

Economisch ontwerpen in de openbare water-voorziening *)

De planning van het ontwerpen

In het kort kan de algemene gang van zaken voor het maken van een ontwerp als volgt geschetst worden.

Het begin ontstaat bij de waarneming van een behoefte. Klachten over te lage druk, een overspannen machinist, omdat zijn reinwaterkelders telkens voortijdig leeg zijn, of de visie van de directeur, die een toename van het watergebruik in zijn verzorgingsgebied voorziet.

Bij het begin van het ontwerpwerk zijn technische en niet technische invloeden duidelijk herkenbaar. Onder de niet technische valt als eerste op de vaststelling van de toekomstige behoefte. Hierbij zijn van belang de planologie, streekontwikkeling, industrialisatie, bevolkingsprognose, welvaarts-toename en dergelijke. Aan de technische kant eist het ontwerpwerk de inbreng van de vakkennis van de ontwerper en een aantal specialisten en laboratoria. Wij denken daarbij aan geo-hydrologie, chemie, hydraulica, grondmechanica, procestechniek en dergelijke.

Het is gebruikelijk in het ontwerpwerk drie fasen te onderscheiden: schetsontwerp, definitief ontwerp en bestek. Het is duidelijk, dat vooral in de eerste fase de niet-technische factoren een grote rol spelen.

In de tweede en derde fase verschuiven de bemoeiingen geleidelijk meer naar de zuiver technische kant, hoewel in iedere fase van het ontwerp invloeden „van buiten” verwacht moeten worden.

Tijdens het maken van het definitief ontwerp worden alternatieven bekeken en wijzigingen aangebracht. Verder begint het plan voor niet-deskundigen een reëlere vorm te krijgen. Wij denken daarbij aan bestuurscolleges, landschapsdeskundigen en verschafters van de geldmiddelen.

In het bovenstaande is niets nieuws gezegd, maar vaak realiseert men zich niet, hoe dikwijls de invloeden „van buiten” als onaangenaam ervaren worden.

Ik wil daarom aanbevelen het ontwerpwerk zelf beter te organiseren. Het is algemeen gebruikelijk om voor de uitvoering van een werk een werkplan vast te stellen. Het is betrekkelijk zeldzaam, dat er een werkplan voor het ontwerpwerk gemaakt wordt. Toch is dit het deel, dat de meeste tijd vergt en waarbij de meeste invloeden van buiten bestaan. Een goed werkschema voor het ontwerpwerk behoort ook alle werkzaamheden van specialistische en niet-technische kant te vermelden. Het beste kan dit gebeuren met behulp van netwerk planning. Behalve een veel betere tijdsindeling wordt met een netwerk planning vooral ook een beter inzicht verkregen in mate, waarin verschillende belangen bij het ontwerp betrokken zijn. De ontwerper realiseert zich veel beter, dat een ontwerp niet van hem, of zijn groep, alleen is.

Als de ontwerper zich van het begin af goed realiseert welke belangen bij het ontwerp betrokken zijn en wie zich er mee zal bemoeien (dus wie er belangstelling voor heeft), is het gemakkelijk het eigen inzicht te relativieren.

De ontwerper moet er zich voortdurend van bewust zijn, dat hij de synthese moet maken en het ontwerp in een gave vorm, voor iedereen gaaf, tot uitvoering moet brengen.

De grootte van nieuwe installaties

De in de toekomst benodigde capaciteit wordt in de regel

*) Lezing gehouden tijdens het Aquatech-Congres 1969 in de RAI te Amsterdam op 24 oktober 1969.

geschat in de vorm van een prognose. Dat betekent meestal een met de jaren toenemende behoefte, waarvan de grootte min of meer onzeker is (afb. 1). De onzekerheid is groter naarmate de tijdsperiode, waarover de behoefte bekeken wordt, langer is. In gebieden met grote expansie van de industrie is de verwachte waterbehoefte in de toekomst het meest onzeker. Voor een langzaam toenemende of constant blijvende bevolking is de prognoselijen met een redelijke mate van waarschijnlijkheid te schatten.

