Werner hebben een investerings- en faseringsmodel opgebouwd, gebruik makend van operations research technieken.

Onafhankelijk daarvan wordt bij de



DRS. G. E. ACHTTIENRIBBE
Gemeente-Drinkwaterleiding
Rotterdam



IR. J. HAIJKENS
Gemeente-Drinkwaterleiding
Rotterdam

Drinkwaterleiding Rotterdam onderzoek in dezelfde richting gedaan. In hun conclusies stellen de auteurs, dat de regionaal ontwikkelde modellen getoetst moeten worden aan het landelijk model. Een naar onze mening juiste conclusie, die echter veronderstelt dat bij regionale oplossingen van dezelfde uitgangspunten gebruik wordt gemaakt. Onze beschouwing heeft mede ten doel aan te geven, dat andere uitgangspunten denkbaar zijn en misschien zelfs de voorkeur verdienen. In elk geval dient gestreefd te worden naar uniforme methoden.

Voor het Rotterdamse bedrijf kwamen wij op een aantal punten tot een wat andere benadering dan de heren Beverwijk en Smeets. Wat de mathematische achtergronden betreft ligt het verschil in benadering vooral in:

- de keuze van het model;
- energiekosten;
- stabiliteit van de oplossing.

Daarnaast bestaat er nog verschil van inzicht over enkele economische uitgangspunten, zoals:

- rentevoet en inflatie;
- de calculatieperiode.

Dat deze punten worden genoemd en toegelicht moet gezien worden als een bijdrage aan een ons inziens zinvolle

discussie over deze in Nederland nog weinig toegepaste technieken.

2. Enige mathematische achtergronden

De keuze van het model

De schrijvers van het eerder genoemde artikel hebben voor de uitwerking van het probleem betreffende de nationale ruwwaterverdeling en fasering van de bijbehorende technische werken gekozen voor een lineair model.

Het probleem dat het in de doelfunctie gebruikte verband tussen investeringskosten en capaciteit in werkelijkheid niet lineair is, wordt ondervangen door op iteratieve wijze de eenheidskostprijzen aan de met het gelineariseerde model gevonden capaciteiten aan te passen.

Het is echter ook mogelijk voor dit probleem een niet-lineair model te gebruiken. In samenwerking met medewerkers van de Technische Hogeschool in Delft is in Rotterdam voor de oplossing van hetzelfde probleem, maar dan op regionale schaal, gekozen voor een model werkend met een niet-lineaire doelfunctie en lineaire nevenvoorwaarden, waarvan de oplossingsmethode is gebaseerd op de theorieën van Fletcher-Powell en Rosen. Het gaat hier om een combinatie van de geconjugeerde gradiënt methode en de gradiënt projectie methode.

Het voordeel van toepassing van een niet-lineair model is dat het niet-lineaire verband tussen kosten en capaciteit direct in de doelfunctie kan worden opgenomen en dat de goedkoopste oplossing na één optimaliseringsberekening reeds bereikt is. Als nadeel t.o.v. het lineaire model moet worden genoemd dat voor het oplossen van een gelijk aantal variabelen meer ruimte in het werkgeheugen van de computer wordt ingenomen door het niet-lineaire model.

Energie

Voor het jaar 2000 werd een lineair investeringsmodel opgesteld, waarbij de energie niet in de berekening werd betrokken.

Doordat een direct verband tussen capaciteit en kosten van een leiding werd gegeven — en daarmee tevens een direct verband tussen capaciteit en diameter — is het drukverval per lengte-eenheid van een leiding vastgelegd. Beter zou zijn een dergelijk vast verband vooraf nog niet te hanteren. De energiekosten zouden dan in de doelfunctie afzonderlijk kunnen worden opgenomen. Wanneer de verhouding tussen maximum en gemiddeld debiet in een leiding niet te groot is, kan het energiegebruik zonder veel bezwaar als functie van het gemiddelde debiet worden opgenomen in de niet-lineaire doelfunctie.

