

Kostenaspecten

1. Inleiding

In het kader van deze vakantiecursus stel ik mij voor de bespreking van de kostenaspecten te beginnen met het aangeven van enige tendenzen van deze aspecten en deze nader te analyseren. Waar mogelijk zal ik proberen het verloop van deze tendenzen naar de nabije toekomst door te trekken.

Als tendenzen zou ik willen noemen, dat groter bouwen meestal goedkoper bouwen met zich brengt, dat een stijgende index voor de bouwkosten het toepassen van goedkope, energieverbruikende, systemen zal bevorderen en dat de huidige hoge rentevoet van grote invloed is op ons denkpatroon t.a.v. perioden van afschrijving en fasering van uitbreidingen.

Tenslotte zullen het kostenaspect van het afvalwater en de daarmee samenhangende vraagstukken — zoals het bouwen van centrale zuiveringsinstallaties en het lozen van ongezuiverd afvalwater op afstand — aan een nadere beschouwing worden onderworpen.

2. Groter bouwen = goedkoper bouwen

Allereerst zou ik dan willen stilstaan bij de waarschijnlijk meest bekende tendens nl. hoe groter een installatie wordt gebouwd, des te goedkoper deze wordt per eenheid, d.w.z. per m³ inhoud; per m³/uur debiet, per inwonerequivalent capaciteit, enz. Dit geldt des te sterker naarmate in het ontwerp van grotere installaties ook de daarbij passende schaalvergroting wordt toegepast, d.w.z. bij een zuiveringsinstallatie voor bv. 150.000 i.e. moet dan gedacht worden in eenheden van minstens 75.000 i.e., en niet worden vastgehouden aan het stramien van de installatie voor 30.000 i.e. die er al staat, met eenheden van 15.000 i.e. of kleiner.

In een publikatie van de Technische Hogeschool te Hannover [1] worden de bouwkosten van ronde voorbezinktanks en nabezinktanks, van oxydatiebedden en van slibgistingstanks gegeven als functie van de grootte van de inhoud.

Bij benadering zijn deze kosten uit te drukken in de functie

$$Y = A \cdot x^{-p}$$

waarin

Y = totale bouwkosten per m³

x = inhoud in m³, variërend tussen 250 m³ en 4.000 m³

A = een constante die voor ieder beschouwd onderdeel een andere waarde heeft

p = een constante, die voor de beschouwde onderdelen varieert tussen 0,2 en 0,35 met een gemiddelde van ca. 0,28.

Deze p — die maatgevend is voor de tendens — bepaalt de helling van de rechte lijn, die wij op dubbellogaritmisch papier van bovengenoemde functie kunnen tekenen. Is p groot, dan zullen de kosten per m³ y snel afnemen bij een toenemende inhoud in m³ x .

In deel 4 van de Wiener Mitteilungen [2] van 1969 wordt door prof. W. v. d. Emde een grafiek gegeven van de

totale bouwkosten van zuiveringsinstallaties in Oostenrijk. Hierbij is $p = 0,27$. Ook uit Zwitserland zijn mij gegevens bekend waarin $p = 0,3$, en indien we onderzoeken zullen er zeker nog meer voorbeelden te vinden zijn van de gesignaleerde tendens.

Ook voor ons land is deze tendens geconstateerd, zoals uit de grafiek van afb. 1 moge blijken. Deze grafiek is bepaald op basis van installaties die door ons bureau in de periode 1965-1970 zijn ontworpen en begroot — en waarvan een groot deel ook reeds is uitgevoerd, dan wel in uitvoering is of in uitvoering komt. Middels indexcijfers zijn de totale bouwkosten tot het prijspeil van 1970 herleid. Hierbij zijn mogelijke storende effecten, zoals grondkosten, aansluiting van de nutsbedrijven en werken buiten het eigenlijke terrein van de zuiveringsinstallatie, niet in de beschouwing opgenomen.

Behalve de helling van de beide lijnen, die overeenkomen met een p van ongeveer 0,27, kan men op deze grafiek ook iets te weten komen over de absolute grootte van de bouwkosten van zuiveringsinstallaties voor afvalwater.

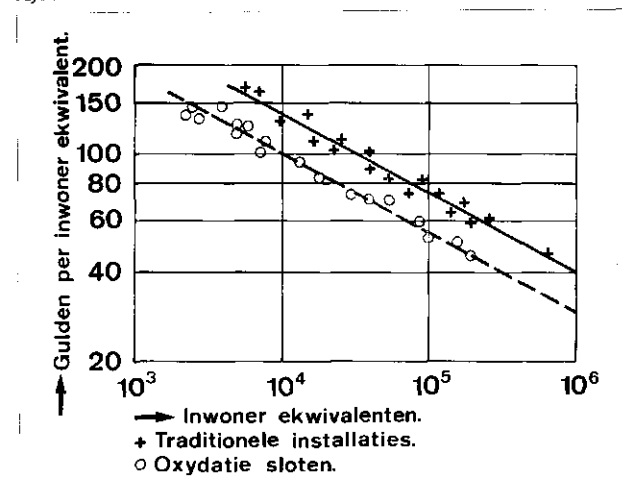
3. Conventionele installaties vs. oxydatiesloten

De bovenste lijn van de grafiek van afb. 1 heeft betrekking op conventionele zuiveringsinstallaties voor afvalwater, d.w.z. installaties met oxydatiebedden met koude dan wel warme slibgisting, actief slibinstallaties met slibgisting, dan wel een of andere vorm van mechanische en/of thermische slibverwerking. De onderste lijn geeft de stichtingskosten van oxydatiesloten volgens de grondslagen van dr. ir. A. Pasveer, met een methode van slibbehandeling, die is aangepast aan de grootte van de installatie.

Uit deze grafiek zijn twee tendenzen af te lezen:

- De lijn die de kosten aangeeft voor conventionele installaties loopt evenwijdig met de lijn voor de oxydatiesloten.
- Bij vergelijking van twee evengrote installaties zijn de stichtingskosten van een oxydatiesloot — ongeacht

Afb. 1



de grootte van de installatie — ca. 75 % van de stichtingskosten van een conventionele zuiveringsinstallatie voor afvalwater.

Met nadruk wil ik er nogmaals op wijzen dat deze tendens zich alleen op de aangegeven wijze manifesteert, indien de voordelen die de schaalvergroting biedt per onderdeel volledig worden uitgebuit. Het naar rechts-onder doorlopen van de lijn voor oxydatiesloten is alleen mogelijk geworden door het bouwen van grote, diepe circuits, bv. van het type Carrousel ®, en door de toepassing van grote puntbeluchters.

