

De invloed van het ontwerp op de kostprijs*)

1. Inleiding

In het kader van deze vakantiecursus dient thans het kostenaspect aan een onderzoek te worden onderworpen. In eerste instantie leek het hierbij aantrekkelijk om te zoeken naar — liefst eenvoudige — verbanden tussen de absolute kosten van een zuiveringsinstallatie of onderdeel daarvan en bijvoorbeeld het zuiveringssysteem, de ruwwaterkwaliteit of het leveringsvermogen van het bedrijf. Het resultaat stelde teleur; het aantal variabelen was te groot en het aantal gegevens te klein. Als belangrijkste van invloed zijnde variabelen kunnen worden genoemd:

1. De kwaliteit van het ruwe water en de daarbij behorende zuiveringsystemen;
2. De plaatselijke situatie en de mogelijkheden van aan- en afvoer;
3. De persoonlijke inzichten in het te volgen systeem van zuivering;
4. De eisen van veiligheid ten aanzien van het leveringsvermogen;
5. De toelaatbaar geachte snelheden in het zuiveringsproces.

In de onderstaande behandeling van prijzen en kosten zal derhalve meer gestreefd worden naar het aangeven van trends dan naar absolute juistheid van cijfers.

Teneinde te kunnen nagaan waaraan uit kostenoverwegingen de meeste aandacht geschonken moet worden is het nuttig een nadere beschouwing te wijden aan de opbouw van de kostprijs van de waterzuivering.

Kan worden uitgegaan van een schoon grondwater dan blijkt de kostprijs van de zuivering voor het overgrote deel te worden bepaald door de kapitaalskosten en de energiekosten.

De behandelingskosten maken er slechts een gering deel van uit.

Interessanter is het dan ook om te zien hoe dit ligt, indien vervuild oppervlaktewater het uitgangspunt is. Als voorbeeld volgt hieronder een analyse van de kostprijs van de zuivering op het Berenplaatbedrijf van de Rotterdamse Drinkwaterleiding. De gegevens zijn in centen per m³ op basis van uitkomsten van 1969.

*) Laatste voordracht in de 22e Vakantiecursus Drinkwatervoorziening „Het ontwerpen van zuiveringsinstallaties” welke op 15 en 16 januari 1970 in Delft werd gehouden.

A. Variabele kosten

I. energie		
brandstof	1,3	
bediening en onderh.	0,7	
		2,0
II. zuivering		
chemicaliën:		
act. kool	2,6	
ijzer (3+)	0,2	
chloor	0,6	
kalk	0,25	
coag. hulpm.	0,15	
		3,8
bediening en onderh.		0,5
III. huisvesting		
kantoren, magazijnen, terreinen, wegen enz.		0,5
IV. diversen		0,2
		—
	Totaal	7,0

B. Vaste kosten

kapitaalskosten, bij vol belast bedrijf 10,0 ct/m³.

De beïnvloeding van de kostprijs van de zuivering kan uiteraard het meest succesvol plaatsvinden op die onderdelen, die de grootste bijdrage aan deze kostprijs leveren. Dit blijken zeer duidelijk de kapitaalskosten te zijn. Hierop zal dan ook in eerste instantie de aandacht zijn gericht. En wel op de bouwkosten van zuiveringsbedrijven in het algemeen en de invloed van de bedrijfsgrootte op deze bouwkosten. Zowel van grondwaterbedrijven als van oppervlaktewaterbedrijven. Wat deze laatste betreft aan de hand van gegevens uit Nederland en uit de Verenigde Staten van bedrijven die in de laatste tijd zijn gebouwd en waarvan de bouwkosten dus nog goed vergelijkbaar waren of te maken waren. Een soortgelijk onderzoek is ingesteld ten aanzien van aanlegkosten van spaarbekkens in Nederland. Ook hier zal de relatie worden gelegd tussen aanlegkosten en eenheidsgrootte. Vervolgens zullen de kosten van enkele onderdelen van de zuiveringsinstallaties nader worden beschouwd, nl. de kosten van snelfilterinstallaties, de kosten van de reinwaterberging, het systeem van energieopwekking en de automatisering.

Tenslotte zal nog aandacht worden geschonken aan de invloed van het systeem van afschrijving op de kostprijs.

2. De bouwkosten van waterzuiveringsinstallaties en de invloed van de bedrijfsgrootte

Teneinde na te gaan welke invloed de bedrijfsgrootte op de bouwkosten heeft zijn van een zestal Nederlandse recent gebouwde zuiveringsbedrijven de bouwkosten vergeleken. Te weten van de oppervlaktewaterbedrijven Baanhoek (Dordrecht), Andijk (PWN) en Berenplaat (Rotterdam) en van de grondwaterbedrijven Huybergen (Zeeland), Bergambacht (Gouda) en Leiduin II (Amsterdam).

Bovendien zijn vijf Amerikaanse oppervlaktewaterbedrijven mee in beschouwing genomen, nl. van Washington Suburban (95 x 10⁶ m³/j), Dallas (100 x 10⁶), Philadelphia (400 x 10⁶), Metropolitan Water District of Southern California (780 x 10⁶) en Chicago (1300 x 10⁶). De bouwkosten zijn via een kleine enquête door de bedrijven zelf opgegeven. Zo zorgvuldig mogelijk is daarna afgewogen wat in de verschillende gevallen wel en wat niet was meegerekend. Via het toerekenen, eventueel aftrekken van door auteur zelf geschatte kosten van bepaalde bedrijfsonderdelen zijn de bedrijven zo goed mogelijk vergelijkbaar gemaakt. Het gevaar is immers zeer groot, dat bepaalde onderdelen bij het ene bedrijf wel en bij het andere niet meegerekend worden of dat door verschillende inzichten niet onaanzienlijke verschillen in snelheid (en dus in leveringsvermogen) in vergelijkbare situaties worden toegelaten. Al deze zaken zijn er zo goed mogelijk uit weg gerekend waardoor verschillende bedrijven uit de aard der zaak nogal gingen afwijken van hun werkelijke verschijningsvorm. Bij dit „vergelijkbaar rekenen” zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

1. De waterwinning behoort tot het bedrijf.

Voor een oppervlaktewaterbedrijf betekent dit dus, dat het inlaatpompstation, dat het ruwe water uit de rivier pompt, meegerekend is. Aan die bedrijven, die met een eenvoudig inlaatwerk als prise d'eau kunnen volstaan is een bijbehorend pompstation toege-

rekend. Bij de grondwaterbedrijven zijn de putten en de leidingen van de putten naar het bedrijf meegerekend.

2. Er is vanuit gegaan, dat bij een oppervlaktewater verwerkend bedrijf een kalamiteitsbekken behoort. Onder een kalamiteitsbekken wordt een bekken verstaan, dat bij of in de naaste omgeving van het zuiveringsbedrijf ligt en een zodanige inhoud heeft dat het gedurende ca. 3 weken in de ruwwaterbehoefte van het zuiveringsbedrijf kan voorzien. Het dient om kalamiteit in de aanvoer te overbruggen, bv. ernstige olieverontreiniging op de rivier; (de endosulfanaffaire) of ernstige storing in de aanvoerleidingen. Was een dergelijk bekken bij een bepaald bedrijf niet aanwezig, dan is het toegerekend.

3. Voor de zuivering van het oppervlaktewater is uitgegaan van een systeem, dat in hoofdzaak bestaat uit desinfectie en oxidatie (met breekpuntchloring), coagulatie, sedimentatie, filtratie, smaakcorrectie en pH correctie. Derhalve is niet gerekend met ozonbehandeling en/of actieve koolfiltratie.