Stabiliteit van de oplossing

Bij het bepalen van de optimale landelijke waterverdeling voor de drink- en industriewatervoorziening in het jaar 2000 werd tevens nagegaan hoe stabiel het gevonden optimum was, m.a.w. in welke mate het optimale verdelingssysteem verandert ten gevolge van een wijziging in de eenheidskostprijzen.

De gehele berekening is echter opgezet voor een vaste prognose voor het waterverbruik in Nederland in het jaar 2000. Het is aan te bevelen de stabiliteit van het gevonden optimum ook vast te stellen tegen de achtergrond van een variabele prognose. Hierdoor krijgt men een indruk van de risico's die het investeren in de noodzakelijk geachte technische werken met zich meebrengt. Deze risico's zijn des te groter naarmate de onzekerheden in de voorspellingen, waarop alle berekeningen worden gebaseerd, toenemen.

3. Enige economische achtergronden van projectfasering

Schrijvers stellen, dat de gehanteerde afschrijvingstermijn, rentevoet en verdere kostencijfers vrij arbitrair gekozen zijn. Dit levert geen bezwaar op wanneer het uitwerken van een rekenkundig getalenvoorbeeld centraal staat. Stelt men zich daarentegen ten doel de theoretische achtergronden van het model uiteen te zetten, dan blijkt dat men door deze arbitraire keuze belangwekkende aspecten buiten spel zet.

Rentevoet en inflatie

Vooraf een arbitraire keuze van de rentevoet is niet zonder bezwaar. Om dit aan te tonen moet een oude controversie opnieuw worden opgerakeld. De Nederlandse waterleidingbedrijven calculeren hun prijzen veelal op basis van historische prijzen, in plaats van de door velen bepleite toepassing van vervangingsprijzen te hanteren. Wat juist is laten we in het midden, enkele consequenties hebben hier echter wel betekenis.

Calculatie met historische prijzen heeft ondermeer tot gevolg dat de kostprijs van het produkt beïnvloed wordt door het tijdstip waarop de produktiemiddelen, waarmee het produkt wordt vervaardigd, zijn aangeschaft. In de huidige tijd waarin de waardedaling van het geld aanzienlijk is, zal een produkt dat met relatief oude produktiemiddelen is vervaardigd hierdoor 'goedkoper' zijn dan een gelijkwaardig produkt, vervaardigd met dezelfde produktiemiddelen van meer recente datum. Voor waterleidingbedrijven die veelal hun produkt tegen kostprijs verkopen betekent een wat ouder bedrijf een lage waterprijs.

Dit beantwoordt volledig aan een van de doelstellingen van deze bedrijven. Vanuit deze doelstelling kan een directie op goede gronden tot het besluit komen een project dat zich uitstekend voor fasering leent als gevolg van door hen verwachte inflatoire prijsstijgingen ineens uit te voeren, ofschoon dit zonder deze prijsstijging onvoordelig zou zijn.

Klinkt dit voor waterleidingbedrijven al controversieel, het is als grondslag voor een landelijk beleidsonderbouwend instrument beslist verwerpelijk. Behalve dat men de inflatie in de hand werkt door een verhoging van het investeringsniveau, zijn produktiemiddelen als gevolg van een monetair verschijnsel onderbezet. Deze onderbezetting zal de afnemer betalen. Zou men zijn reëel besteedbare inkomen meten, dan zou blijken, dat men na aftrek van het verschuldigde op kostprijs vastgestelde watergeld minder overhoudt als fasering volgens de door Beverwijk en Smeets gevolgde methode wordt toegepast. Het maakt daarbij geen verschil of men op vervangingswaarde dan wel op historische kostprijs calculeert.

Voor een verantwoorde beoordeling van faseringsvraagstukken in een model dat landelijk dan wel regionaal het investeringsbeleid moet ondersteunen, zal men de daarbij gebruikte financiële grootheden moeten ontdoen van inflatoire elementen. De in het model op te nemen investeringsalternatieven moeten tegen de huidige prijzen worden gewaardeerd. Een uitzondering moet daarbij worden gemaakt voor die gevallen waarin men verwacht dat de prijsstijging uitgaat boven de door de inflatie veroorzaakte prijsstijging. Het meerdere zal dan in de investeringsbedragen moeten worden opgenomen. Men kan dan een speculatief resultaat behalen. De laatste jaren zijn de bouwkosten met ca. 12 % per jaar gestegen, terwijl de inflatie misschien 8 % bedroeg. Verwacht men dat deze ontwikkeling blijvend is, dan zal men de huidige prijs van de toekomstige investeringen met 4 % per jaar moeten verhogen.

