

# Lekonderzoek in het drinkwaterdistributiesysteem van Khulna-Bangladesh

## Inleiding

De drinkwatervoorziening van Khulna, één van de grootste en snelst groeiende steden van Bangladesh (afb. 1) vormt momenteel het onderwerp van een in het kader van de ontwikkelingssamenwerking tussen Nederland en Bangladesh uitgevoerde feasibility studie.

In deze multidisciplinaire studie is samengewerkt door een aantal Nederlandse bureaus, onderscheiden naar de volgende hoofdcomponenten:



IR. J. LOUWE KOOIJMANS  
Ingenieurs- en Architectenbureau  
Haskoning



D. SOPAR  
KIWA NV

— projectleiding: Ingenieurs- en Architectenbureau Haskoning;

— socio-economische en demografische studie: Bureau voor Stedebouw F. J. Zandvoort BV;

— grondwater studie en waterkwaliteit: Adviesbureau voor watervoorziening IWACO BV;

— oppervlaktewater studie, productie, transport en distributie: Ingenieurs- en Architectenbureau Haskoning;

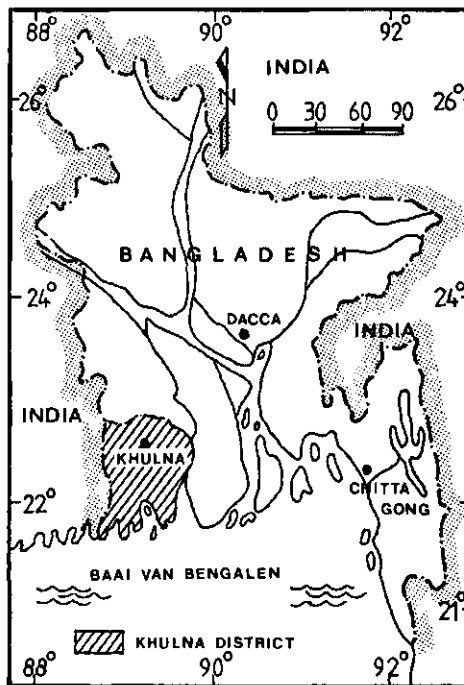
— lekonderzoek bestaande distributiesysteem: KIWA + Haskoning;

— organisatie, management, training, tarievenstudie: Imeconsult.

De adviezen voor de verbetering en uitbreiding van de drinkwatervoorziening van Khulna zowel op korte termijn (Immediate Programme), als op lange termijn zijn, voor wat de distributie betreft, gebaseerd op een beoordeling van het bestaande systeem en de situering van de toekomstige productieputten voor grondwaterwinning. Gebruik van oppervlaktewater is tot aan het jaar 2000 nog niet noodzakelijk en zowel technisch als financieel ook minder aantrekkelijk.

Omdat vooraf bekend was dat het bestaande distributiesysteem in een niet zo beste staat verkeert, is in het studieprogramma de uitvoering van een algemeen lekonderzoek opgenomen.

Zo'n lekonderzoek geeft uitsluitend een



Afb. 1 - Situatie Bangladesh.

indicatie van het totale lekverlies en verschaft onvoldoende gegevens waar en waardoor lekkages en verspillingen optreden.

In tweede instantie is dan ook een gedetailleerd lekonderzoek uitgevoerd in een proefgebied (pilot area).

In dit artikel wordt in het kort verslag gedaan van de opzet van dit onderzoek en van de specifieke problemen die een dergelijk onderzoek in een ontwikkelingsland met zich meebrengt.