4. T.a.v. sedimentatie en filtratie is gewerkt met klassieke snelheden, d.w.z. een oppervlaktebelasting van ca. 1 m per uur voor bezinking in horizontaal doorstromende bekkens, 3 à 4 m/h bij upflow sedimentatie en 7 m/h voor de snelfilters. Op grond van deze snelheden zijn de leveringsvermogens van de verschillende bedrijven vastgesteld.

5. Bij de grondwaterbedrijven is gerekend met een dubbele filtratie. Dit beperkt uiteraard wel de gegevens, maar goede vergelijkbaarheid moet als eerste vereiste gelden.

6. Het distributiepompstation behoort niet tot het zuiveringsbedrijf. Een situatie dus zoals bv. te Leiduin. Wel tot het bedrijf behorend is het pompstation dat het water naar het distributiepompstation (resp. de reinwaterreservoirs) transporteert. Dit met bijbehorende bufferkelder, omdat zonder deze niet goed gewerkt kan worden.

7. Bij het zuiveringsbedrijf bevinden zich geen reinwaterkelders. Deze situatie, die overigens in de meeste gevallen ook concreet is, is een logisch gevolg van uitgangspunt 6.

8. Ten aanzien van de grootte van het bedrijf is gewerkt met het leveringsvermogen per jaar en een verhouding tussen levering op maximum dag

en gemiddelde dag van 1,4, een klassieke piekfactor, behorend bij een bedrijf met dagreservoirs.

In Amerikaanse en Engelse literatuur wordt overwegend het maximale leveringsvermogen per uur aangegeven. Men neemt hiervoor dan meestal het totale filteroppervlak maal de maximaal toegelaten filtersnelheid. In het algemeen is dit een eenduidiger grootte dan het leveringsvermogen per jaar aangezien hierbij de piekfactor een belangrijke rol speelt. In ons geval leidde het werken met het dagleveringsvermogen echter tot moeilijker hanteerbare cijfers, zodat toch is gewerkt met jaarcijfers zij het dan met een gefixeerde piekfactor voor alle bedrijven.

9. Alle bouwkosten zijn gebaseerd op het prijsniveau van 1968. De bouwkosten van eerder gereed gekomen bedrijven zijn naar 1968 gerekend met een aangenomen jaarlijkse stijging van de bouwkosten van 3½%. Aangezien dit echter enigermate arbitrair is zijn slechts die bedrijven in de beschouwing opgenomen, die omstreeks die tijd zijn gereedgekomen.

10. De grondaankoop en e.v. pachtvrijmaking maken een onderdeel van de bouwkosten uit.

11. De bouwrente is in de bouwkosten meegerekend. Soms wordt deze daarvan apart gehouden, met name bij gemeentelijke bedrijven waar de bouwrente vaak automatisch jaarlijks aan het aangevraagde bouwkrediet wordt toegevoegd. Bij NV's geschiedt dit uiteraard nooit. Bij de huidige hoge rentevoet kan de bouwrente een aanmerkelijk deel van de bouwkosten uitmaken (bij bouw tijden van 3 à 4 jaar ca. 12% tot 15%). Uniforme behandeling is derhalve noodzakelijk.

12. Ter bepaling van de bouwkosten van de bedrijven in de USA is de koers van de dollar gesteld op f 3,60.

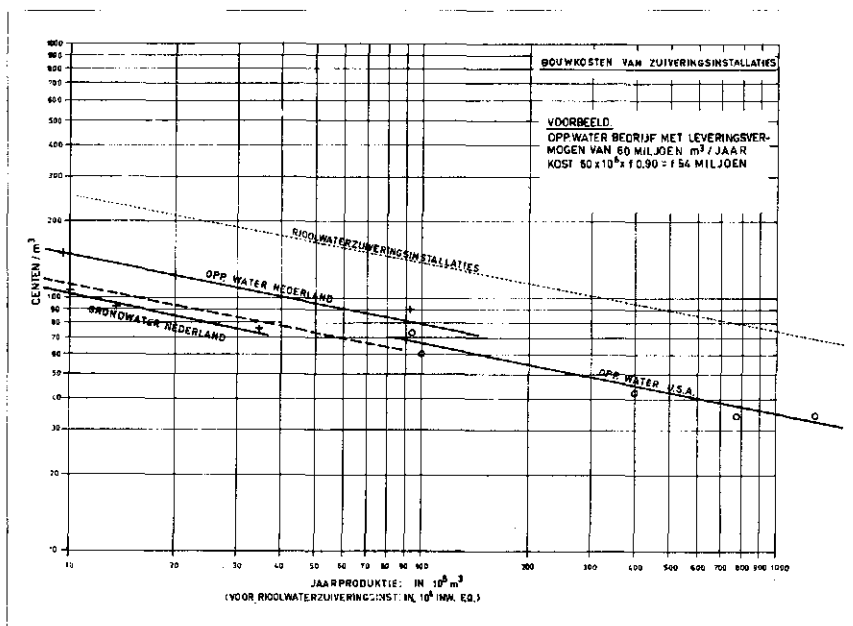
Vanuit deze uitgangspunten zijn de bouwkosten en het leveringsvermogen van de eerder genoemde bedrijven berekend. Dit geeft nog wel de nodige problemen. Andijk is bijvoorbeeld een bedrijf, dat in twee fasen zal worden gebouwd. De eerste fase is thans gereed. Hierin zijn echter reeds gedeelten in de eindfase gebouwd. Het in rekening brengen van de huidige bouwkosten en het huidige productievermogen zou derhalve tot te hoge eenheidskosten leiden. Daarom is hier gewerkt met het uiteindelijke leveringsvermogen en zijn bij de huidige

bouwkosten de geschatte kosten opgeteld die nog moeten worden gemaakt om dit eindleveringsvermogen te bereiken. Zo heeft elk bedrijf zijn eigen problematiek meegebracht. De diverse projecten zijn uiteindelijk zo goed mogelijk vergelijkbaar gemaakt. De resultaten zijn dubbellogaritmisch uitgezet en weergegeven in afb. 1. Horizontaal is de jaarproductie uitgezet in miljoen m³ en op de verticale as de relatieve bouwkosten in centen per m³. Teneinde de absolute bouwkosten te krijgen moeten deze bedragen dus vermenigvuldigd worden met de bijbehorende m³ leveringsvermogen per jaar.

De drie beschouwde Nederlandse oppervlaktewaterbedrijven zijn met kruisjes aangegevens. De hierdoor getrokken lijn lijkt mij willekeurig. De juistheid van de richting van de lijn wordt echter veel plausibeler, indien eerst eens naar de andere bedrijven wordt gekeken. Zo zijn de vijf verwerkte Amerikaanse oppervlaktewaterbedrijven met een kringetje aangegevens. Hierdoor is gemakkelijk een lijn te trekken. De drie hieronder liggende bedrijven zijn in gebieden met mild tot warm klimaat gelegen en zijn dan ook praktisch geheel in de openlucht gebouwd. Dit in tegenstelling tot de bedrijven, die net boven de lijn liggen en geheel of voor het grootste deel overdekt zijn. Heel duidelijk is ook de situatie bij de beschouwde drie Nederlandse grondwaterbedrijven, die met een ster zijn aangegevens. Deze liggen praktisch op één lijn, die zo goed als evenwijdig blijkt te lopen aan de Amerikaanse lijn.

Tenslotte is in afb. 1 nog door middel van een stippellijn aangegevens de bouwkosten van traditionele rioolwaterzuiveringsinstallaties, zoals deze zijn gevolgd uit een onderzoek van ir. J. Zeper. Voor dit geval zijn op de horizontale as echter niet de jaarproducties uitgezet, maar het aantal inwoner-equivalenten, dat door de verschillende installaties wordt behandeld en dat als zodanig eenzelfde maat voor de bedrijfsgrootte is als de jaarproductie voor de drinkwaterbedrijven. De absolute hoogte van deze lijn mag derhalve niet vergeleken worden met die van de drinkwaterbedrijven. Wel echter de helling, daar beide soorten bedrijven zeer sterke verwantschappen in de bouw hebben. Het blijkt nu, dat deze lijn weer evenwijdig loopt aan de gevonden lijnen van de waterleidingbedrijven.