De rentevoet die bij de berekening van de unuïteit *) gebruikt wordt, stellen wij op 4 %. De hoogte van de rente op de kapitaalmarkt wordt door vraag- en aanbodfactoren bepaald. Onder deze prijsbepalende factoren neemt de inflatie een belangrijke plaats in. Beleggers zullen doorgaans slechts als aanbieders op de kapitaalmarkt optreden als zij in de rente een vergoeding voor de dalende koopkracht van de uit te zetten gelden vinden.

*) H. J. v. d. Schoeff spreekt in zijn *Kosten en Kostprijs 2* (Amsterdam 1970) op pag. 194 van unuïteit.

Vragers van kapitaal zullen om dezelfde reden bereid zijn een hogere prijs in de vorm van rente te betalen.

Aangenomen mag worden, dat de rentevoet in een inflatielose maatschappij zich in de buurt van de 4 % zal bewegen.

Dit rentetype kwam in de inflatielose periode tussen de beide wereldoorlogen veelvuldig voor bij eeuwigdurende staatsleningen.

Gegeven de snelle geldontwaarding van de laatste jaren moeten we evenwel constateren dat de rentestand geen volledige compensatie biedt. Slechts in het bijzondere geval dat er sprake is van volledige compensatie zal de methode van Beverwijk en Smeets dezelfde resultaten geven als de door ons voorgestelde.

In tabel I is op basis van de beide methodieken een getallenvoorbeeld uitgewerkt. Hierbij blijkt dat de investeringsbeslissing afhankelijk is van de toegepaste methode (inclusief of exclusief inflatie).

Volledigheidshalve moet worden vermeld dat de door ons voorgestelde methode van toepassing is op investeringsselectie-vraagstukken, doch niet gebruikt kan worden ter bepaling van de unuïteitskostprijs.

Samenvattend menen we te kunnen stellen, dat deze methode faseringsvraagstukken doeltreffend oplost en betrouwbare resultaten geeft, ongeacht het tempo waarin de geldontwaarding zich ontwikkelt. Zeker wanneer faseringen zich over langere tijd uitstrekken is het van grote betekenis ontslagen te zijn van de noodzaak uitspraken te doen over de waardevermindering van het geld.

Calculatieperiode

Op tweeërlei wijze kan de afschrijvings-termijn, door Beverwijk en Smeets arbitrair gekozen, de oplossing van faseringsvraagstukken bemoeilijken. Als

een project gefaseerd wordt uitgevoerd, dan betekent een gelijke levensduur van de beide fasen, dat terwijl het eerste deel buiten gebruik wordt gesteld, het tweede nog gedurende een aantal jaren productief kan zijn.

Door de ontwikkeling van de techniek, wijzigingen in planologische opvattingen of om andere redenen kan het twijfelachtig zijn of de eerste fase na buitengebruikstelling opnieuw wordt uitgevoerd. Het kan zelfs voorkomen dat de tweede fase, voordat ze technisch versleten is buiten gebruik moet worden gesteld omdat de eerste fase dat is.

Een soortgelijke problematiek doet zich voor indien de investering bestaat uit verschillende activa die een onderling afwijkende levensduur hebben.