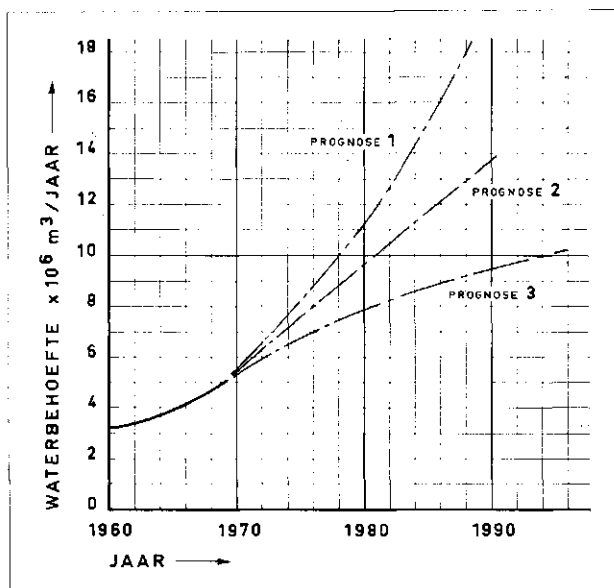
Landelijk wordt thans intensief gewerkt om verantwoorde schattingen van het toekomstige watergebruik te maken. De eerste poging vinden wij in het rapport van de Centrale Commissie voor Drinkwatervoorziening 1965.

Door samenwerking van velen staan nieuwe rapporten op stapel in het kader van de basisplannen.

Voor iedere nieuwe voorziening zal echter bekeken moeten worden, wat de specifieke punten zijn van het gebied, waarvoor de plannen gemaakt moeten worden. Ieder bedrijf zal dan ook blijvend zijn eigen prognose kritisch moeten begeleiden, en de invloeden van alle ontwikkelingen daarin moeten proberen terug te vinden.

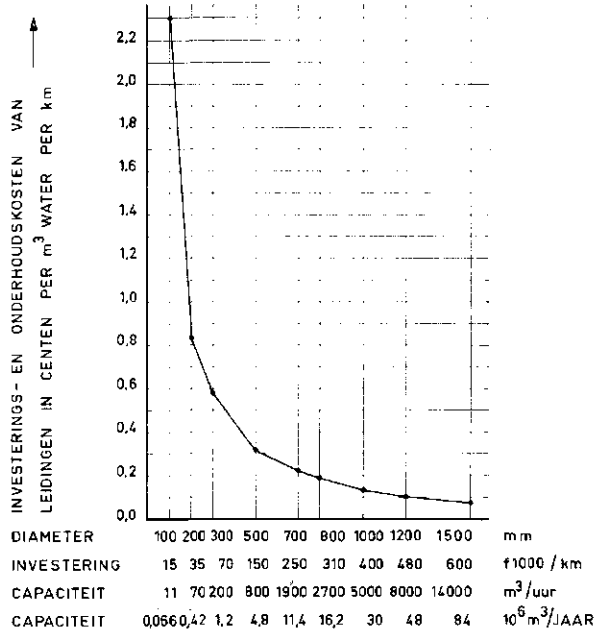
Dit wat de behoefte betreft. Wat de capaciteit van de nieuwbouw aangaat, moet de ontwerper zich realiseren, dat vrijwel algemeen geldt, dat grote eenheden per eenheid productiecapaciteit goedkoper zijn dan kleinere. In de afb. 2 en 3 zijn enkele, betrekkelijk gemakkelijk te berekenen voorbeelden getekend voor transportleidingen en stalen tanks. Er wordt uitdrukkelijk op gewezen, dat de gebruikte bedragen voor de investering slechts als voorbeeld dienen. De ramingen voor de transportleidingen liggen aanmerkelijk lager dan het gemiddelde. Gerekend is met optimale omstandigheden. Aangezien kapitaalkosten een overwegende rol spelen, wordt door het hier weggelaten gedeelte van de exploitatiekosten het algemene beeld niet beïnvloed. De aangegeven kostendaling bij toenemende capaciteit gaat ook op voor filterinstallaties, pompgebouwen en andere meer gecompliceerde eenheden.

Afb. 1 - Mogelijke prognoses van de waterbehoefte in de toekomst.



Uitgangspunten:

- Afschrijvingstermijn 25 jaar
 - Rente 8 %
 - Onderhoud 0,6 %
 - Uurcapaciteit berekend voor drukverlies 2 m/km
 - Jaarcapaciteit 6000 × uurcapaciteit
- jaarkosten 10 % van investering



Afb. 2 - Afnemende transportkosten bij toenemende leidingdiameter.