De trend, die bouwkosten vertonen bij stijgende bedrijfsgrootte, ligt nu wel



Afb. 1

duidelijk vast en de richting van de bouwkosten van de beschouwde oppervlaktewaterbedrijven is derhalve in het geheel niet zo willekeurig als deze oorspronkelijk geleek.

Uit afb. 1 kunnen nu een aantal conclusies worden getrokken.

1. Stijging van de bedrijfs grootte geeft een duidelijke daling van de relatieve bouwkosten. Bij verdubbeling van de grootte van de bedrijfs eenheid bedraagt deze 17%. Vertienvoudiging van de bedrijfs grootte doet de relatieve bouwkosten tot op de helft teruglopen. Zeer duidelijk volgt hieruit het voordeel om althans oppervlaktewaterbedrijven als zo groot mogelijke eenheden te bouwen. Het tegenargument, dat de winst weer verloren zal gaan door de grotere transportkosten naar de verbruikscentra gaat niet op, aangezien in Nederland al snel de situatie gaat ontstaan, dat er nog maar een beperkt aantal plaatsen is, waar het ruwe oppervlaktewater ter beschikking staat, nl. daar waar de spaarbekkens zijn gesitueerd.

Bij de zuivere grondwaterbedrijven ligt dit uiteraard geheel anders. Hier wordt de bedrijfs grootte gelimiteerd door de grondwaterbalans.

Voor de zuiveringsbedrijven, die gefiltreerd grondwater zullen gaan verwerken, geldt hetzelfde als voor de oppervlaktewaterbedrijven. Ook hier zal het (zo nodig in fasen) bouwen van geconcentreerde, zo groot mogelijke zuiveringsbedrijven tot aanzienlijke besparingen leiden.

2. In Nederland zijn drinkwaterproductiebedrijven, die van grondwa-

ter kunnen uitgaan, thans ongeveer 30% goedkoper dan bedrijven, die oppervlaktewater moeten gebruiken. Dit geldt uiteraard voor de huidige procesvoering. Wanneer blijkt, dat het oppervlaktewater zodanig is (of wordt), dat het zuiveringsproces verder moet worden uitgebreid zullen de bouwkosten verder uit elkaar gaan lopen.

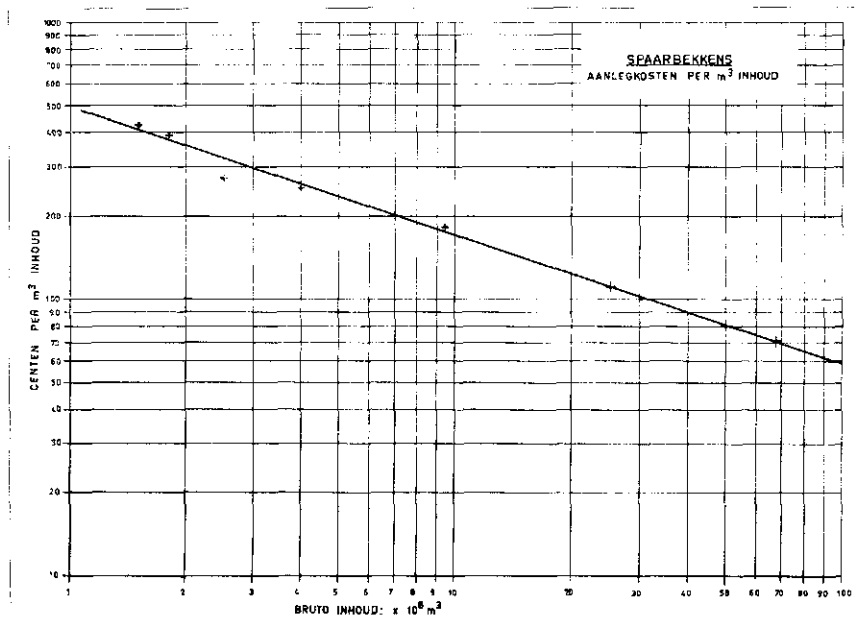
3. In de USA worden de oppervlaktewaterbedrijven ca. 15% goedkoper gebouwd dan in Nederland. In werkelijkheid kan dit nog wel meer zijn, aangezien bij de berekeningen voor de waarde van de dollar de officiële wisselkoers van f 3,60 is aangenomen, hetgeen waarschijnlijk te hoog is als wordt uitgegaan van het gemiddelde prijzniveau in beide landen. Dit wordt veroorzaakt door het feit, dat de Amerikaanse bedrijven over het algemeen iets rationeler en compacter worden gebouwd dan de Nederlandse. Door overname van deze bouwmethoden moet een besparing van 10% op de Nederlandse zuiveringsbedrijven zeker mogelijk geacht worden.

Naast de in punt 1 van de conclusie aangegeven relatieve bouwkostenbesparing door concentratie en daardoor vergroting van de zuiveringsbedrijven en naast de in punt 3 aangegeven absolute bouwkostenbesparing door de wijze van bouw is er nog een belangrijke besparing mogelijk in de absolute bouwkosten, althans zeker in die van oppervlaktewaterbedrijven en wel door betere optimalisering van de zuiveringsprocessen en door vergroting van de processnelheden.

Deze optimalisering kan worden verkregen door het zuiveringsproces als één geheel te beschouwen, waarvan het eindresultaat aan de gestelde eisen moet voldoen en niet als een aantal processen achtereen, die elk een maximaal resultaat moeten hebben. Zo is het bijvoorbeeld niet nodig om uit een sedimentatie-inrichting door middel van een lage oppervlaktebelasting een effluent te verkrijgen met een uiterst laag ijzer-(of aluminium)gehalte, aangezien na deze sedimentatiefase een snelfiltratiefase toch niet ontbeerd kan worden. Zorg er dan voor, dat deze snelfiltratie zijn gedeelte van het werk doet. In dit geval moet gezocht worden naar de meest economische combinatie van beide processen. Dit zal een combinatie zijn, waarbij de snelheden in beide processen optimaal zijn. Op dit punt zijn nog belangrijke besparingen mogelijk door een afgevoegen en zorgvuldig bestudeerd ontwerp. Zo zullen bijvoorbeeld de klassieke snelheden in snelfilterinstallaties, zijnde 5 à 7 m per uur, verdubbeld kunnen worden bij een zorgvuldige, veelal meerlaagse bedoppbouw. Nagegaan is wat dit financieel voor de snelfilterinstallatie van de Berenplaat zou betekenen. Dit procesgedeelte heeft 7,2 miljoen gulden gekost, geheel compleet, dus inclusief gebouw, inrichting van het gebouw en snelfilterinstallatie. (Dit is f 3.750,— per m² zandbedoppervlakte).

Verdubbeling van de filtratiesnelheid zou betekenen, dat het zandbedoppervlak tot de helft kon worden vermindert. De rest van het gebouw blijft praktisch gelijk. De totale kosten zouden in dit geval tot 5,0 miljoen gulden teruglopen. (Dit is nu f 5.200,— per m² bedoppervlakte). Ten opzichte van de oorspronkelijke kosten dus een verlaging van 30%.