De vraag rijst in beide gevallen over welke periode de unuïteit moet worden berekend. Bovendien kan men zich afvragen over welk actief de unuïteit moet worden berekend. De schrijvers Beverwijk en Smeets laten zich hierover niet. uit. Zij spreken in hun appendix 2 van een restwaarde na n perioden zonder deze nader te definiëren. Toch is dit van betekenis voor zowel de berekening van unuïteitskostprijzen als voor faseringsberekeningen. Er kunnen een tweetal voor de hand liggende methoden worden gevolgd:

- de methode waarbij de contante waarde van het actief wordt bepaald van de fasen, waaruit het project bestaat, onder aftrek van de contante waarde van de annuïteiten van de aanschafwaarde van het nog resterende niet afgeschreven actief op het moment dat de eerste fase afgeschreven is. Deze contante waarde wordt geconfronteerd met de contante afzet gedurende de eerste fase van het project;

TABEL I - *Vergelijking methoden faseringsoptimalisatie.*

Gegevens

Ontwerp 1: niet gefaseerd
investering: f 15.000.000,—

Ontwerp 2: gefaseerd
investering: f 10.000.000,— (1e fase)
f 6.000.000,— (2e fase)

Afzetprognose:

jaar 1: 5 x 10⁶ m³
jaar 2: 6 x 10⁶ m³
.....
jaar 10: 14 x 10⁶ m³

Vergelijking ontwerpen incl. 5 % inflatie per jaar

	investering	levensduur	capaciteit	rentevoet	unuïteit
Ontwerp 1	f 15.000.000,— (begin jr. 1)	10 jr.	14 x 10 ⁶ m ³ /jr	8 %	f 0,251
Ontwerp 2	f 10.000.000,— (begin jr. 1)	10 jr.	9 x 10 ⁶ m ³ /jr	8 %	
	f 7.700.000,— (begin jr. 6)	5 jr.	5 x 10 ⁶ m ³ /jr	8 %	f 0,257

Vergelijking ontwerpen excl. inflatie

	investering	levensduur	capaciteit	rentevoet	unuïteit
Ontwerp 1	f 15.000.000,— (begin jr. 1)	10 jr.	14 x 10 ⁶ m ³ /jr	4 %	f 0,201
Ontwerp 2	f 10.000.000,— (begin jr. 1)	10 jr.	9 x 10 ⁶ m ³ /jr	4 %	
	f 6.000.000,— (begin jr. 6)	5 jr.	5 x 10 ⁶ m ³ /jr	4 %	f 0,199

- b. de methode waarbij de contante waarde van de fasen, waaruit het project bestaat, wordt geconfronteerd met de contante waarde van de afzetprognose voorzover deze met de activa waaruit het project bestaat kan worden geproduceerd.

Methode a berust op de gedachte, dat men in elk geval een eerste fase van het project zal uitvoeren, terwijl latere fasen slechts zullen worden uitgevoerd als de omstandigheden waaronder het faseringsplan is ontwikkeld nog gelden. Omstandigheden kunnen wijzigen onder invloed van veranderingen in bijv. planologie, waterwinningstechniek, kostenverhoudingen en op momenten dat over de realisering en omvang van de tweede en volgende fasen moet worden beslist, zal men de berekeningen dienen te herhalen met de dan bekende gegevens. Betreft men volgens de onder b genoemde methode de volgende fasen volledig in de vergelijking, dan wordt in de unuïteit vooruitgelopen op later te nemen beslissingen en wordt gerekend over langere perioden.

Het is bovendien wenselijk bij die alternatieven waarbij de capaciteit van de eerste fase onderling verschilt, de unuïteiten van deze eerste fasen te vergelijken. De afzetprognose moet men dan limiteren tot de capaciteit van de eerste fase die ieder der alternatieven heeft. Het is niet onmogelijk dat de eerste fase van een alternatief, dat over alle fasen gerekend de laagste unuïteit heeft, in haar eerste fase een hogere unuïteit kent dan de andere alternatieven. In een dergelijk geval zal men, indien de uitvoering van volgende fasen onzeker is omdat ze volgens de prognose in een zeer laat stadium worden uitgevoerd, kunnen overwegen het alternatief met de unuïtair goedkoopste eerste fase uit te voeren.

4. Andere discussiepunten

Deze reactie beoogt de discussie over modelbouw in de waterleidingwereld en daarmee de ontwikkeling daarvan te stimuleren.