De eerste conclusie ligt dus voor de hand: maak een ontwerp voor een zo groot mogelijke capaciteit. Wij dienen te beseffen, dat twee eenheden van de halve capaciteit veel duurder zijn dan een eenheid van de volle capaciteit. Een oplossing, bestaande uit twee eenheden met ieder de halve capaciteit, wordt vaak gekozen met het oog op de bedrijfszekerheid. Dit kan zeer nuttig zijn, het is echter aan te bevelen om uit te rekenen, wat die bedrijfszekerheid kost.

Het zo groot mogelijk ontwerpen heeft zijn grenzen in de verliezen door onderbezetting. In afb. 4 zijn vergeleken het theoretische geval, waarbij ieder jaar gebouwd wordt om de behoefte toename van 1 jaar te dekken met het geval, waarbij in één keer gebouwd wordt voor de verwachte behoefte toename van 10 jaar, uitgaande van de prognoselij 2 uit afb. 1. Het is duidelijk, dat de onderbezetting in het tweede geval veel groter is dan in het eerste.

In afb. 5 is een kostenvergelijking per eenheid product weergegeven van de beide bovengenoemde oplossingen. De ontwerper heeft dus te maken met twee tegengestelde tendensen:

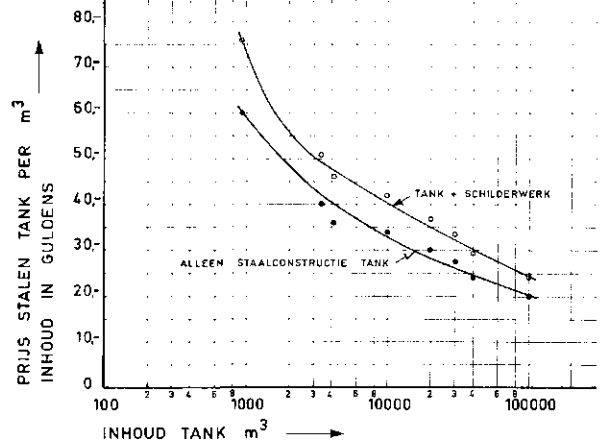
1. grote eenheden zijn goedkoop per eenheid produkt;
2. bij grote eenheden zijn de verliezen door onderbezetting groter dan bij kleinere eenheden.

Voor ieder ontwerp is de capaciteit te berekenen, waarbij de totale kostprijs minimaal wordt. Om deze bewerking uit te voeren moet de constante waarde van de kosten in de verschillende jaren berekend worden. Het ontwerp, dat de laagste kosten geeft (of de grootste winst) is financieel het aantrekkelijkst. Als voorbeeld is berekend de constante waarde van het deel van de kostprijs van watertransport door een buis ter lengte van 1 km, voor zover bepaald door de afschrijvingskosten van de leiding, uitgaande van de prognose 2 uit afbeelding 1.

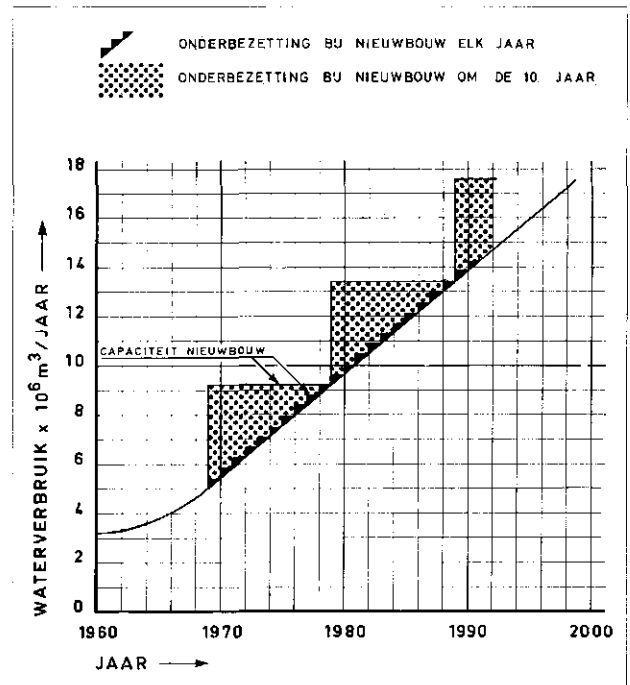
Voor de capaciteitstoename van $0,42 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per jaar zijn in afb. 6 lijnen getekend bij 3,6 en 8 % rente, als verschil-