In andere procesonderdelen zullen door toelaatbare snelheidsverhogingen bij geavanceerd ontwerp dergelijke besparingen zijn aan te brengen. Echter niet in alle delen. Auteur meent echter aan de veilige kant te zijn als hij de op deze wijze te verkrijgen „over all” besparing voor het gehele zuiveringsbedrijf op de helft van de gevonden 30% stelt, derhalve op 15%. Dit opgeteld bij de in punt 3 reeds gevonden 10% geeft een totaal mogelijke besparing, althans voor oppervlaktewaterbedrijven, van 25% op de absolute bouwkosten. Deze komen dan op het in afb. 1 met een gestreepte lijn aangegeven niveau. Het moet mogelijk zijn nieuwe instal-



Afb. 2

laties in Nederland bij de aangenomen uitgangspunten volgens deze kostenlijn te bouwen.

3. De bouwkosten van spaarbekkens

Op dezelfde wijze als is geschied voor de zuiveringsbedrijven zullen de bouwkosten van een aantal in Nederland gebouwde of ontworpen spaarbekkens worden beschouwd en zal worden bepaald wat de invloed van de grootte van het bekken op de relatieve bouwkosten is. De kosten van de bekkens moeten weer vergelijkbaar worden gerekend onder aanname van de onderstaande uitgangspunten, respectievelijk beperkingen.

- Alleen de kosten van de bekkens „sec” worden berekend. In- en uitlaatwerken worden dus niet meegerekend. Wel de wegen op de dijken, de taludbekleding, de landschappelijke verzorging en een eventuele aanlegplaats bij het bekken als dit rondom in het water ligt, zoals bijvoorbeeld de Biesbosch bekkens.
- De voor de dijksopbouw benodigde specie kan direct aan het bekken zelf worden onttrokken.
- De eventuele afvoer van overtollige grond uit het bekken brengt geen extra kosten met zich mee. Aangenomen is hierbij, dat de kosten van het opgraven en afvoeren van deze specie worden gecompenseerd door de waarde ervan.
- De kosten, die vooral bij diepe bekkens nodig zijn ter verzekering van de stabiliteit van de taluds bij zakkend water, zijn meegerekend.

e. De eventuele maatregelen, die genomen moeten worden om de waterdichtheid te verzekeren, zijn meegerekend.

f. De werken die in diepe bekkens moeten worden uitgevoerd ter voorkoming van stratificatie (rondpompinstallaties of luchtbelschermen) zijn meegerekend.

g. Kosten voor grondaankoop en pachtvrijmaking zijn in rekening gebracht.

h. De bouwkosten zijn gerekend inclusief de bouwrente.

i. Alle bouwkosten zijn contant gemaakt tegen 1968/1969, waarbij gerekend is met een plaatsgevonden hebbende jaarlijkse bouwkostenstijging van $3\frac{1}{2}\%$.

Vanuit deze uitgangspunten zijn de aanlegkosten van een aantal bekkens in Nederland vergeleken, te weten het bekken „Grote Rug” te Dordrecht, het bekken Andijk, het bekken I en de bekkens II en III in de Braakman, het Berenplaatbekken en de bekkens in de Biesbosch. Bij deze laatste zijn van de twee grootste bekkens de geraamde aanlegkosten gerekend. Uit de aard der zaak moeten weer de toerekeningen en aftrekkingen worden toegepast om de projecten vergelijkbaar te maken. Zo heeft men bijvoorbeeld te Andijk slechts aan één kant een dijk behoeven aan te leggen, omdat aan de andere zijde al een dijk aanwezig was. De aanlegkosten van deze laatste dijk zijn nu aan het bekken toegerekend. De bekkens II en III

in de Braakman zijn als één bekken gerekend. De aanlegkosten van de tussendijk behoeft hierbij niet afgetrokken te worden, omdat deze dijk in de plaats komt van een stuk dijk van ongeveer gelijke lengte in bekken II, dat al aanwezig was als onderdeel van het eerder gebouwde bekken I. Zo hebben meerdere verrekningen plaats gevonden. De aldus ontstane aanlegkosten zijn daarna op diverse wijzen beschouwd, nl. in vergelijking tot de bekkens oppervlakte, tot de nuttige bekkeninhoud en tot de absolute bekkeninhoud. Er bleek hierbij een duidelijke correlatie te ontstaan tussen de absolute bekkeninhoud en de aanlegkosten per m³ bekkeninhoud. Dubbellogaritmisch uitgezet is deze correlatie rechtlijnig. Afb. 2 geeft het beeld. Opvallend zijn vooral twee zaken.

a. De bekkendiepte speelt bij de aangenomen uitgangspunten nauwelijks een rol. Toch loopt deze diepte bij de diverse bekkens nogal uiteen. De Biesboschbekkens zijn ca. 19 m diep, de bekkens in Zeeuws-Vlaanderen zijn 10 m diep, het Berenplaatbekken heeft een waterdiepte van $6\frac{1}{2}$ m en de bekkens te Dordrecht en Andijk zijn nog ondieper. Voor een ondiep bekken moet meer grond worden aangekocht dan voor een diep bekken met dezelfde inhoud en de dijk lengte is langer. De hogere kosten, die dit met zich brengt, blijken echter praktisch weg te vallen tegen de extra kosten die in diepe bekkens moeten worden gemaakt voor waterdichtheid, moeilijker taludbescherming, stabiliteit van de taluds en voor het opheffen van stratificatie.

b. De scherpe relatieve kostendaling bij het groter worden van de bekkens. Bij verdubbeling van de bekkeninhoud nemen de relatieve aanlegkosten af met ca. 28%. Bij vertienvoudiging van de inhoud lopen de aanlegkosten per m³ inhoud tot ongeveer $\frac{1}{3}$ terug.

De conclusie kan getrokken worden, dat uit kostenoverwegingen naar zo groot mogelijke spaarbekkens qua absolute inhoud moet worden gestreefd, waarbij de diepte geen overheersende rol speelt. (Uit planologische en limnologische overwegingen zal echter vaak de voorkeur aan diepe bekkens worden gegeven).

4. De bouwkosten van reinwaterreservoirs

Gezien de aandacht, die door eerdere

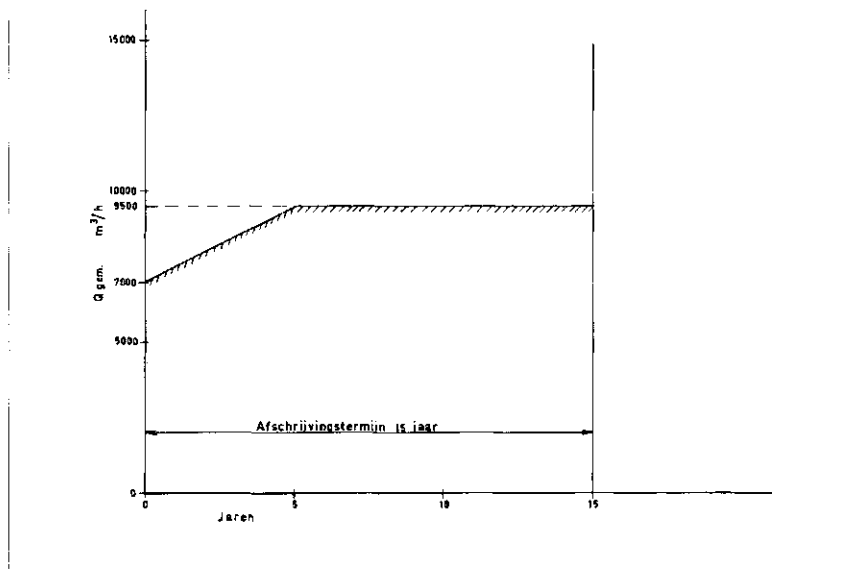
sprekers reeds aan dit onderwerp is gewijd, kan hier volstaan worden met enkele opmerkingen.