4. Prijsontwikkeling bouwkosten en energiekosten

Als we de grafiek van afb. 1 bezien in het licht van de prijsontwikkelingen, vanuit het verleden naar de toekomst ontstaat het volgende beeld: In een niet zo ver verleden hadden de cijfers voor de bouwkosten op de verticale as de helft van de huidige waarde, en in een wellicht niet zo verre toekomst zullen deze cijfers zijn verdubbeld, voor een installatie voor eenzelfde aantal inwoners.

Geheel anders is het gesteld met de prijsontwikkeling van de energiekosten. Deze zijn in de afgelopen tijd vrijwel constant gebleven en zullen ook in de toekomst vermoedelijk slechts een geringe stijging te zien geven. Bovendien is er zeker een tendens aan te geven dat de installaties in de toekomst groter zullen worden, waardoor een voordeliger grootverbruikerstarief voor de energie kan worden verkregen. Ter illustratie: voor een installatie voor 200.000 i.e. met een jaarverbruik van 2,5.10⁶ kWh is een tarief van 5,5 ct./kWh verkregen. Bij 4.10⁶ kWh zakt dit zelfs naar 5 ct./kWh.

Het is dan ook vrijwel zeker dat er in de niet al te verre toekomst een situatie zal ontstaan, waarbij de bouwkosten index t.o.v. de energiekostenindex een relatieve verdubbeling heeft ondergaan, vergeleken met de huidige prijsverhoudingen. Evenzo is er in het verleden een situatie geweest waarbij, in vergelijking met het huidige prijspeil, de energie 2 x zo duur was in verhouding tot de bouwkosten van toen.

Een ander verschil tussen het verleden en het heden is de rentevoet. Vroeger rekenden wij met een rentevoet van 4 %. Dit bracht de jaarlijkse kosten van de zuivering — exclusief bediening x energie — op 6½ % van de investeringskosten. Thans, met een rentevoet van 8½ %, moeten wij hiervoor 10 % per jaar rekenen.

Op basis van het feit dat een oxydatiesloot 10 à 12 kWh/i.e./jaar meer energie verbruikt dan een conventionele zuiveringsinstallatie voor afvalwater, en indien wij aannemen dat deze energie 7 à 6 ct./kWh kost, is aan de hand van een concreet voorbeeld na te gaan hoe het kostenaspect zich heeft ontwikkeld vanuit het verleden naar het heden en hoe dit in de toekomst verder zal verlopen. Gemakshalve stellen we de energieprijzen, in de tijd gezien, constant, en zijn de kosten van het meerdere energieverbruik van de oxydatiesloot in het verleden, in het heden en in de toekomst (10 à 12) kWh/i.e./jaar x (7 à 6 ct./kWh = ca. 70 ct./i.e./jaar).

In het verleden, met jaarlijkse kosten = 6½ % van de investeringskosten, waren deze extra energiekosten de rente van ca. f 11,— aan investeringskosten. Met een verdubbeling van de bouwkosten index over de periode tussen het verleden en het heden, moet dit bedrag f 11,— op de schaalverdeling van de grafiek van heden (afb. 1) als f 22,— worden ingevoerd.

Thans, met jaarlijkse kosten = 10 % van de investeringskosten, is f 0,70 de rente van f 7,— aan investeringskosten.

In de toekomst, met een veronderstelde jaarlijkse last tussen 6½ % en 10 %, is f 0,70 de rente van f 11,— à f 7,—. Indien in de toekomst de bouwkosten index 2 x zo groot wordt als thans, zullen deze bedragen op de schaalverdeling van afb. 1 moeten worden gehalveerd tot f 5,50 à f 3,50.

Wanneer wij nu — volkomen arbitrair — stellen dat wij het toepassen van de, qua investering goedkope, oxydatiesloot alleen interessant vinden indien de besparing op de jaarlijkse kosten ten gevolge van de lagere investering minstens 2 x zo groot is als de extra jaarlijkse uitgaven voor de energie, dan ligt de grens thans bij een verschil tussen de investeringskosten van een oxydatiesloot en die van een conventionele zuiveringsinstallatie voor afvalwater van 2 x f 7,— = f 14,—.

In het verleden lag deze grens bij een verschil in investeringskosten — vertaald naar de schaalverdeling van het heden — van 2 x f 22,— = f 44,—. In de toekomst — ook weer teruggerekend naar het prijspeil van nu — komt deze grens te liggen bij een verschil in investeringskosten van 2 x (f 5,50 à f 3,50) = f 11,— à f 7,—.

Een blik op de grafiek van nu (afb. 1) leert ons dat in het verleden de grens bij ca. 6.000 i.e. was gelegen. Thans t.g.v. de gezamenlijke invloed van de stijging van de bouwkosten en de hoge rentevoet, is deze grens naar ca. 300.000 i.e. opgeschoven. In de toekomst lopen wij aan de rechterzijde van de grafiek af naar installaties > 1.000.000 i.e.

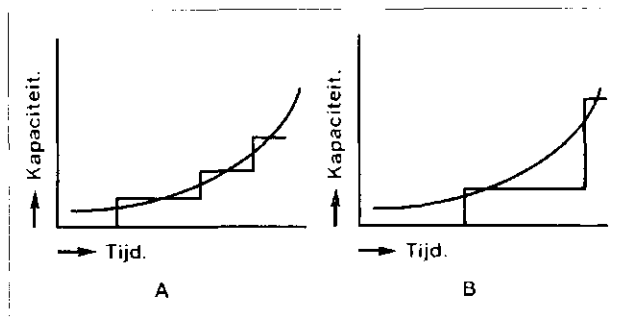
De algemene conclusie, die uit dit voorbeeld kan worden getrokken, is dat in de toekomst het bouwen van goedkope installaties, die desnoods meer energie verbruiken, meer en meer zal toenemen.

5. Invloed van rentevoet op de afschrijvingstermijnen

Hoewel niemand kan voorspellen of de stijging van de rentevoet zich nog verder zal voortzetten, tot stilstand zal komen, of zich in een daling zal omzetten, op dit moment moet de economische opzet van de installaties voor de nabije toekomst worden gebaseerd op een rentevoet van meer dan 8 %. Nu is een rentevoet schommelend tussen 3 % en 4½ % zolang het normale patroon geweest, dat vele normen voor ons denken op dit rentepercentage zijn gebaseerd, zonder dat wij ons dit altijd realiseren.

Wij hebben ons gedachtenpatroon nog niet overal aan deze stijging aangepast. Wij hebben eigenlijk altijd geleerd dat wij goed en degelijk moesten construeren en wij schreven deze degelijke zaken dan af in 40 à 50 jaar. Mechanische en elektrische zaken hadden daarbij in onze civiele ogen de hinderlijke gewoonte om na 25 jaar al aan vervanging toe te zijn. In de huidige dynamische tijd zijn afschrijvingstermijnen van 50 jaar echter nogal irreal. Er is niemand die een bruikbare prognose kan maken voor over 50 jaar. De huidige prognoses in Nederland gaan meestal niet verder dan het jaar 2000 en degenen die hieraan werken hebben grote moeite om tot een verantwoorde opzet te komen.