Uitgangspunten:

- Prijs staalconstructie empirisch bepaald
- Schilderwerk buiten f 10,— per m²
- Schilderwerk binnen f 20,— per m²



Afb. 3 - Afnemende prijs per m³ inhoud voor stalen reinwater tanks bij toenemende inhoud.



Afb. 4 - Onderbezetting bij nieuwbouw elk jaar of om de 10 jaar.

lende mogelijkheden voor de diameter van de steeds bij te leggen leiding worden beschouwd. Er kan namelijk gekozen worden tussen bijvoorbeeld elk jaar een leiding Ø 200 mm bijleggen, elke drie jaar een leiding Ø 300 mm bijleggen, enz. Er blijkt zo een leidingdiameter gevonden te worden, die de laagste contante waarde van de in de toekomst te verwachten investeringskosten geeft.

Op bovenstaande manier wordt slechts de grootte van de investering als kostenfactor ingebracht, en als variabele de capaciteit van de nieuwbouw.

Een veel betere kostenvergelijking wordt verkregen, als voor ieder beschouwd geval de jaarlijkse kosten en opbrengsten worden berekend en van het totaal van ieder jaar de contante waarde wordt berekend.

De jaarkosten worden gevormd door rente en afschrijvingen, onderhoud, energie en bediening. Hierbij moeten dus ook het

pompgedeelte, eventuele opslag en aanjagers, afstandsbediening en telemetrie betrokken worden.

Aan de inkomstenkant moet voor ieder jaar gesteld worden het verwachte gebruik maal het deel van de waterprijs, dat aan het betrokken werk ten goede mag komen.

Deze berekeningen dienen voor een aantal gevallen met verschillende capaciteiten uitgevoerd te worden. Nu moeten echter naast de verschillende leidingdiameters ook het aantal pompen, en de keuze van aanjagers en opslag in de alternatieven bekeken worden. Het is duidelijk, dat het rekenwerk al gauw zo veelomvattend is, dat het met de computer uitgevoerd moet worden.

Wij scheppen dan tevens de mogelijkheid om een inzicht te krijgen in de mate, waarin verkeerde uitgangspunten het financieel resultaat kunnen beïnvloeden. Immers de prognoses, de rentestand en de geldontwaarding blijven onzekere schattingen. Dikwijls zal een minimum gevormd worden, dat naar de ene kant veel gevoeliger is dan naar de andere. In verband met de genoemde onzekerheden zullen wij onze keuze in de regel zo bepalen, dat wij enigszins van het minimum afwijken in de ongevoelige zone. Bijvoorbeeld in afb. 6 zullen wij de leiding eerder iets rechts dan links van het minimum kiezen.

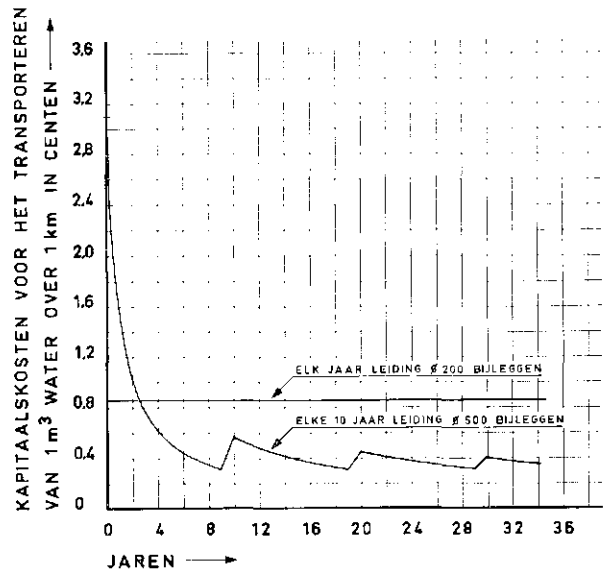
De invloed van de economische levensduur op de kostprijs