a. Er wordt regelmatig discussie gevoerd over het al of niet goedkoper zijn van stalen reinwaterreservoirs ten opzichte van uitvoering in beton. Volgens auteur ter beschikking staande gegevens winnen thans de stalen reservoirs, indien bij ontwerp en bouw voldoende gebruik wordt gemaakt van de ervaringen, die vooral door de olie-industrie op dit gebied zijn opgedaan. Grote stalen reservoirs (15.000 à 20.000 m³ en groter) moeten te bouwen zijn voor circa f 70,— à f 75,— per m³ nuttige inhoud, terwijl deze in beton moeilijk beneden de f 90,— per m³ nuttige inhoud zijn te krijgen (inclusief de fundering).

b. Bij de beantwoording van de vraag of zgn. dagreservoirs danwel weekreservoirs bij een zuiveringsbedrijf zullen worden gebouwd, spelen de bouwkosten van dit zuiveringsbedrijf een belangrijke rol. Bij dagreservoirs zal het zuiveringsbedrijf aan de gemiddelde vraag op de maximum dag moeten kunnen voldoen. Deze bedraagt veelal circa 1,4 maal de vraag op de gemiddelde dag. Bij toepassing van weekreservoirs, die volgens de berekeningen van ir. K. D. Venhuizen circa twee maal zo groot moeten zijn als dagreservoirs, behoeft het zuiveringsbedrijf maar 1,2 maal de vraag op de gemiddelde dag te kunnen leveren. In dit laatste geval kan het zuiveringsbedrijf derhalve circa 14 % kleiner zijn dan in het eerste. Deze lagere bouwkosten staan tegenover de hogere kosten van de 2 maal zo grote reinwaterreservoirs. Er mag echter niet van worden uitgegaan, dat de bouwkostenverlaging van het zuiveringsbedrijf ook 14 % zullen bedragen. Volgens afb. 1 stijgen de relatieve bouwkosten bij 14 % verkleining van het bedrijf met ongeveer 4½ %. Deze relatieve bouwkostenverhoging mag niet worden verwaarloosd.

5. De invloed van de energievoorziening op de kosten

De optimale energievoorziening van een zuiveringsbedrijf is een veel besproken (en betwist) punt. De oplossingen lopen uiteen van geheel eigen voorziening tot volledige afhankelijkheid van het openbare net met grote of kleine noodstroomcentrale. Diverse tussenvormen zijn eveneens mogelijk. Teneinde de absolute waarde en de relatieve invloed van een en ander te



Afb. 3 - Prognose van het gemiddelde uurverbruik.

kunnen nagaan zijn in het onderstaande voorbeeld diverse vormen van energievoorziening in een middelgroot zuiveringsbedrijf doorgerekend. Het betreft een bedrijf voor chemische waterzuivering met een hoogste gemiddelde uurproductie van 9500 m³. De piekfactor bedraagt 1,4 zodat het gemiddelde netto productievermogen op de maximumdag 13.300 m³ per uur bedraagt. Bij het bedrijf behoren reinwaterreservoirs en een distributie-pompstation. De gemiddelde opvoerhoogte bedraagt 27 m en de maximale moment afname bedraagt 27.000 m³ per uur (280 % van de gemiddelde afname). Het bedrijf begint te draaien op een jaar gemiddelde van 7.000 m³/h en heeft na 5 jaar zijn maximum bereikt. Zie afb. 3. Voor de hoge druk pompen worden eenheden van gelijke grootte gekozen en wel van 4.500 m³/h bij de gestelde gemiddelde opvoerhoogte. Ze kunnen zijn aangedreven door elektromotoren of door dieselmotoren. In beide gevallen wordt er mee gerekend, dat op het moment van maximum afname (27.000 m³/h) nog één reserve eenheid aanwezig moet zijn, terwijl er in het geval van de dieselgedreven pompen bovendien op wordt gerekend dat er op dat moment één eenheid in onderhoud is. Bij elektrisch gedreven pompen komen we derhalve op 7 eenheden en bij het dieselpompstation op 8 eenheden. Bij het dieselpompstation is er op gerekend dat de warmte van het koelwater zo veel mogelijk wordt benut voor verwarming van het bedrijf.

Wordt het hogedruk pompstation elek-

trisch uitgevoerd, dan moet de volledige verwarming afzonderlijk plaats vinden. De ketels zijn in het hogedruk pompstation opgesteld. Het overige deel van het bedrijf zal geheel elektrisch worden gedreven. Het maximaal hiervoor benodigde vermogen bedraagt naar raming 3.600 kW en het gemiddelde vermogen 2.300 kW. Voorts zal er worden gerekend met een kleinste noodvermogen van 1.000 kW, zijnde het minimaal benodigde elektrisch vermogen om het zuiveringsbedrijf te laten draaien met een productie van 11.000 m³/h, de gemiddelde uurafname in de maximum maand. In dit geval is alles wat maar even gemist kan worden afgeschakeld. Ten aanzien van het hogedruk pompstation zijn drie systemen onderzocht:

1. alle pompen dieselgedreven;
2. 50 % diesel en 50 % elektrisch gedreven met noodstroomvoorziening;
3. alle pompen elektrisch gedreven, met noodstroomvoorziening.

Hierbij zijn voor de overige energievoorziening de volgende mogelijkheden:

1. uit het openbare net, met noodstroomvoorziening;
2. volledig eigen energievoorziening.

In de gevallen, dat er een noodstroomcentrale is geïnstalleerd zal deze tijdens de piekuren worden ingeschakeld teneinde een zo gunstig mogelijk elektriciteitscontract te verkrijgen. Wordt dit niet gedaan dan is deze opstelling zonder meer te duur.

TABEL I - Diverse mogelijkheden van energievoorziening

code	hd pompstation		elektriciteit uit openbaar net	eigen centrale	noodstroom centrale (piekuren centrale)
	diesel-pompen	pompen m. elek. mo. à 470 KW			
D - PC	8	—	ja	—	1000 KW
D - C	8	—	neen	3600 KW + reserve	—
DE - PC	4	4	ja	—	1000 KW + 2 x 470 KW
DE - C	4	4	neen	3600 KW + 3 x 470 KW	—
E - PC	—	7	ja	—	1000 KW + 6 x 470 KW
E - C	—	7	neen	3600 KW + 7 x 470 KW	—
E - PC'	—	7	ja	—	1000 KW + 4 x 470 KW

In tabel I is een overzicht gegeven van de combinaties die zijn doorgerekend. Combinatie D - PC heeft een hogedruk pompstation met 8 dieselgedreven pompen, betreft de overige energie uit het net en heeft een noodstroomcentrale, die in de piekuren wordt bijgeschakeld.

Combinatie D - C heeft eenzelfde hogedruk pompstation, doch een geheel eigen energievoorziening waarmee dus de top van 3.600 kW geleverd moet kunnen worden met daarop tenminste één generator eenheid reserve uit veiligheidsoverwegingen.

DE - PC heeft in het hogedruk pompstation 4 dieselgedreven en 4 elektrisch gedreven pompen, betreft de benodigde elektrische energie uit het net en heeft een noodstroomcentrale van 1.940 kW (1.000 kW voor het zuiveringsbedrijf en 2 x 470 kW voor 2 hogedrukpompen). Hierbij wordt er van uitgegaan, dat maximum momentafname van water kan samenvallen met uitvallen van het openbare net, doch dat dan alle dieselpompen kunnen draaien.

DE - C heeft een eigen centrale, waarin behalve het topvermogen dat het zuiveringsvermogen vraagt nog 3 x 470 kW voor de hd-pompen is geïnstalleerd. Hierin zit dan 470 kW reserve wat voor deze eigen centrale als een verantwoord minimum kan worden beschouwd.

Voor de combinatie E - PC en E - C gelden gelijke overwegingen als hierboven. De ingebouwde veiligheden zijn zoveel mogelijk gelijk gemaakt.