## Bestaande waterleidingnet

De opzet van een drinkwaterdistributiesysteem in Khulna is begonnen in de periode 1920-1930 met het leggen van 2"-6" gietijzeren leidingen. Dit zgn. 'oude systeem', dat nog gedeeltelijk in gebruik is, wordt gevoed met min of meer gezuiverd oppervlaktewater uit de Bhairab River en heeft een capaciteit van slechts 900 m<sup>3</sup>/dag. Sinds 1960 is de instantie die toen verantwoordelijk werd voor het ontwerp en de realisatie van de openbare drinkwatervoorziening, het Department of Public Health Engineering (DHPE), begonnen met de aanleg van een 'nieuw systeem' ter vervanging en uitbreiding van het oude systeem. Dit distributienet is voornamelijk opgebouwd uit leidingen van asbestcement, pvc en galvaniseerd staal in diameters van 3"-12" en wordt gevoed met ongezuiverd grondwater uit 10 verspreid binnen het woongebied liggende productieputten, met een totale capaciteit van ca. 12.300 m<sup>3</sup>/dag.

Het oude en het nieuwe DHPE systeem

zijn aan elkaar gekoppeld; drukzoning is in dit vlakke gebied niet toegepast.

In één van de wijken is een gescheiden net aangelegd, gevoed uit twee productieputten met een capaciteit van 2.500 m<sup>3</sup>/dag. In totaal zijn er ca. 5.300 huisaansluitingen (vnl. 1/2"-3/4"), waarvan er echter in het gescheiden net 1.350 niet van water worden voorzien. Daarnaast zijn er ca. 140 openbare tappunten (public standposts), waarvan er een groot aantal buiten gebruik zijn of soms continu lopen, omdat de kraan eraf gesloopt is (afb. 2).

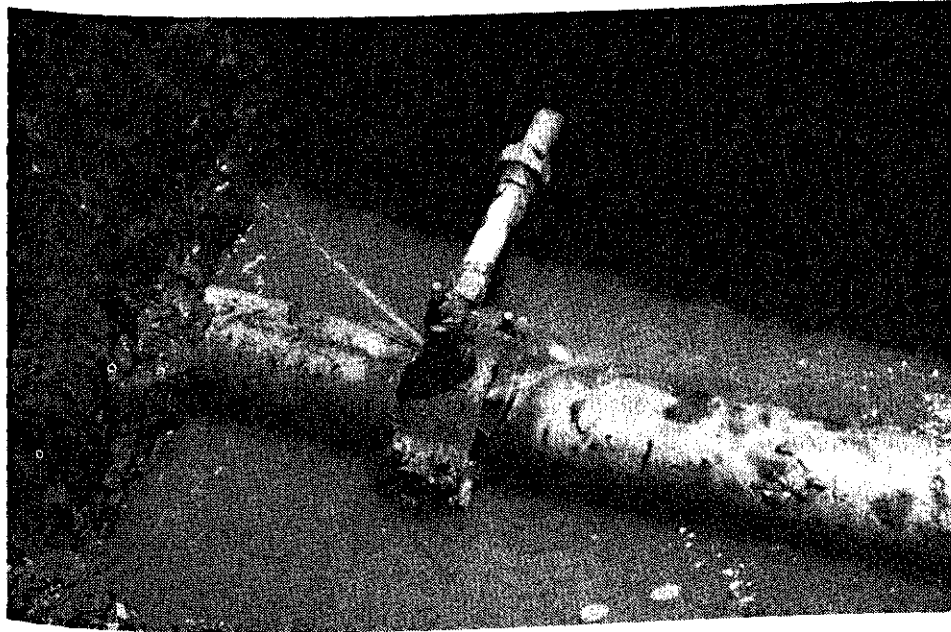
De voeding van het net is discontinu (8-10 uur per dag) naar men zegt, om het omhoog komen van zout grondwater (opconing) te voorkomen, dit is echter nooit aangetoond. Deze 8-10 uur worden overigens vaak niet eens gehaald door het zeer frequent uitvallen van de electriciteitsvoorziening.

Van de 665.000 inwoners (1979) worden er thans ca. 200.000 van drinkwater voorzien middels de bestaande distributiesystemen.