Daarnaast constateren wij dat voor mechanische en elektrische apparatuur en in nóg sterkere mate voor de besturingsapparatuur en de automatisering, de fabrikanten rekenen met een technische veroudering in 15 jaar en minder. Het is mijns inziens dringend nodig dat deze realiteiten ook voor de zgn. „degelijke” civiele construc-



Afb. 2

ties onder ogen worden gezien. Wij zullen moeten leren aanvaarden dat wij zowel qua prognose over toekomstige ontwikkelingen als qua technische veroudering hooguit 20-25 jaar vooruit kunnen zien.

Laten wij eerlijk zijn, hoeveel installaties uit de vijftiger jaren blijken bij een uitbreiding nog als goed bruikbaar in te passen te zijn. Hoe dikwijls horen wij niet de verzuchting: „Stond er maar helemaal niets, konden wij maar met een schone lei beginnen!” Maar ja, een en ander staat nog voor idem zoveel gulden in de boeken en het ziet er nog allemaal zo goed uit!

Hier komt de huidige hoge rentevoet ons echter te hulp. De financiële aantrekkelijkheid van een lange afschrijvingstermijn heeft nl. belangrijk in waarde ingeboet. Bij een rentevoet van 3% en een vaste annuïteit van f 1.000,— neemt het te investeren kapitaal bij vergroting van de afschrijvingstermijn van 20 → 40 jaar, toe van ca. f 15.000,— tot ca. f 23.000,— een toename dus van ruim 50%. Bij een rentevoet van 8% zijn deze cijfers ca. f 10.000,— en ca. f 12.000,—, een toename van slechts 20%.

Uit deze laatste cijfers zijn enkele markante conclusies te trekken, nl.: Bij een rentevoet van 8%:

- geeft 1e het verkorten van de afschrijvingsperiode van 40 → 20 jaar slechts een verhoging van 20% van de jaarlijkse kosten. Dit als de constructies ongewijzigd blijven.
- mag 2e het verdubbelen van de levensduur van een constructie van 20 jaar → 40 jaar bij gelijkblijvende jaarlijkse kosten slechts een 20% hogere investering vergen en tenslotte
- mag 3e bij het verkorten van de levensduur van een constructie van 40 jaar → 20 jaar bij gelijkblijvende jaarlijkse kosten nog $\frac{100}{120} = \text{ca. } 85\%$ van het oorspronkelijke bedrag worden geïnvesteerd.

Bij een verkorting van afschrijvingstermijn van 20 → 10 jaar, zoals deze wellicht bij mechanische en elektrische apparatuur ter sprake komt, kan bij gelijkblijvende jaarlijkse kosten nog altijd ca. 70% van het oorspronkelijke bedrag worden geïnvesteerd.

Uit alles komt naar voren, dat zowel op basis van de onzekerheden, die in de prognoses voor de toekomst schuilen, als op basis van de korter wordende technische levensduur van de installaties, er een duidelijke voorkeur moet zijn voor het toepassen van relatief goedkope constructies met een relatief beperkte levensduur.

Ik ben mij er van bewust dat deze conclusie strijdig is met de degelijkheid die velen van ons eigen is, maar in de

stroom van wegwerpartikelen die thans onze maatschappij overspoelt zal zich wellicht binnenkort ook een wegwerp zuivering voegen. Daar lacht u nu (misschien) om, maar heeft u zich wel eens gerealiseerd dat stalen bezinktanks, stalen beluchtingsbekkens, stalen slibgistings-tanks na verloop van tijd als schroot in ieder geval nog wat opbrengen en dat kan van betonpuin niet altijd gezegd worden!

6. Fasering van de bouw van installaties

Werd zoëven de beschouwing toegespitst op de afschrijvingstermijnen, een geheel andere vraag is, hoe groot wij een installatie moeten bouwen tegen de achtergrond van de prognose voor de toekomst. In het algemeen zal deze prognose een groei aangeven van de hoeveelheden te transporteren afvalwater en van de te behandelen hoeveelheid vervuiling. Onder deze omstandigheden spreekt het vanzelf dat elke bouw van een nieuwe installatie, en/of de uitbreiding van een bestaande installatie „op de groei” zal plaats vinden.

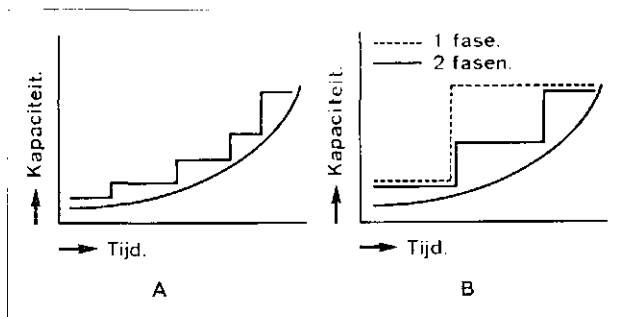
Maar „op de groei” is een wat vaag begrip, dat wij gaarne wat nader omschreven willen zien. Dient bijvoorbeeld de diameter van een nu aan te leggen transportleiding zo groot te zijn dat het te verwachten aanbod van afvalwater per 1980 er door kan, of moet de capaciteit zodanig zijn om tot het magische jaar 2000 voldoende te zijn. Of ligt de waarheid daar ergens tussen. Een zelfde vraag kan men zich stellen over de grootte van te bouwen installaties voor het behandelen van afvalwater.

Zoals velen onder u wel zullen weten is in Nederland een zeer gangbaar antwoord op deze vraag, dat wij voor het jaar 1985 bouwen, d.w.z. voor over ca. 15 jaar. Deze maat voor „op de groei” moge dan in het verleden als de meest economische oplossing zijn voortgekomen uit berekeningen tussen verschillende groeimaten, thans is het zéér de vraag of deze traditionele maat voor „op de groei” bouwen nog wel past in de huidige verhoudingen tussen de kosten van kapitaal, arbeid en energie.