Tenslotte is nog de combinatie E - PC' beschouwd, die gelijk is aan E - PC, maar een kleinere noodstroomcentrale heeft.

De veiligheid is nu dan ook geringer geworden. Bij uitvallen van het net

tijdens maximum waterafname kunnen niet de benodigde 6 maar slechts 4 hd pompen op de noodcentrale worden genomen.

Drukvermindering zal dan het gevolg zijn. De kans hierop is echter uiterst gering te achten en met de 4 pompen waarvoor noodvermogen is opgesteld kan op een gemiddelde dag nog de maximum uurafname geleverd worden. Hoewel deze combinatie derhalve minder veilig is dan de vorige is het verantwoord te achten deze in de vergelijkende berekening op te nemen.

Voor de berekening der investeringen is er van uitgegaan, dat in het hd pompstation ook de (noodstroom) centrale is opgenomen, benevens de schakelwacht, de hoogspanningsruimten en de centraleverwarmingsinstallatie.

Voor elke combinatie zijn de volgende onderdelen afzonderlijk geraamd inclusief de montage: de pompmotoren elektrisch en diesel, de hogedrukpompen, de generatordiesels, de generatoren, de schakelvelden, de synchronisatie en regelapparatuur, de nettransformatoren, de algemene hulpinstallatie voor de dieselmotoren, de bouwkosten inclusief de inrichting van het gebouw.

De overige investeringen zijn voor alle combinaties ongeveer gelijk. Het betreffen in hoofdzaak de kosten van de hoogspanningsinstallatie exclusief de transformatoren, de laagspanningsverdeelinstallatie, de installatie van de schakelwacht en de centrale verwarmingsinstallatie.

Vanuit de geraamde investeringen is het vaste deel der exploitatiekosten berekend volgen het annuïteitensysteem met een rentevoet van 8 % en een afschrijving van de installatie in 15 jaar en van het gebouw in 40 jaar.

Het algemene onderhoud is eveneens bij deze kosten gerekend. Voor het variabele deel der exploitatiekosten is in rekening gebracht:

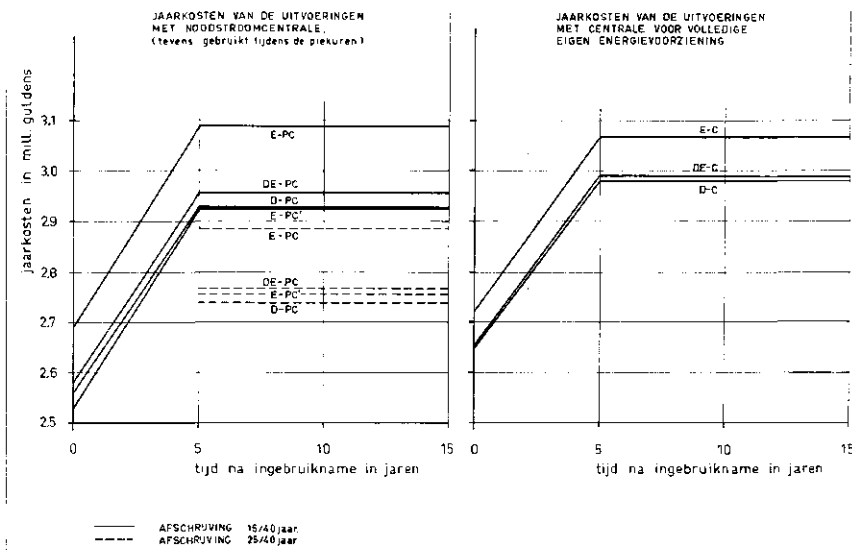
- gasolieverbruik à f 11,90 per 100 l;
- verbruik en verversen van smeerolie à f 1,— per l;
- onderhoud van de dieselmotoren;
- aankoop elektrische energie à f 0,05 per kWh;
- stookolieverbruik cv installatie à f 65,— per 1.000 kg.

Resultaten bij volbelast bedrijf.

In tabel II en in afb. 4 zijn de uitkomsten samengevat. De cijfers geven aanleiding tot een aantal opmerkingen.

- De kosten ontlopen elkaar niet bijzonder veel.
- Volledig eigen energie opwekking is iets duurder dan het geheel of gedeeltelijk afnemen van elektriciteit uit het net met installatie van een noodcentrale, die tijdens de piekuren wordt gebruikt.
- D - PC, goedkoopst, zeer veilig;
 - DE - PC, iets duurder, regeltechnische nadelen en iets minder veilig;
 - E - PC, duurst, even veilig als a;
 - E - PC', even goedkoop als a, minder veilig dan a doch wel acceptabel.
- Voor de definitieve oplossing zal een keuze moeten worden gemaakt tussen D - PC en E - PC'. Hierbij gelden de volgende overwegingen: D - PC is veiliger, maar geeft permanente luchtverontreiniging. De veiligheid van E - PC' is acceptabel, de installatie vraagt de geringste investeringen en is het eenvoudigst.
- Conclusie: combinatie E - PC' verdient de voorkeur.
- Verlenging van de periode van afschrijving van de installatie van 15 tot 25 jaar verandert het beeld niet.
- Een onderzoek naar de aanloopkosten geeft geen wijziging (zie afb. 4).

Ten aanzien van de gemaakte keuze kan tenslotte nog de volgende opmerking worden gemaakt. Combinatie D - PC en E - PC' lagen gelijk in kosten. Op grond van bijkomende argumenten kreeg E - PC' de voorkeur. De beste oplossing biedt echter D - PC waarbij een aantal motoren als zgn. dual-fuel motoren worden uitgevoerd en dus hoofdzakelijk op aardgas lopen waardoor het bezwaar van de luchtverontreiniging voor een belangrijk deel wegvalt. De oplossing is boven-



Afb. 4

dien de goedkoopste, mits de meest economische verdeling gemaakt wordt tussen het aantal dual-fuel motoren en het aantal normale dieselmotoren. Deze optimalisering is nodig omdat enerzijds de dual-fuel motoren belangrijk duurder zijn dan normale dieselmotoren terwijl anderzijds gas bij groot verbruik goedkoper is dan olie. De optimalisering kan plaatsvinden aan de hand van het dagpatroon van de waterafname.

Het is een omvangrijk werk om dit nauwkeurig te doen doch de berekening leent zich voor een computer bewerking.

6. De invloed van automatisering

De eerste vraag, die zich voordoet is in hoeverre door automatisering bespaard kan worden op de exploitatiekosten van een zuiveringsbedrijf. Het antwoord is drieledig.

a. Besparing op het chemicaliëngebruik. Een vaak beweerd voordeel van automatisering bij oppervlakte-

water bedrijven. Een nadere beschouwing van de in de inleiding gegeven opbouw van de chemicaliënkosten leert echter anders. De kosten van ijzer, chloor, kalk en coagulatie hulpmiddel zijn zo laag, dat hier niet veel op te verdienen valt. En de vaststelling van de hoeveelheid actieve kool (in poedervorm), die per liter water gedoseerd moet worden is dermate grof (en subjectief!) dat een verfijning van de dosering via een geautomatiseerd systeem weinig zin heeft.

b. Personeelsbesparing in de continu-dienst. Deze kan meer de moeite waard zijn. Per week zijn 4 ploegen nodig. Een besparing van één man per continu-ploeg betekent dus een besparing van 4 man, hetgeen inclusief lasten en toelagen ca. f 120.000,— per jaar uitmaakt. Op een klein bedrijf met een jaarlevering van 10 miljoen m³ betekent dit 1,2 cent/m³. Op een bedrijf als de Berenplaat (100 miljoen m³ per jaar) is het nog maar 0,12 ct/m³. Op zeer grote bedrijven zoals

in de USA voorkomen wordt het verwaarloosbaar, op de Centraal District Plant van Chicago zou het een besparing geven van 0,01 ct/m³. In de Verenigde Staten, waar het automatiseringsproces over het algemeen verder is voortgeschreden dan bij ons ziet men dan ook moderne kleine bedrijven die vergaand tot volledig zijn geautomatiseerd naast moderne zeer grote bedrijven met een bepaald niet lage personeelsbezetting.