Het overgrote deel van de bevolking is voor z'n watervoorziening nog aangewezen op voornamelijk handpompen. Er wordt door 112 handpompen water onttrokken uit de diepere zoete lagen en door 849 handpompen uit de brakke ondiepe lagen. In de stad zijn 4 hoogreservoirs gebouwd met een gezamenlijke capaciteit van 1.450 m<sup>3</sup>, terwijl 2 andere reservoirs voor in totaal ca. 1.600 m<sup>3</sup> in aanbouw zijn. De industrieën en grote instellingen hebben grotendeels hun eigen voorziening. Omdat de watervoorziening intermitterend is en de drukken al op korte afstand van de bron vaak zeer laag zijn door het enorme lekverlies en door het feit dat

Afb. 2 - Openbaar tappunt (type Khulna) waarvan kraan afgesloopt is.





Afb. 3 - Lekkage t.p.v. de aansluiting van dienstleiding op hoofdleiding.

afsluiters soms flink geknepen staan, is het al gauw een gewoonte geworden dat men bij de huizen laagreservoirs ging bouwen, waar men dan het water met emmers etc. uithaalt of doorpompt naar een hoogreservoir (rooftank). Als de druk in het net hoog genoeg is, hetgeen vrijwel nergens voorkomt, worden rooftanks direct gevoed. Bedrijfsvoering, onderhoud en ook het inzamelen van rekenen zijn taken van de gemeente, de zgn. Pourashava. De bedrijfsvoering en het onderhoud voldoen, ondermeer door gebrek aan geld en gereedschap, in de verste verte niet aan de daartoe te stellen eisen.

### Algemeen lek- en verspillingsonderzoek

#### Visueel onderzoek

Vóórdat is overgegaan tot een lekonderzoek door meting, is eerst de toestand van het distributiesysteem aan een visueel onderzoek onderworpen vanaf de bron tot aan de tappunten. In de distributieleidingen konden de grote lekken die zich manifesteerden visueel vrij gemakkelijk worden opgespoord. Op een leidingtraject van 500 m waren 7 lekken duidelijk zichtbaar. Bij opgraven bleken de buisverbindingen te lekken. Een ander belangrijk punt van lekkage is de aansluiting van de dienstleiding op de distributieleiding (afb. 3). Door het ontbreken van aanboortoestellen wordt er soms met een beitel en een hamer een gat gehakt in de leiding met als resultaat een groot aantal scheuren in de lengterichting van de buis (afb. 4) die dan met wat bandages en ijzerdraad worden 'verbonden'. Ook de gebruikte buiszadels, beugels en pakkingen (stukken autoband, schoenzolen!) zijn van inferieure kwaliteit

waardoor vrijwel alle huisaansluitingen lekken, zeker bij een hogere druk van ca. 25 mwk. De laagreservoirs bij de huizen zijn doorgaans open en zijn net als de rooftanks niet voorzien van vlotterkleppen. Het overlopen van reservoirs is dan ook een veel voorkomend verschijnsel. Verspilling van water treedt ook op bij de public standposts omdat vele kranen defect zijn of blijven lopen als de pompen in werking zijn (afb. 2). De kranen worden over het algemeen wel dichtgedraaid na gebruik. Ook bij inspectie van het binnenleidingnet, voor zover dat door de bewoners werd toegestaan, bleek het algemene euvel: geen onderhoud en buitensporige verspilling van water.

### Metingen

Voor het uitvoeren van metingen t.b.v. lekonderzoek wordt meestal de nachtelijke periode uitgekozen, omdat dan de afname minimaal is. Daar de watervoorziening in Khulna intermitterend is, verspreid over twee perioden overdag, is de waarde van een nachtmeting zonder het aanbrengen van een aantal technische voorzieningen hier twijfelachtig. Hierop wordt later teruggekomen.