Alvorens verder op deze vraag in te gaan neem ik de vrijheid even een zijpad in te slaan:

Ik wil nog even een ander kostenaspect noemen, nl. de meest goedkope oplossing voor het afvalwaterprobleem. Die is, er helemaal niets aan doen. Dat kan nu nog in Nederland. Gek eigenlijk, wel geeft men in de meeste gevallen geld uit voor een rioolstelsel, waarbij niet altijd wordt gerealiseerd dat hiermee ca. f 300,— per inwoner aan investering in de grond wordt gestopt. Maar aan het afronden van het afvalwaterprobleem met een zuiveringsinstallatie die zo f 50,— à f 100,— per inwoner kost, komt men dikwijls niet toe. Ook het uitbreiden van een bestaande installatie komt veelal in de financiële verdrukking en zelfs een heffing op grond van de wet op de waterverontreiniging hoeft nog niet altijd de doorslag te geven om tot optimaal zuiveren over te gaan.

Beschouwen wij dan ook een groeilyn van de hoeveelheid en de vervuiling van het afvalwater van een bepaald areaal, dan zal de capaciteit van de zuiveringsinstallatie zich dikwijls hebben ontwikkeld volgens de grafiek van afb. 2A. Dat is nog een vrij gunstig voorbeeld. Een verloop zoals aangegeven in afb. 2B is helaas geen uitzondering! Dit is duidelijk een ander beeld dan bij voorzieningen voor water, gas en elektriciteit. Daar ligt de capaciteitslijn wel degelijk boven de groeilyn; (afb. 3A). De exploitanten van deze voorzieningen zullen er wel voor



Afb. 3

waken dat de productiecapaciteit aan de vraag van de verbruikers voldoet.

Zodra het afvalwater betreft is er niets meer te verdienen, is de „klantenbinding” verloren en kunnen we via het kostenaspect weinig uitrichten. Het enige waar we dan een beroep op kunnen doen is het openbare water, maar dat heeft inmiddels de geest gegeven. Het is duidelijk dat hier moet worden gezocht naar andere normen, naar andere spelregels om de capaciteit van de zuiveringinstallaties gelijke tred te doen houden met het aanbod van afvalwater.

Zo, dit moest mij even van het hart! Als het dan zover is dat de ideale situatie is geschapen dat de capaciteiten van de zuiveringinstallaties voor afvalwater tijdig aan de behoefte worden aangepast, hoe groot moeten de treden dan worden, met welke maat moeten wij de bouw van de installaties dan faseren? Bij het beantwoorden van deze vraag blijkt de rentevoet alweer een zeer belangrijke rol te spelen. Om dit nader toe te lichten kleeft ik de faseringsvraag allereerst als volgt in:

Moet er direct een grote eenheid worden gebouwd, of moet er eerst een kleine eenheid worden gebouwd en dan ergens in de tijd nog een kleine eenheid worden bijgebouwd (zie afb. 3B). Om deze vraag te kunnen beantwoorden moeten we kennen:

- I_g = investering grote eenheid
- I_k = investering kleine eenheid
- I_a = investering aanvullende eenheid

Deze investeringen moeten allen worden berekend naar het prijspeil van het moment van de eerste investering. De navolgende beschouwingen over het optimaal faseren zijn namelijk geplaatst in het kader van de nationale economie en niet in die van privé-ondernemingen. Het zuiveren van afvalwater is nl. een nationale zaak en de daarvoor door de gemeenschap ter beschikking te stellen geldmiddelen dienen nationaal economisch optimaal te worden gebruikt. De ontwaarding van het geld moet daarom niet worden ingevoerd zolang de welvaart van onze economie daarbij niet in het gedrang komt.

Als in de toekomst het bouwen en dus ook het bedrijven van zuiveringinstallaties voor afvalwater tweemaal zoveel guldens kost als thans het geval is, en de index van de inkomens ook is verdubbeld (of meer is gestegen t.g.v. een toenemende welvaart), dan is de relatieve jaarlijkse last van het zuiveren van het afvalwater t.o.v. de inkomens dezelfde als thans (of lager bij een gestegen welvaart). Het optimaal faseren is voor deze welvaart van groot belang. Het zal duidelijk zijn dat indien $I_k + I_a = I_g$ (eerste voorbeeld) het bouwen in twee fasen goedkoper is, omdat men dan de rente over I_a nog een aantal jaren niet hoeft te betalen. Over het algemeen zal echter bij het bouwen in twee fasen de totale bouw-

som groter zijn dan bij bouwen in één fase. Stel nu dat (2e voorbeeld):

- $I_g = 100$ kosteneenheden (E)
- $I_k = 70$ kosteneenheden (E)
- $I_a = 50$ kosteneenheden (E)

Zo in eerste instantie lijkt de bouwsom I_g aantrekkelijker te zijn dan $I_k + I_a$.

Bij een rentevoet van 10% en indien de kleine eenheid na 10 jaar moet worden uitgebreid, ziet de kostenvergelijking na 10 jaar er echter als volgt uit:

$$\begin{aligned} \text{één fase} &: I_g \cdot (1,10)^{10} = 260 \text{ E} \\ \text{twee fasen} &: I_k \cdot (1,10)^{10} + I_a = 232 \text{ E} \end{aligned}$$

Hieruit blijkt dat ook hier faseren zinvol is. Dit antwoord is snel af te lezen op de grafiek die is weergegeven in afb. 4 (ontleend aan de Wereldbank). Uit de investeringsbedragen wordt een factor F bepaald:

$$F = \frac{I_g - I_k}{I_a}$$

d.w.z. de verhouding tussen het verschil in investeringskosten van de grote en kleine eenheid en de investeringskosten voor de aanvullende eenheid. Indien nu het snijpunt dat gegeven wordt door de rentevoet en de periode waarin uitbreiding nodig is, ligt boven de lijn van de zojuist berekende factor F , is bouwen in twee fasen aantrekkelijker dan bouwen in één fase. Ligt het snijpunt onder de lijn dan is bouwen in één fase de meest economische oplossing.

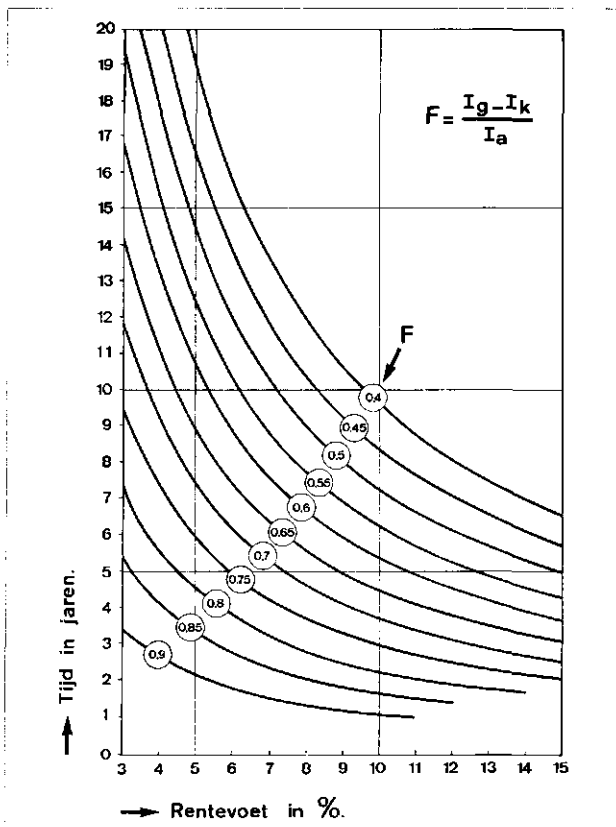
Even controleren:

$$1e \text{ Voorbeeld } I_k + I_a = I_g \rightarrow F = 1$$

Alle punten liggen boven $F = 1 =$ basislijn

Dus altijd in twee fasen bouwen.