Werken met een lange levensduur vormen van oudsher een degelijke basis voor lange afschrijvingstermijnen bij de waterleidingbedrijven. Termijnen van 50 jaar en meer voor gebouwen en leidingen zijn gebruikelijk. Voor motoren en elektrische installaties is al lang geleden duidelijk geworden, dat een kortere levensduur gesteld moet worden; 20 tot 30 jaar zal hiervoor niet vreemd aandoen. Kortere termijnen zijn nodig als geïnvesteerd moet worden in apparatuur voor automatisering, telecommunicatie en dergelijke. Informaties bij de leverancier omtrent garanties en nalevering van onderdelen, en mogelijkheden voor uitbreiding, wijzen uit, dat de fabrikant een veroudering verwacht in periodes, die uiteen lopen van 5 tot 15 jaar. Het is duidelijk, dat afschrijven in 25 jaar dan wat bedenkelijk wordt. Ook lijkt de afschrijving van leidingen en gebouwen in 50 jaar en langer in de huidige dynamische tijd wat irreal. Er is geen zinnig mens, die prognoses kan maken voor 50 jaar. De huidige prognoses in Nederland gaan meestal niet verder dan het jaar 2000. Degenen die hieraan werken, hebben grote moeite om tot verantwoorde vooruitberekening te komen. Hoeveel kans is er, dat een werk, dat nu ontworpen wordt, over 25 jaar nog enigermate aan zijn doel zal beantwoorden? Het is gewenst om de realiteit onder ogen te zien en te aanvaarden, dat wij ten hoogste 20 tot 25 jaar, zij het al met grote speculaties, vooruit durven te zien. Als hiermede de verwachte economische levensduur wordt bepaald dan zullen de afschrijvingstermijnen daarmee in overeenstemming gebracht dienen te worden. Betrekken wij hierbij hetgeen hierboven is opgemerkt over de daling van de kostprijs bij groter wordende productiecapaciteit, dan is de logische consequentie, dat de na ons komende generaties in staat gesteld moeten worden, die voordelen te plukken door nieuwe, grotere eenheden te bouwen.

Daarnaast verliest het vasthouden aan lange afschrijvingstermijnen veel van zijn waarde in de huidige situatie met hoge rentestanden, zoals valt af te lezen uit de afb. 7 en 8. Uit afb. 7 blijkt, dat bij een hoge rentestand de jaarlijkse op te brengen annuïteiten relatief en absoluut slechts weinig groter worden. Uit afb. 8 kan worden afgelezen, dat bij gelijkblijvende jaarlijkse kosten, slechts weinig extra geïnvesteerd mag worden om een langere levensduur te bereiken. Bijvoorbeeld om een levensduur verdubbeling van 25 tot 50 jaar te bereiken, mag slechts 14 % meer geïnvesteerd worden om de jaarlijkse kosten gelijk te doen blijven. Omgekeerd mag bij een levensduur-korting van 50 tot 25 jaar nog 88 % van het oorspronkelijke bedrag geïnvesteerd

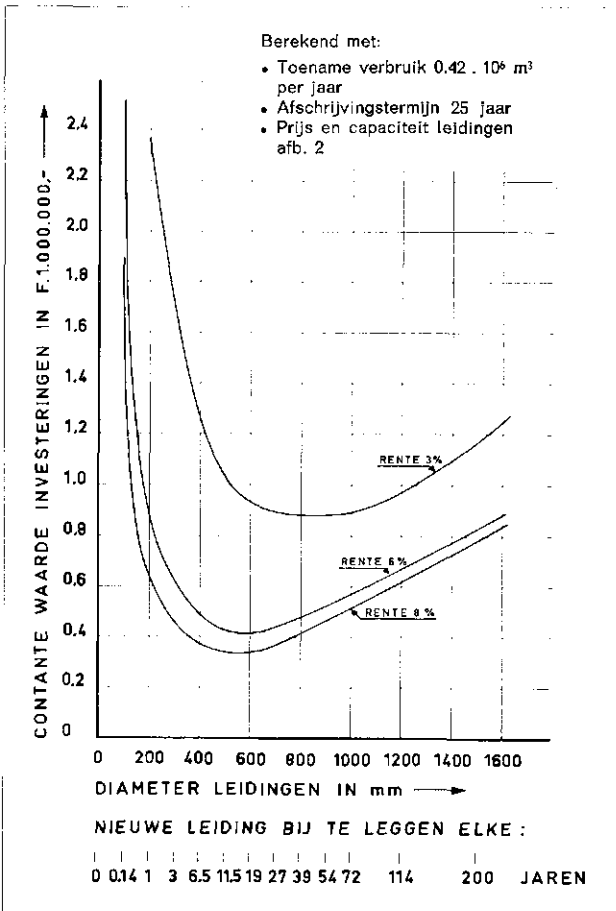
Uitgangspunten:

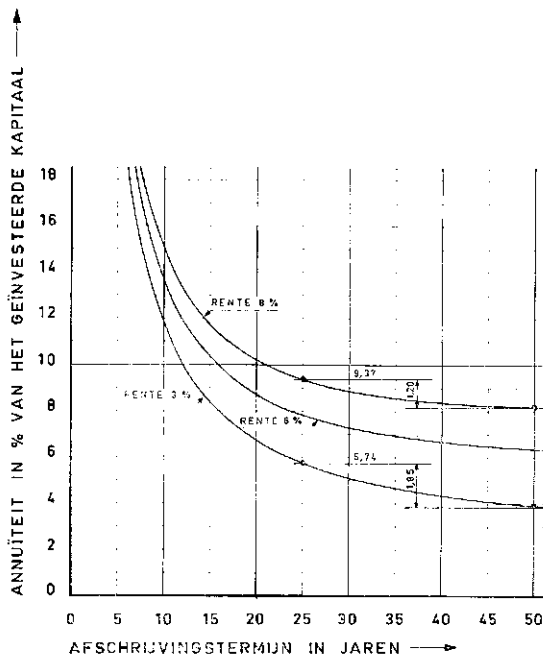
- De leidingscapaciteiten en transportkosten afb. 2
- De prognose voor de waterbehoefte afb. 4



Afb. 5 - Kosten voor watertransport bij uitbreiding van het leidingnet met: • 1 leiding Ø 200 mm elk jaar; • 1 leiding Ø 500 mm om de 10 jaar.

Afb. 6 - Invloed van de leidingdiameter bij een vaste verbruikstoename op de contante waarde van de investering.





Afb. 7 - Invloed van afschrijvingstermijn en rentevoet op de annuïteiten.

worden bij gelijkblijvende kosten. Dit geldt bij een rentevoet van 8 %. Bij lagere renten is dit effect minder sterk. Hieruit volgt dus de voorkeur voor goedkope constructies, ook al hebben die slechts een korte levensduur. Uiteraard moeten hierbij de kosten van onderhoud mede bekeken worden.

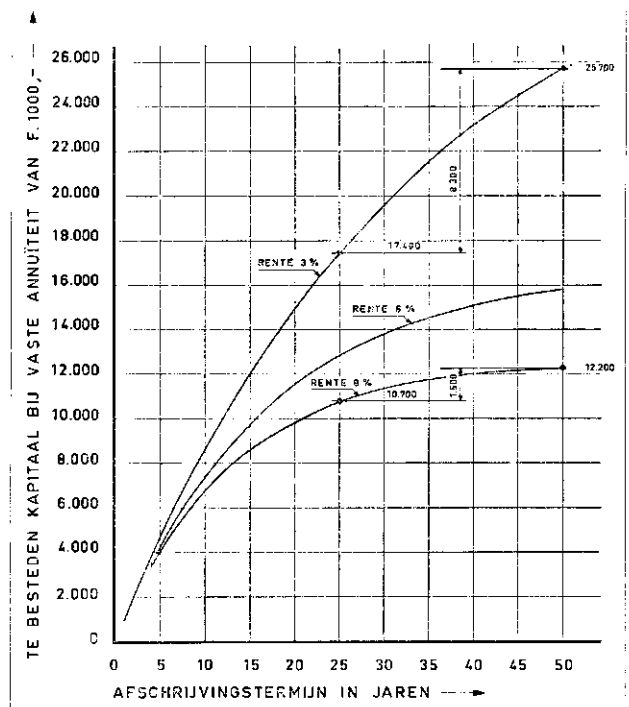
In het verleden is de ontwikkeling geleidelijk al in bovengeschetste richting gegaan door toepassing van staal, asbestcement, beton en pvc voor leidingen in plaats van het dure, doch resistente gietijzer. Ook bij andere ontwerpen kan de economie worden opgevoerd. Voor de gebouwen kan meer met genormaliseerde of geprefabriceerde eenheden ontworpen worden.