De toepassing van dergelijke modellen kan het inzicht in de consequenties van te nemen beslissingen aanzienlijk verdiepen. Een aantal problemen, die door Beverwijk en Smeets niet zijn uitgewerkt, zullen bij een verdere verfijning onvermijdelijk relevant worden. Gedacht wordt aan:

- de levering van verschillende waterkwaliteiten (bijv. industrie- en drinkwater);
- het in de berekening meenemen van de kosten van voorzieningen die ter veiligstelling van de continuïteit der

levering noodzakelijk gemaakt moeten worden;

- de consequenties van belangrijke prijsstijgingen op de afzet. Met name bij omvangrijke industriële leveringen zal deze prijselasticiteit betekenis hebben. Dit houdt dan ook in dat niet met geschatte behoeften moet worden gewerkt, maar met de geschatte vraag naar water.



Kommentaar op het wederwoord

Het doet ons een genoegen een reactie te mogen ontvangen op ons artikel over de fasering van de investeringen in de drink- en industriewatervoorziening in Nederland. Hieruit blijkt dat ook buiten het RID een kwantitatieve aanpak van deze problemen wordt voorgestaan.

Het wederwoord van drs. G. E. Achttienribbe en ir. J. Haijkens lijkt ons niet alleen commentaar op hetgeen wij naar voren gebracht hebben, maar tevens op enkele punten een welkome aanvulling.

Vooropgesteld dient echter te worden dat ons artikel een samenvatting is van een gelijknamig intern RID-rapport en dus niet dezelfde diepte en volledigheid kan bezitten die mogelijk is in een uitgebreide rapportage. Daar komt nog bij dat wij het aksent hebben willen leggen op de modelbenadering van de problematiek.

De regionale modellen die door ons worden voorgesteld, blijken voor Rotterdam reeds te worden ontwikkeld. Teneinde de regionale modellen te kunnen toetsen aan een landelijk model, stellen de auteurs, dat uitgegaan moet worden van dezelfde uitgangspunten. Hiermee zijn wij het volledig eens en er dient dus een afstemming plaats te vinden. In het volgende zullen we nader ingaan op de door hen genoemde punten.

Het model

Wat betreft de keuze van het model kan het volgende gezegd worden. Wij hebben gekozen voor een lineair model met een iteratie-procedure. De iteraties zijn nodig om de unuïteiten-prijzen *) op de juiste wijze te berekenen, d.w.z. om rekening te kunnen houden met het schaal-effect en de overcapaciteit en de daaraan verbonden onderbezettingskosten. In ons RID-rapport hebben wij ook niet-lineaire modellen onderzocht, waarbij met name

*) De VEWIN spreekt in haar rapport 'Kostprijsberekeningen en tariefstelling bij en-gros leveringen' over unuïteit (= unuïteit).

een gemengd geheeltallig programmeringsmodel geformuleerd is. De niet-lineaire kostenfuncties kunnen hierbij deelsgewijze lineair benaderd worden. De rekentijd en geheugenruimte voor dit soort algoritme kunnen aanzienlijk oplopen, met name bij grotere modellen. Achttienribbe en Haijkens wijzen zelf op deze problematiek.

Wij vragen ons dan ook af hoe efficiënt het door hen gehanteerde algoritme is. Bij de keuze van de uiteindelijke modelformulering leek het ons doelmatig te starten met een lineair model, mede ook omdat hiervoor standaardprogramma's aanwezig zijn. Dat dit konsekwenties heeft voor de factoren die in beschouwing kunnen worden genomen, is duidelijk.

In de konklusies hebben wij gesteld dat de oplossing stabiel is met betrekking tot de kostprijs. Dit wil niet zeggen dat we dezelfde konklusie kunnen trekken m.b.t. de hoeveelheden. Het zal duidelijk zijn dat de betrouwbaarheid van de drink- en industriewaterprognoses de waarde van de optimale oplossing in belangrijke mate bepaalt. Bij de post-optimale analyse van het lineair programmeringsprobleem is te zien wat de invloed is van een verandering van de prognoses op de optimale oplossing.

De energiekosten

De energiekosten komen in het geding bij het door ons gehanteerde lineaire model. Echter de onnauwkeurigheid is te overzien. Uit de veronderstellingen zoals die gehanteerd zijn bij de konstruktie van het direkte verband tussen capaciteit en kosten (o.a. een toelaatbare weerstand van 1 m per km en een toelaatbare snelheid van 1,5 m/s) volgt bijv. voor een leiding met een doorsnede van 1 m een energie-aandeel in de totale kosten van $\pm 5\%$.