Afb. 4



$$2e \text{ Voorbeeld: } F = \frac{100 E - 70 E}{50 E} = 0,6$$

Het snijpunt 10 %/10 jaar ligt boven de $F = 0,6$ lijn, dus ook in twee fasen bouwen.

Als we met dit laatste voorbeeld teruggaan naar de tijd met een rentevoet van 3 %, dan is in twee fasen bouwen pas interessant bij $T > 17$ jaar. Bij de huidige rentevoet van $8\frac{1}{2}$ % ligt de grens tussen in één fase of twee fasen bouwen bij $T = 6\frac{1}{2}$ jaar, voor de hier aangenomen verhouding tussen I_g , I_k en I_a .

Omgekeerd kunnen we deze grafiek ook hanteren voor de vraag die wij ons stelden, nl. wat is een maat voor „op de groei” bouwen. Als we in staat zijn de factor F te bepalen, en de toename van de hoeveelheid en de vervuiling van het afvalwater ongeveer rechtlijnig met de tijd verloopt, kunnen wij bij een gegeven rentevoet bepalen voor hoeveel jaar de installatie per fase moet worden gebouwd. Uit het verloop van de grafiek zal het duidelijk zijn dat bij een rentevoet van $8\frac{1}{2}$ %-9 %, wellicht 10 %, een fasering op 15 jaar door de makers van deze grafiek niet eens is verondersteld!

Wat houdt $F = 0,4$ d.i. de bovenste lijn van de grafiek in feite in?

$$F = \frac{I_g - I_k}{I_a} = 0,4$$

Dit wil zeggen, dat de investering voor het aanvullende deel $2\frac{1}{2}$ x zo groot is als het verschil tussen de investering voor de grote en de kleine eenheid. Het gebied van de grafiek van afb. 4 omvat dus de navolgende gevallen:

| I_g | I_k | $I_a (F = 0,4)$ | $I_a + I_k$ |
|-------|-------|-----------------|---------------|
| 100 E | 90 E | $\cong 25$ E | $\cong 115$ E |
| 100 E | 80 E | $\cong 50$ E | $\cong 130$ E |
| 100 E | 70 E | $\cong 75$ E | $\cong 145$ E |
| 100 E | 60 E | $\cong 100$ E | $\cong 160$ E |

Als wij deze cijfers bezien lijkt de bovenbegrenzing $F = 0,4$ een zeer redelijk uitgangspunt te zijn. Het is niet aannemelijk dat het in twee fasen bouwen nóg duurder is dan in deze tabel als grens is aangegeven. Als normale voorbeeld gevallen zouden kunnen gelden:

$$I_g = 100 E; I_k = 60 E; I_a = 60 E \text{ en}$$

$$I_g = 100 E; I_k = 70 E; I_a = 50 E,$$

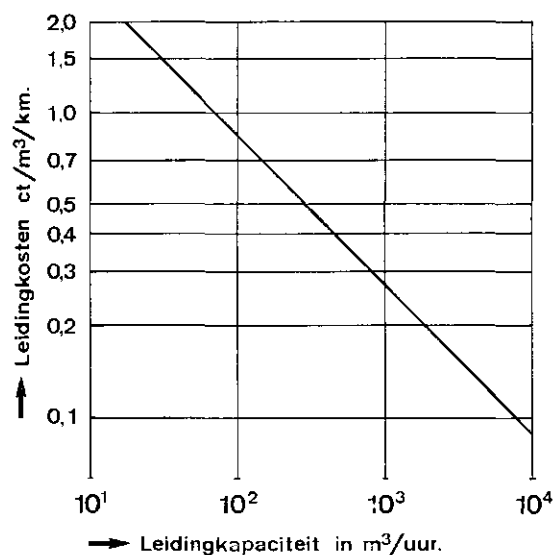
d.w.z. F tussen 0,6 en 0,67. Dan blijkt bij een rentevoet van 3 à 4 % de fasering met stappen van $T = 15$ jaar te kunnen geschieden. Bij een rentevoet van $8\frac{1}{2}$ % ligt de grens echter bij ca. 6 jaar!!

Voorgaande beschouwing geeft aan waar die traditionele 15 jaar zijn oorsprong heeft, maar toont tevens aan dat wij — voor een optimale fasering — ons op dit moment op véél kortere perioden dienen te richten. Met de tijd van voorbereiding en de bouwtijd kunnen we deze 6 jaar nog uitrekken tot maximaal 10 jaar, maar dat is dan ook de uiterste grens voor het vooruitzien. En dan iedere 6 jaar weer 10 jaar vooruit kijken.

Ook hier, evenals bij de afschrijvingstermijnen, komt de hoge rentevoet ons het leven in zoverre vergemakkelijken, dat we niet zo héél ver in de toekomst behoeven te schouwen om tot een verantwoorde fasering te komen.

7. Invloed subsidie op fasering

Het is interessant na te gaan welke invloed het subsidiebeleid heeft op voorgaande berekening. Ik bedoel hierbij dan een subsidiebeleid dat éénmalig een subsidie geeft



Afb. 5

op de investeringskosten, maar geen subsidie geeft bij de uitbreiding van de installatie. Dit zal de neiging verhogen om de 1e stap dan wat groter te maken.