Een ontwikkeling, die sedert enige jaren doorzet is de toepassing van stalen tanks voor de reinwaterberging. Als de tanks op de eenvoudigste en voordeligste manier worden geconstrueerd, vergen deze in het algemeen een lager bedrag aan investeringen dan een even grote betonnen kelder (zie ook afb. 3). Eventuele grote zettingen moeten geaccepteerd worden en de voordeligste verhouding tussen hoogte en diameter moet gekozen worden. Bevriezingsgevaar en de keuze van buiten- en binnenbeschermlagen vragen vooral de aandacht.

In het onderstaande wordt aangeduid op welke wijze constructiedetails voordelig kunnen worden opgelost. Dat wil niet zeggen, dat een duurdere oplossing nooit overweging zal verdienen. Het is uiteraard mogelijk, om met grotere uitgaven een constructie in staal te maken, die meer jaren dienst zal kunnen doen.

In afb. 9 is schematisch de tank met een aantal verbindingsleidingen weergegeven. De tank moet op een zandophoging gezet worden, waarvan de hoogte bij voorkeur iets groter dient te zijn dan de te verwachten zettingen. In verband met deze zettingen moeten in de vul- en zuigleiding flexibele verbindingen gemaakt worden. Hiervoor kan met een hogedruk rubberverbindingsstuk worden volstaan. De eerste vulling moet langzaam gebeuren. De stijgsnelheid kan variëren van enkele cm tot 1 m per dag, afhankelijk van de grondlagen onder de tank.

Tijdens de periode van de eerste vulling moeten geregeld



Afb. 8 - Invloed van afschrijvingstermijn en rentevoet op het te investeren kapitaal bij een gegeven annuïteit.

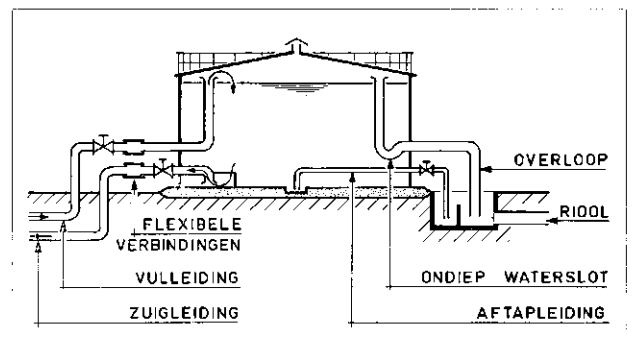
waterpassingen verricht worden om te controleren of de tank horizontaal blijft. Ook kan het nodig zijn dagelijks waterspanningsmetingen te verrichten, teneinde te controleren of water- en korrelspanningen zich aanpassen bij de bovenbelasting. Bij grote ongelijke zettingen is de kans op kantelen niet denkbeeldig.

De keuze van de voordeligste verhouding van hoogte en diameter van de tank heeft ten gevolge dat een vrij hoge tank ontstaat. Het verschil tussen hoog- en laagwater van de reinwatervoorraad is meestal veel groter dan bij betonnen reservoirs gebruikelijk is. Dit betekent meer problemen bij de regeling van de pompen.

In verband met bevriezingsgevaar kan de overloop het eenvoudigst met een waterslot binnen in de tank worden uitgevoerd. Voor de afsluiters zijn bij voorkeur vlinderkleppen te kiezen, omdat in de kop van een gesloten schuifafsluiter een hoeveelheid opgesloten water aanwezig is, waardoor bij bevriezing breuk kan optreden.

Indien in de ademopening fijn gaas is aangebracht, kan deze in geval van ijzel dichtvriezen, waardoor bij verlaging van de waterstand in de tank het dak naar binnen klappt. Dit geval is te voorkomen door 's winters het fijne gaas uit de ademopening te verwijderen. Een beveiliging tegen bovengevoerd gevaar kan ook bereikt worden door het waterslot

Afb. 9 - Principe doorsnede stalen tank.



in de overloop zodanig uit te voeren, dat slechts een klein drukverschil voldoende is om lucht door te laten (dus een ondiep waterslot).