c. Energiewinst. In een eenvoudig bedrijf kan de optimale bedrijfssituatie meestal gemakkelijk worden bepaald omdat het aantal alternatieven gering is. In een meer gecompliceerd bedrijf met diverse pompstations in serie, geheel of gedeeltelijke eigen energie opwekking, dieselmotoren, ge-centraliseerd verwarmingssysteem enz. is de optimale instelling van het bedrijf nauwelijks meer met de hand te bepalen. Hiervoor kan met succes een klein rekentuig worden toegepast waarin alle bedrijfsgegevens (Q-H krommen, waterniveau's enz.) zijn ondergebracht. Een energiewinst van 10 % - 20 % of soms nog meer is hiermee wel te behalen.

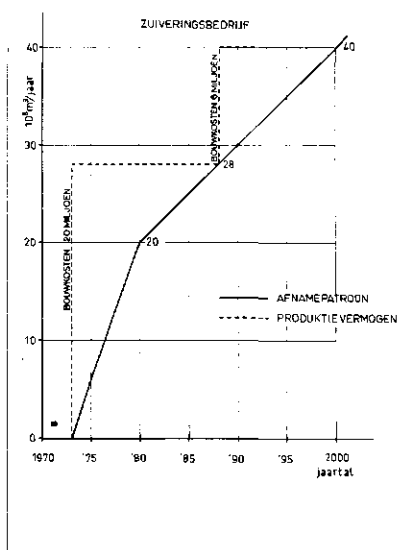
Hetzelfde rekentuig kan meestal ook nog worden gebruikt voor algemene bedrijfsgegevens verwerking.

De totale besparing die door automatisering uit a, b en c op de exploitatiekosten kan worden verkregen kan voor een flink bedrijf al gauw een ½ cent/m³ bedragen.

Weegt dit nu op tegen verhoging van de vaste kosten die de automatisering met zich meebrengt? Gaan we als voorbeeld uit van een zuiveringsbedrijf, dat per jaar 100 miljoen m³ water levert en nemen we aan dat de bovengenoemde ½ ct/m³ directe besparing kan worden verkregen, dan betekent dit f 500.000,— per jaar. Gesteld dat de onderhoudskosten van het gehele automatiseringssysteem f 100.000,— per jaar bedragen, dan

TABEL II - Samenvatting energiekosten (incl. hd pompstation)

Uitvoeringsvormen	D - PC	DE - PC	E - PC	E - PC'	D - C	DE - C	E - C
Totaal der investeringen	f 13.353.500	f 13.449.000	f 13.828.500	f 12.519.000	f 15.008.000	f 15.427.000	f 15.373.500
Exploitatiekosten per jaar bij volbelast bedrijf	f 2.929.600	f 2.956.918	f 3.088.045	f 2.928.857	f 2.979.073	f 2.988.813	f 3.064.487
Exploitatiekosten over de gehele afschrijvingstermijn	f 43.012.113	f 43.409.130	f 45.322.623	f 42.935.208	f 43.848.875	f 43.980.165	f 45.103.635
Exploitatiekosten bij volbelast bedrijf in centen/m ³ afschr. 15/40 jaar	variabele kosten 1,71 vaste kosten 1,82 totaal 3,53	1,73 1,83 3,56	1,85 1,87 3,72	1,83 1,70 3,53	1,53 2,05 3,58	1,56 2,04 3,60	1,50 2,10 3,60
afschr. 25/40 jaar	totaal 3,30	3,34	3,48	3,31			



Afb. 5

resteert een netto winst op de variabele kosten van f 400.000,— per jaar. Bij een rentevoet van 8 % en een afschrijvingstermijn van 15 jaar mag hier een investering tegenover staan van ca. 3,5 miljoen gulden. In het veronderstelde geval zullen de werkelijke kosten hier niet ver vandaan blijven. Belangrijk financieel voordeel valt er dus voor een bedrijf van behoorlijke grootte met vergaande automatisering nauwelijks te behalen.

Hiermee is echter niet het laatste woord gesproken. Veel belangrijker, dan het vaak niet sterk sprekende financiële voordeel van automatisering is de betere kwaliteitsbeheersing, die hiermee kan worden bereikt.

De zuiveringsprocessen worden steeds gecompliceerder, de snelheden in de verschillende zuiveringseenheden worden kritischer en we streven naar betere optimalisering van het bedrijf als geheel. Dit alles vraagt echter een steeds scherpere controle en een kritischer regeling. En juist op dit punt zal een geautomatiseerd proces duidelijk beter zijn dan een dat met de hand wordt bestuurd.

Teneinde een indruk te krijgen in de kosten van de diverse fasen van procesautomatisering is het onderstaande overzicht uitgewerkt. Gedacht moet hierbij worden aan een te doseren vloeistof — of gasstroom via een leiding met een diameter van ongeveer 50 mm in de hoofdstroom. Bij de prijsopstelling is er van uit gegaan, dat de hoeveelheidsmeting plaats vindt met een meetflens en de hoeveelheidsregeling met een regelafsluiter. Voor

montagekosten, bekabelingskosten en een evenredig deel van een centraal paneel is 50 % tot 100 % van de apparatuurkosten gerekend.

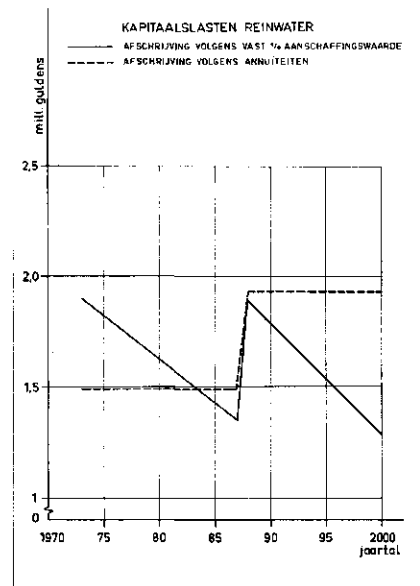
De eerder als belangrijk voordeel genoemde automatische kwaliteitscontrole treedt pas op bij fase 6. Onder de bovengenoemde uitgangspunten brengt dit dus een kosten met zich mee van ca. f 25.000,— per punt. Indien voor de hoeveelheidsmetingen weeginrichtingen, inductieve doorstromingsmeters of metingen met rekstrookjes moeten worden gebruikt dan wel indien correctie in de doseerstromen moeten plaatsvinden als gevolg van concentratiewijzigingen dan zal dit hogere tot veel hogere kosten dan in het overzicht staan met zich meebrengen.

7. Investerings en kostprijs

Na de voorafgaande beschouwingen is het tenslotte interessant om na te gaan wat de invloed is van gedane investeringen — bouwkosten — op de kostprijs van het afgeleverde water bij verschillende systemen van toerekening van de kapitaalslasten.

In afb. 5 is het verwachte afnamepatroon en het bijbehorende produktievermogen van een gefingeerd bedrijf gegeven.