Als voorbeeld een 100 E — 70 E — 50 E geval. Met 25 % subsidie op de 1e fase wordt dit 75 E — 52 E — 50 E → $F = 0,46$. F zonder subsidie was 0,6. — Met subsidie wordt de fasering:

- Bij rentevoet = 4 %: $T = 20$ jaar
- Bij rentevoet = 6 %: $T = 13$ jaar
- Bij rentevoet = $8\frac{1}{2}$ %: $T = 9\frac{1}{2}$ jaar

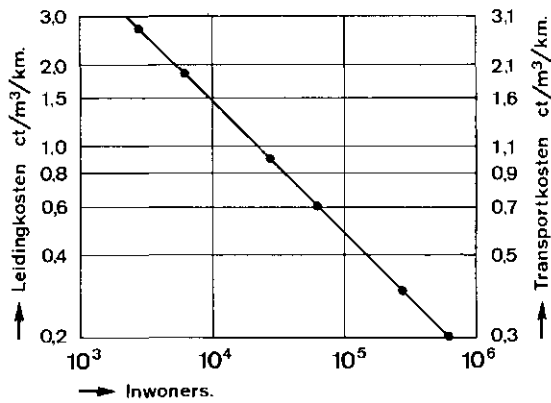
Zonder subsidie zijn deze perioden resp. 13, 9 en 6 jaar. Hieruit volgt, dat bij 25 % subsidie op de 1e fase, de periode waarop gebouwd wordt $1\frac{1}{2}$ x zo groot wordt als die zonder subsidie. Nationaal economisch gezien komt men op deze wijze niet tot de meest optimale fasering. Hieruit moge blijken hoe voorzichtig het subsidiebeleid dient te worden gehanteerd, laat staan dat het van karakter verandert, of nog erger, dat het onbekend is.

8. Kosten van transport van water

Het transport van water over grote afstanden d.m.v. gemalen en persleidingen is een zaak die niet alleen bij het afvalwater, maar zeer zeker ook bij de drinkwatervoorziening een belangrijke rol speelt. Ik maak dan ook dankbaar gebruik van de gegevens die ir. C. A. de Vlieger hierover op het Aquatech congres 1969 in Amsterdam naar voren bracht [3].

Ir. de Vlieger geeft daarin een grafiek die de relatie aangeeft tussen de capaciteit van een leiding en de leidingkosten in ct. per getransporteerde m^3 per km leiding, voorzover deze afhangen van de investerings- en onderhoudskosten. Wordt deze grafiek op dubbellogaritmisch papier uitgezet (afb. 5) dan liggen de gegeven punten op een rechte lijn met een $p = 0,46$. D.w.z. bij een vertienvoudiging van de capaciteit worden de leidingkosten per m^3 ca. 3 x zo klein. Dit alles bij een aangenomen constant drukverlies van 2 m/km leiding.

Deze tendens wil ik gaarne overnemen voor afvalwaterleidingen. Alleen zal een transportleiding voor afvalwater niet 6.000 uur per jaar op volle capaciteit werken, zoals dit bij drinkwater het geval is. Een transportleiding voor drinkwater kan zoveel uren werken, omdat het water in



Afb. 6

bassins wordt gebufferd. Bij afvalwater zouden deze bassins zeer groot moeten worden i.v.m. grote piekbelasting en bovendien laat afvalwater zich minder prettig bufferen.

Een gemengd rioolstelsel met een 3 d.w.a. capaciteit zal per jaar behalve 365 dagen 100 l/inw./dag = 36,5 m³ afvalwater/inw., ook regenwater afvoeren. Met 40 m² verhard oppervlak per inw. en 75 cm regen/jaar, waarvan we aannemen dat ca. 80 % in de centrale riolering komt, geeft een gemengd stelsel in totaal 40 m²/inw. x 0,75/jaar x ca. 80 % + 36,5 m³/inw./jaar = ca. 60 m³ water per inw./jaar.

De uurcapaciteit is gebaseerd op 3 d.w.a. dus ca. 30 l/inw./uur. Dit betekent dat een afvalwaterleiding van een gemengd rioolstelsel, zonder toepassing van buffering van afvalwater,

$$\frac{60 \text{ m}^3/\text{inw.}/\text{jaar}}{30 \text{ l}/\text{inw.}/\text{uur}} = 2.000 \text{ uur/jaar}$$

volbelast is.

Bij een gescheiden stelsel zal de uurcapaciteit veelal tussen de 1 en 1,5 x d.w.a. worden genomen, terwijl ook een deel van de regen in dit rioolstelsel terecht zal komen. Stel 10 % van de regen. Dan is de jaarafvoer van een gescheiden gerioleerde inwoner 36,5 m³ + ca. 10 % x 30 m³ = ca. 40 m³. Bij een uurcapaciteit van 1,3 d.w.a. = 13 l/inw./uur is de periode van vollast van een afvalwaterleiding van een gescheiden rioolstelsel te stellen op ca. 3.000 uur.

Dit houdt in dat de leidingkosten voor drinkwater zoals weergegeven in afb. 5, voor een 3 d.w.a. stelsel met 3 moeten worden vermenigvuldigd en bij een gescheiden stelsel moeten worden verdubbeld. In tabel A zijn voor een drietal capaciteiten van een transportleiding de lei-

TABEL A - Leidingkosten voor drinkwater en afvalwater

| Uurcapaciteit | drinkwater | | gemengd | gescheiden |
|---------------|----------------|-----------|--------------|--------------|
| transport- | 100 l/inw./dag | | rioolstelsel | rioolstelsel |
| leiding | 6000 uur/jaar | | 3 d.w.a. | 1.3 d.w.a. |
| | | ▲ | ▲ | ▲ |
| m³/uur | ct./m³/km | inwoners | ct./m³/km | inwoners |
| 80 | 0,9 | 13.000 | 2,7 | 2.700 |
| 800 | 0,3 | 130.000 | 0,9 | 27.000 |
| 8.000 | 0,1 | 1.300.000 | 0,3 | 270.000 |
| | | | | 1,8 |
| | | | | 0,6 |
| | | | | 0,2 |
| | | | | 6.000 |
| | | | | 60.000 |
| | | | | 600.000 |

dingkosten aangegeven, zowel voor drinkwater als voor afvalwater.

Als we bij de genoemde uurcapaciteiten het aantal inwoners berekenen dat nodig is om bij het gemengde dan wel gescheiden rioolstelsel deze hoeveelheden water te produceren (zie tabel A), dan komen we tot een verrassende ontdekking. Als we nl. de leidingkosten per m³/km uitzetten tegen de inwoners — uiteraard op dubbellogaritmisch papier — liggen alle punten weer op een rechte lijn! (afb. 6).

Dit wil zeggen dat het qua leidingkosten per m³ geen verschil maakt of in een gegeven stad gemengd dan wel gescheiden wordt gerioleerd. Daar zit het voordeel dus niet. Wel in het totaal aantal verpompte m³ per jaar. Dat is bij een gescheiden stelsel ca. 2/3 van dat van een gemengd stelsel. Bij 100.000 inwoners zijn de leidingkosten dus in beide gevallen 0,5 ct./m³/km.