Afdoende bescherming van het staal aan binnen- en buitenkant is tegenwoordig geen onoplosbaar probleem meer. Er zijn voldoende verf- en kunststoffen, waarmee tegen een redelijke prijs een goede bescherming te bereiken is. Een levensduur van 10 jaar voor de binnenbescherming en 5 jaar voor de buitenbescherming kan zeker geëist worden.

In het bovenstaande is bij alles het financieel voordeel centraal gesteld. Constructies van nutsbedrijven voor de openbare watervoorziening moeten aan de hoogste eisen van hygiëne en betrouwbaarheid voldoen. Deze dienen als basisprincipe aan de ontwerpen ten grondslag te liggen. Het is dan ook niet de bedoeling van het bovenstaande dit op enigerlei wijze in twijfel te trekken. Ook ten aanzien van de estetica moeten soms hoge eisen gesteld worden. Deze laatste zullen echter van plaats tot plaats sterk verschillen. Bijvoorbeeld het bouwen van stalen tanks zal op een industrieterrein in het algemeen geen bezwaar ontmoeten, maar elders misschien ontoelaatbaar zijn.

In de bouwkunde is voorts al dikwijls bewezen, dat mooie constructies zeker niet altijd duur behoeven te zijn.

Het beoordelen van de economische waarde van een constructie berust slechts voor een deel op de investeringskosten, die in het bovenstaande steeds uitsluitend beschouwd zijn. De onderhouds- en exploitatiekosten zijn eveneens van belang. Een goede vergelijking ontstaat slechts als alle kosten in de beschouwing betrokken worden.

Samenvatting

Het bovenstaande wordt in het kort als volgt samengevat:

- a. Een betere organisatie van het ontwerpen voorkomt, dat onvoorziene omstandigheden en bemoeienissen het gereedkomen van het ontwerp vertragen. Netwerkplanning verdient hierbij aanbeveling.

- b. Ontwerpen voor grotere capaciteiten geven een lagere kostprijs per eenheid productie capaciteit. Het berekenen van de optimale ontwerpgrrootte voor een gegeven capaciteit is vaak zeer bewerkelijk. Inschakeling van een computer is dan noodzakelijk.
- c. In verband met de door de dynamische ontwikkeling bepaalde onzekerheid van prognoses van het waterverbruik over langere termijn, dienen afschrijvingstermijnen korter gekozen te worden dan tot nu toe gebruikelijk. Bij de huidige hoge rentestand brengt dit slechts een geringe kostenverhoging mede.
- d. In verband met de genoemde kortere afschrijvings-termijnen kan toepassing van minder dure materialen wogen worden.
- e. In hoofdzaak is aandacht besteed aan economische belangen; voorop gesteld wordt, dat deze slechts één facet vormen van een ontwerp. Hygiëne, betrouwbaarheid en estetica mogen nimmer vergeten worden.

Literatuur

1. Gregory, S. A., „*The design method*”, Butterworths, London 1966.
2. Dorgelo, A., „*Bouwplannen beter voorbereiden*”, Misset, Dordrecht.
3. Gronendijk, J., „*Bepaling van de basisgegevens voor het ontwerp van het moderne koopvaardijship door de reder*”, *De Ingenieur*, 81, 6 juni 1969 pp. W 114-W 122.
4. Blom, F. W. C., „*Contante waarde berekening*”, Doelmatig bedrijfsbeheer, juli 1969.
5. „*Grundfragen zur Wasserpreisgestaltung*”, *Das Gas- und Wasserfach*, 110, Heft 32, 8 August 1969, pp. 857-859.
6. Schnapauff, J., „*Die Aachener Kurve in der Praxis*”, *Das Gas- und Wasserfach*, 109, Heft 18, 3. Mai 1968, pp. 478-483.
7. Karpe, H. J., „*Zur Dokumentation des Entscheidungsprozesses in der Siedlungswasserwirtschaft*”, *Das Gas- und Wasserfach*, 110, Heft 6, 7. Februar 1969, pp.145-147.
8. Uchelen, H. van, „*Composite Water Towers*”, *De Ingenieur*, 81, 20 juni 1969, pp. B 103-B 110.