In 1973 is de eerste fase van het be-

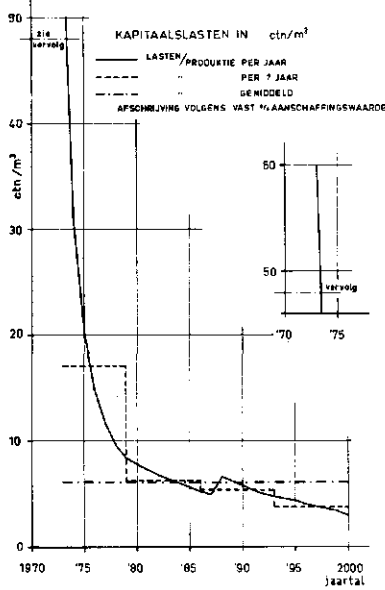


Afb. 6

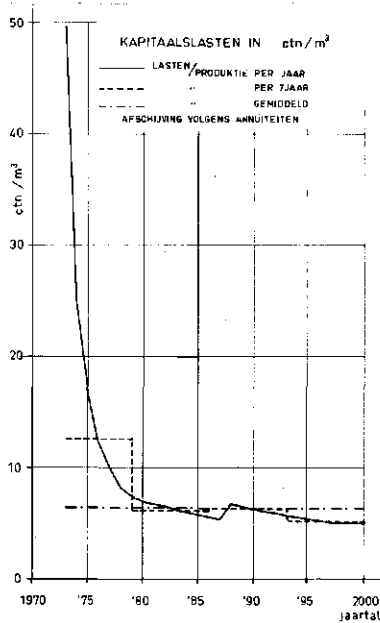
drijf gereed en vangt de levering aan. Het produktievermogen van de eerste fase bedraagt 28 miljoen m³ per jaar en de bouwkosten waren 20 miljoen gulden. In 1988 komt de tweede bouwphase gereed, die 6 miljoen gulden kost. Het leveringsvermogen neemt toe tot 40 miljoen m³ per jaar, welke hoeveelheid in 2000 wordt bereikt. Nemen we aan, dat de gemiddelde af-

TABEL III - Kostenvergelijking tussen diverse evolutiestadia der procesautomatisering

Fase	Bepaling van de hoeveelheid te doseren stof	Bediening doseertoestel	Bepaling hoeveelheid gedoseerde stof	Geaccumuleerde kosten
1	door de operator	ter plaatse met de hand	geen indicatie	
2	door de operator	ter plaatse met de hand	ter plaatse m.b.v. een meetflens met direct aanwijzend meetinstrument kosten ca. f 1.000,— + 50 %	f 1.500,—
3	door de operator op centraal paneel	ter plaatse met de hand	ter plaatse en op afstand op centraal paneel kosten ca. f 3.000,— + 100 %	f 7.500,—
4	door de operator op centraal paneel	met de hand op afstand en noodbediening ter plaatse kosten ca. f 2.500,— + 100 %	zie punt 3	f 12.500,—
5	de operator stelt gewenste gift in op een regeltoestel gift wordt in verhouding tot hoofdstroom geregeld correctie van de instelling door de operator aan de hand van waarneming kosten ca. f 1.700,— + 100 %		zie punt 3	f 15.900,—
6	de operator stelt vereiste kwaliteit in de gift wordt geregeld in verhouding met de hoofdstroom met correctie door kwaliteit kosten ca. f 6.000,— + 50 %		zie punt 3	f 24.900,—



Afb. 7a



Afb. 7b

schrijving van het bedrijf 3 % is en de rentevoet 6,5 %. De annuïteit bedraagt dan 7,43 %.

Beschouwd wordt de periode 1973-2000. In afb. 6 zijn kapitaalslasten van het bedrijf gegeven. De getrokken lijn geeft de jaarlijkse kapitaalskosten bij afschrijving volgens een vast % van de aanschaffingswaarde en de gestreepte lijn bij afschrijving volgens annuïteit. In afb. 7a zijn vervolgens de kapitaalslasten bij afschrijving volgens een vast percentage van de aanschaffingswaarde op verschillende manieren toegerekend aan de geproduceerde hoeveelheid water. Bij de getrokken lijn zijn jaar voor jaar de lasten toegerekend aan de in dat jaar geproduceerde hoeveelheid water. Uit financieringsoverwegingen is dit een zeer veilige methode, doch het leidt tot zeer hoge kostprijzen in de eerste 5 tot 7 jaar met een dalende tendens, die oorspronkelijk snel en daarna langzaam verloopt. De afnemers van de eerste jaren betalen voor de toekomstige afnemers, hetgeen uit billijkheidsoogpunt niet bevredigt.

Veel beter is in dit opzicht een geheel gelijkblijvend prijsverloop zoals gegeven door de streep-punt lijn. Hier zijn de totale kapitaalslasten over de beschouwde periode toegerekend aan de totale geproduceerde hoeveelheid water. Deze methode schept echter gedurende vrij lange tijd een financieringsprobleem aangezien bij een totaal gemiddelde prijs aanvankelijk aanzienlijk minder rente- en afschrijvingsinkomsten worden ontvangen dan moeten worden betaald.

In de latere jaren wordt dit weer goed gemaakt, mits de werkelijk afgeleverde hoeveelheid water de prognose-lijn blijft volgen. Blijft deze hierbij achter dan ontstaan er moeilijkheden. Deze methode draagt dan ook een vrij groot risico in zich.

Tussen de twee uitersten in kan gekozen worden voor een systeem waarbij de getotaliseerde kapitaalslasten van een aantal jaren, bijvoorbeeld 7 jaar, wordt toegerekend aan de verwachte totale wateraflevering in die periode. De resultaten van dit systeem zijn in afb. 7a aangegeven met een gestreepte lijn.

Enerzijds zijn de kostprijzen in de eerste jaren belangrijk minder hoog dan bij het eerst besproken systeem, anderzijds is hier steeds na elke periode een correctie mogelijk, indien de afgeleverde hoeveelheid water niet volgens de prognose is verlopen, waardoor het systeem belangrijk minder riskant is dan de tweede besproken methode. In afb. 7b zijn dezelfde rekenmethoden gevolgd, maar dan bij afschrijving volgens annuïteiten.

In afb. 8 zijn vervolgens voor de drie beschreven systemen de verschillen tussen de jaarlijks te betalen kapitaalskosten bij afschrijving volgens een vast % van de aanschaffingswaarde en de doorberekende kapitaalskosten af te lezen.

Zeër duidelijk is het langdurige en omvangrijke financieringsprobleem te zien bij het werken met het systeem van de over de volle periode gelijk blijvende kostprijs (streep-puntlijn t.o.v. getrokken lijn). Pas na 10 jaar,

in 1983, gaan de inkomsten de uitgaven overtreffen. Eenvoudiger ligt dit bij het systeem van de gelijkblijvende prijs over kortere perioden (streeplijn t.o.v. getrokken lijn).

8. Besluit

a. In de komende periode zijn er geen ingrijpende veranderingen in de systemen van waterzuivering te verwachten.

De zwarte doos, waarin iets heel bijzonders zit verborgen, dat nog niemand kent en dat ons bijzonder zal helpen, bestaat niet.

b. Door verdergaand gebruik van verontreinigd oppervlaktewater enerzijds en door verhoogde kwaliteitseisen anderzijds zal het aantal behandlungsstappen toenemen, hetgeen kostenverhogend zal werken.

c. Door echter niet langer intuïtief te ontwerpen, maar door diepere kennis van de technologie van de zuiveringsprocessen en door de daaruit voorkomende mogelijkheid tot optimalisering van de installaties in hun onderdelen en als totaliteit in zuiveringsbedrijven van adequate grootte kan nog belangrijke winst worden geboekt.

Hierdoor moet het mogelijk blijven te voldoen aan onze taak die reeds in de eerste les van deze vakantiecursus door de heer Van der Veen werd omschreven als:

„Het leveren van voldoende water van goede kwaliteit tegen een redelijke prijs”.

Afb. 8