Wanneer nu de energie nog in beschouwing wordt genomen, dan laat zich deze bij het gegeven drukverlies berekenen op ca. 0,1 ct./m³/km. De cijfers rechts op de grafiek van afb. 6 moeten dus allemaal met 0,1 worden verhoogd (schaalverdeling links). Bij een gemengd stelsel zijn de transportkosten van het afvalwater voor een stad van 100.000 inwoners derhalve 60 m³/inw./jaar x 0,6 ct./m³/km = f 0,36 inw./km/jaar. Bij een gescheiden stelsel wordt dit 40 m³/inw./jaar x 0,6 ct./m³/km = f 0,24 inw./km/jaar.

9. Kostenaspecten van centrale zuiveringsinstallaties

Gewapend met bovengenoemde cijfers kunnen we uitrekenen hoe ver 2 woonkernen ieder met 100.000 inwoners nog van elkaar mogen liggen om op zuiver economische gronden een concentratie van het zuiveren van het afvalwater in één installatie van 200.000 i.e. aantrekkelijk te maken.

Volgens de grafiek van afb. 1 kunnen we door een combinatie van de 2 zuiveringen ca. f 10,— per i.e. aan investeringskosten besparen, dat is dus ca. f 2.000.000,—. We zullen dan in één van de twee kernen een persgemaal moeten bouwen. Dit kost ca. f 500.000,— méér dan het gemaal voor de eigen zuivering voor 100.000 i.e. gekost zou hebben. Blijft over f 1.500.000,—. Met 10 % voor afschrijving en onderhoud is dus f 150.000,— per jaar beschikbaar voor de jaarlijkse kosten van de persleiding(en).

De transportkosten voor een gemengd stelsel laten zich becijferen op 100.000 inw. x f 0,36/inw./km/jaar = f 36.000/km/jaar. Voor een gescheiden stelsel wordt dit f 24.000/km/jaar.

De maximale afstand tussen 2 kernen ieder met 100.000 inwoners, waarbij op economische gronden kan worden besloten tot combinatie tot één zuiveringsinstallatie is bij gemengd rioolstelsel dus te stellen op:

$$\frac{f 150.000/\text{jaar}}{f 36.000/\text{km}/\text{jaar}} = \text{ca. } 4 \text{ km.}$$

Bij toepassing van gescheiden rioolstelsels wordt deze maximale afstand:

$$\frac{f 150.000/\text{jaar}}{f 24.000/\text{km}/\text{jaar}} = \text{ca. } 6 \text{ km.}$$

Eenzelfde berekening voor 2 kernen met ieder 10.000 inwoners levert op dat de maximale afstand bij gemengde riolering ca. 3 km is en bij gescheiden riolering ca. 4,5 km. Gaan we omhoog naar 1.000.000 inwoners dan worden deze maximum afstanden resp. ca. 5 km en ca.

7,5 km. De aldus berekende maximum transportafstanden zijn in afb. 7 grafisch uitgezet.

Uit deze berekeningen blijkt dat de afstand tussen twee woonkernen van gelijke grootte, waarbij het op economische gronden aantrekkelijk is om tot het combineren van zuiveringsinstallaties voor afvalwater te komen, vrij beperkt is. Voor kernen met verschillende grootte kan op analoge wijze de maximale afstand worden berekend. Het zal over het algemeen voor een kleine kern financieel aantrekkelijk zijn om zich bij een grote kern aan te sluiten, en dit zal leiden tot iets grotere maximale transportafstanden dan in de grafiek is aangegeven.

Daarnaast kunnen echter ook zaken als bedrijfsvoering, mogelijk tot opvangen van stootbelastingen, aanwezigheid van industriën etc. een belangrijke rol spelen in een beslissing om tot samenvoeging van zuiveringsinstallaties van afvalwater te komen. Ook de plaats van het lozingspunt kan hierbij van grote invloed zijn.

10. Transport van ongezuiverd afvalwater naar lozingspunt

Een andere berekening die we kunnen maken met behulp van de kostencijfers voor zuivering en transport van afvalwater is: „Hoe ver mag een lozingspunt van een kern verwijderd liggen, als het water ongezuiverd kan worden geloosd?“, zo zulke punten überhaupt bestaan. In dat geval moet het verschil worden berekend tussen de jaarlijkse lasten van een zuiveringsinstallatie en die van een persgemaal. Dit verschil mag dan worden gebruikt voor het transport van het afvalwater. Bij een kern van 100.000 inwoners wordt dit 10 % van $(f 6.000.000 - f 500.000) = f 550.000$ /jaar.

De maximale transportafstand voor ongezuiverd water wordt dan bij een gemengd rioolstelsel:

$$\frac{f 550.000/\text{jaar}}{f 36.000/\text{km}/\text{jaar}} = \text{ca. } 15 \text{ km.}$$

en bij een gescheiden rioolstelsel:

$$\frac{f 550.000/\text{jaar}}{f 24.000/\text{km}/\text{jaar}} = \text{ca. } 23 \text{ km.}$$

Eenzelfde berekening voor 1.000.000 inwoners is als volgt:

Jaarlijkse lasten van een zuiveringsinstallatie minus die van een persgemaal:

$$10 \% \text{ van } (f 30.000.000 - f 2.500.000) = f 2.750.000.$$

De transportkosten bij een gemengd rioolstelsel zijn:
 $1.000.000 \text{ inw.} \times 60 \text{ m}^3/\text{inw.}/\text{jaar} \times f 0,27/\text{m}^3/\text{km} = f 162.000/\text{km}/\text{jaar}.$

Voor een gescheiden rioolstelsel wordt dit bedrag:

$$1.000.000 \text{ inw.} \times 40 \text{ m}^3/\text{inw.}/\text{jaar} \times f 0,27/\text{m}^3/\text{km} = f 108.000/\text{km}/\text{jaar}.$$

De maximale transportafstand naar een punt met ongezuiverde lozing wordt bij 1.000.000 i.e. op basis van deze cijfers:

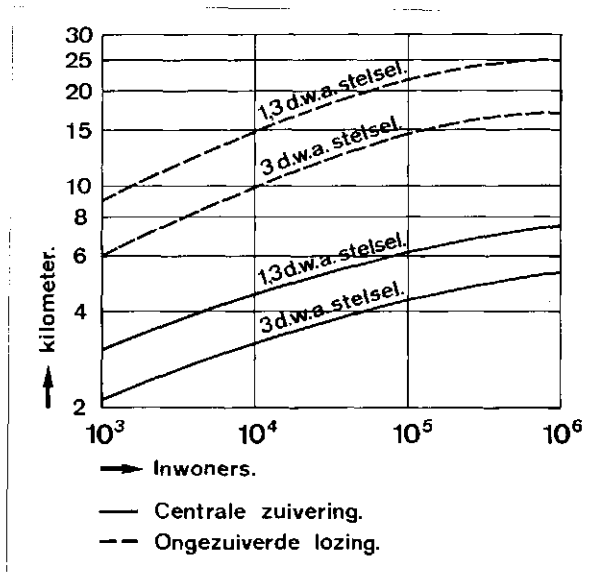
$$\text{Bij een gemengd rioolstelsel:}$$

$$\frac{f 2.750.000/\text{jaar}}{f 162.000/\text{km}/\text{jaar}} = \text{ca. } 17 \text{ km.}$$

en bij een gescheiden rioolstelsel:

$$\frac{f 2.750.000/\text{jaar}}{f 108.000/\text{km}/\text{jaar}} = \text{ca. } 25 \text{ km.}$$