In onze eindrapportage op het RID zijn we nader ingegaan op het probleem van de transportkosten met name bij een oplopend debiet. De dimensionering van een transportleiding bij een gegeven debiet houdt een afweging van de materiaal- en legkosten tegen de energiekosten in.

Immers, voor een bepaalde te transporteren hoeveelheid water zullen bij toenemende diameter van de leiding de investeringen in materiaal en de installatiekosten toenemen, waartegenover een afnemend bedrag aan energiekosten staat. Verder speelt ook hier de vraag naar de grootte van de te installeren overcapaciteit.

De economische achtergronden

Vooraf willen we nogmaals stellen dat de ontwikkeling van het optimaliseringsmodel centraal heeft gestaan, zonder in eerste instantie veel aandacht te schenken aan de input-gegevens. Bij het operationeel worden van het model zal een nadere studie

m.b.t. de gehanteerde afschrijvingstermijn, rentevoet en verdere kostencijfers nodig zijn. Hierbij zal zeker meer aandacht moeten worden geschonken aan de te verwachten inflatoire prijsstijgingen van de investeringsgoederen. In dit licht bezien zijn de opmerkingen van Achttienribbe en Haijkens m.b.t. rentevoet, inflatie en kalkulatieperiode een welkome aanvulling op ons artikel.

Bovengenoemde auteurs stellen echter een methode voor ontdaan van inflatoire elementen. In tegenstelling hiermede stellen



DRS. M. BEVERWIJK
DSM, Heerlen



IR. M. SMEETS
Nederlandse
Spoorwegen, Utrecht

zij dat een uitzondering moet worden gemaakt voor die gevallen waarin men verwacht dat de werkelijke prijzen uitgaan boven de door de inflatie veroorzaakte prijsstijging. Het meerdere zal dan in de investeringsbedragen moeten worden opgenomen. Om dit te kunnen beoordelen moet men dus rekening houden met de grootte van de inflatie.

In ons artikel hadden wij dit ingebouwd door de variabele β te hanteren.

β geeft aan in welke mate het investeringsgoed *relatief* in prijs gestegen is t.o.v. het beslissingsmoment. Met *relatief* hebben wij bedoeld de werkelijke prijsstijgingen ontdaan van inflatoire invloeden. Dit punt is in ons artikel slecht uit de verf gekomen. Tevens zijn wij nu ook van mening dat een disconteringsvoet van 8 % aan de hoge kant is.

In het getallenvoorbeeld hebben Achttienribbe en Haijkens duidelijk willen maken dat de twee methodes tot een verschillend resultaat leiden. Beter was ons inziens geweest, de invloed van een verkorting van de levensduur van de tweede fase te isoleren van de invloed van de berekeningsmethode.

Indien we in het getallenvoorbeeld van Achttienribbe en Haijkens de levensduur van de tweede fase gelijkmaken aan die van de eerste fase zal de uniteit over twee fasen lager zijn dan de uniteit die hoort bij een fasering ineens. Dit zou betekenen dat bij de twee verschillende methodes, zowel bij die van Achttienribbe en Haijkens als

die van ons, het bouwen in 2 fasen goedkoper is. Daarnaast is het ook nog van belang met welke van de twee methodes de restwaarde van de tweede fase is berekend. Bij methode b wordt de restwaarde groter dan bij methode a. Dit betekent dat de uniteit over 2 fasen bij toepassing van methode b lager is dan dezelfde uniteit bij methode a. Het bouwen in 2 fasen wordt nog voordeliger. In het voorbeeld in ons artikel hebben wij de levensduren van de verschillende fasen aan elkaar gelijk gehouden. Het zal duidelijk zijn dat dit per geval bekeken zal moeten worden. Achttienribbe en Haijkens stellen terecht dat dan ook rekening zal moeten worden gehouden met het feit, dat de levensduren van de verschillende activa verschillen. Een verhandeling over deze problematiek is te vinden in het eerder aangehaalde VEWIN-rapport.