Hieruit blijkt dat bij toenemende grootte van afval-



Afb. 7

waterstromen, de economisch maximale transportafstand nauwelijks toeneemt. Bij nadere beschouwing blijkt de 0,1 ct./m³/km, die nodig is voor het transporteren van afvalwater, een maatgevende rol te spelen en een rem te zijn om op economische gronden tot grotere transportafstanden te komen dan de genoemde 17 km resp. 25 km. In afb. 7 zijn de maximum transportafstanden voor ongezuiverde lozingen grafisch weergegeven voor het gebied tussen 1.000 inw. en 1.000.000 inw.

Deze beschouwingen zijn alleen geldig voor op normale wijze te zuiveren afvalwater, met een vervuilingsgraad die vergelijkbaar is met huishoudelijk afvalwater. Als het afvalwater moeilijk en dus alleen met extra kosten is te zuiveren en/of als de hoeveelheid water per i.e. kleiner is dan bij huishoudelijk afvalwater, dan zijn de maximale afstanden waarover ongezuiverd afvalwater op economische gronden kan worden getransporteerd uiteraard groter dan in de grafiek van afb. 7 is aangegeven.

Ook hier speelt de plaats van lozing van de alternatief beschouwde zuiveringsinstallatie voor het afvalwater een belangrijke rol. Is er nl. in de nabijheid van de bronnen van vervuiling geen geschikt lozingspunt voor gezuiverd afvalwater, dan moeten de afstanden zoals aangegeven in de grafiek van afb. 7 worden beschouwd als de extra afstand waarover op economische gronden ongezuiverd afvalwater — verder dus dan het lozingspunt van gezuiverd afvalwater van de vervuilingsbron is verwijderd — kan worden getransporteerd.

11. Samenvatting

De in de inleiding genoemde onderwerpen kunnen als volgt worden samengevat:

— Bij toenemende grootte van een te bouwen installatie voor het zuiveren van afvalwater nemen de investeringskosten af per i.e., per m³, per eenheid.

Als vuistregel kan men aannemen dat bij een 10 x zo grote installatie de investeringskosten per eenheid ca. 1,8 x zo klein worden.

— Het zuiveren van afvalwater volgens het systeem van de oxydatiesloot vergt ca. 75 % van de investerings-

kosten van een conventionele biologisch-oxydatieve zuiveringsinstallatie voor afvalwater.

— De prijsontwikkeling van de energiekosten blijft duidelijk achter bij de ontwikkeling van de index voor de bouwkosten. Dit leidt tot een tendens om goedkope installaties te bouwen die desnoods meer energie verbruiken dan de meer kostbare installaties.

— Beide voorgaande punten leiden tot een verschuiving van de economische grens van de toepasbaarheid van oxydatiesloten van 6.000 i.e. in het verleden naar 300.000 i.e. thans en wellicht naar $> 1.000.000$ i.e. in de toekomst.

— De huidige hoge rentevoet en de vrij snelle technische veroudering van de installaties werken korte afschrijvingstermijnen in de hand. We moeten dus relatief goedkope constructies toepassen, met een relatief beperkte levensduur.

— In het kader van de bescherming van het openbare water zal de bouw van zuiveringsinstallaties voor afvalwater gelijke tred dienen te houden met het aanbod voor afvalwater.

— Voor een juiste en optimale fasering van de bouw van zuiveringsinstallaties voor afvalwater moet men van nationaal-economische beschouwingen uitgaan.

— Bij een rentevoet van $8\frac{1}{2}\%$ is voor een installatie, waarvan de belasting regelmatig met de tijd toeneemt

— op basis van nationaal-economische beschouwingen — de optimale termijn voor fasering slechts zes jaar. Dit houdt in dat we, met enige nauwkeurigheid althans, steeds „slechts” 10 jaar hoeven vooruit te zien.

— De leidingkosten voor het transport van water nemen sterk af bij toenemende hoeveelheden te transporteren water. Als vuistregel kan men hier aannemen dat bij het zelfde verval en een 10 x zo grote capaciteit van de leiding, de leidingkosten per m^3 te transporteren water ca. 3 x zo klein worden.

— Bij een zelfde capaciteit van de leiding zijn de leidingkosten voor het transport van afvalwater 2 à 3 x

zo hoog als de leidingkosten voor het transport van drinkwater.

— De keuze tussen een gemengd dan wel een gescheiden rioolstelsel heeft geen invloed op de leidingkosten per m^3 te transporteren water. Wel is dit van invloed op de jaarlijkse kosten per inwoner.

— De afstanden waarover op economische gronden — en dus los van andere overwegingen en/of omstandigheden — het afvalwater van verschillende woonkernen naar een centrale zuiveringsinstallatie kan worden getransporteerd is vrij beperkt.

— De afstand waarover op economische gronden afvalwater in ongezuiverde toestand naar een lozingsput kan worden getransporteerd is voor afvalwater met een normale, d.w.z. huishoudelijke, samenstelling — ook bij grote hoeveelheden afvalwater — beperkt tot 15 à 25 kilometer.

12. Slotopmerking

De voorgaande beschouwingen over de kostenaspecten hebben uiteraard een sterke economische en financiële inslag. Bij het optimaliseren van de keuze van de toe te passen methode of het te volgen proces van zuiveren van afvalwater zullen echter ook andere dan zuiver financieel economische aspecten een belangrijke rol kunnen en moeten spelen.

Het is dan ook geenszins mijn bedoeling om het kostenaspect als alleen zaligmakend te beschouwen. Het is echter wel belangrijk de gesignaleerde tendenzen te onderkennen en er — waar nodig — rekening mee te houden.

Literatuur

1. Ulfert Schmidt. *Über die Kosten der biologischen Abwasserreinigung*. Veröffentlichung des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Hochschule Hannover, Heft 13, 1964.
2. V. d. Emde, W. *Winer Mitteilungen*. Wasser — Abwasser — Gewässer. Band 4 1969 Veröffentlichung des Institutes für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz.
3. De Vlieger, C. A. *Economische ontwerpen in de openbare watervoorziening*. H₂O nr. 10, 14 mei 1970.