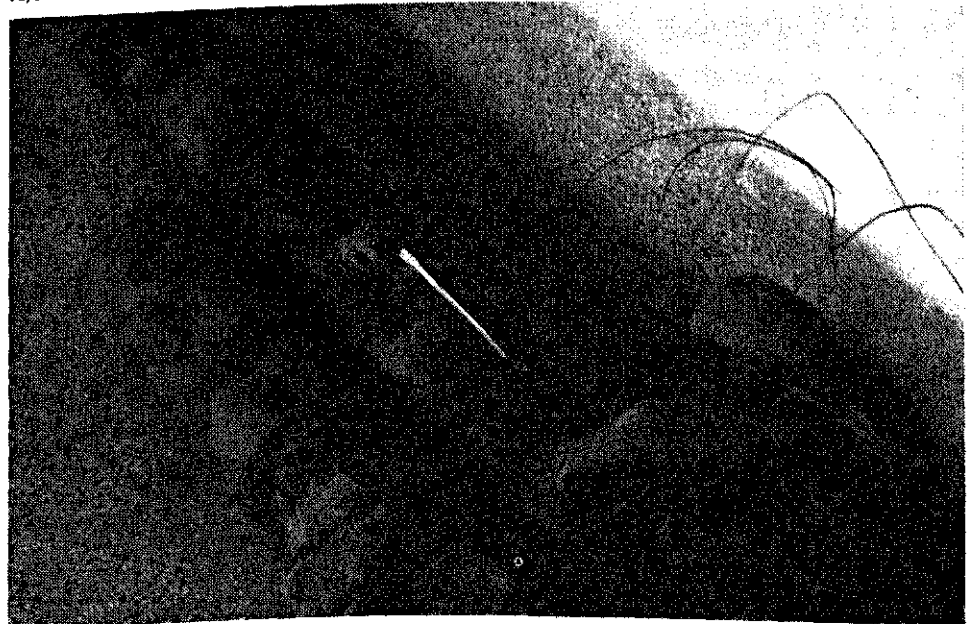
Bovendien moeten de pompen enige uren voor de meting lopen om er zeker van te zijn dat alle reservoirs bij de huizen zijn gevuld. Voor de meting werden twee gebieden geselecteerd die konden worden geïsoleerd en rechtstreeks worden gevoed. De lekkage en verspilling die kon worden gemeten ten opzichte van het totale debiet bedroeg 62 % resp. 89 %.

De conclusie dat het distributienet van Khulna het best kan worden vergeleken met een vergiet moge na de beschrijving van het globale visuele onderzoek niet verbazingwekkend heten, maar deze uitspraak heeft op zich nog niet representatief te zijn voor het gehele net. Het onderzoek gaf ook geen antwoord op de vraag hoe de verdeling van de lekkage en verspilling is over de diverse componenten van het systeem.

Een andere vraag die onbeantwoord bleef, was of het zinvol is het bestaande systeem te rehabiliteren, welke maatregelen daarvoor nodig zijn en hoeveel de kosten zullen bedragen.

In overleg met de opdrachtgever en de counterpartorganisatie DHPE is toen besloten een gedetailleerd onderzoek in een proefgebied uit te voeren. Hierbij zou tevens een trainingsaspect tot uitvoering

Afb. 4 - Reparatie van scheur (witte streep geeft lengte aan), ontstaan door onvakkundig aanboren.







Afb. 7 - Controle waterdichtheid afsluiters m.b.v. afsluisterapparatuur.

- aantal verbruikers met huisaansluitingen : 2212
- aantal huisreservoirs (laag) : 91, totaal ca. 167 m<sup>3</sup> variatie 110-8400 l.
- aantal huisreservoirs (hoog) : 32, totaal 85 m<sup>3</sup> variatie 120-7500 l.
- gemiddelde berging in huisreservoirs : 114 l/verbruiker

— Omdat de metingen om praktische redenen gefaseerd worden uitgevoerd is het gebied in 5 subzones verdeeld (afb. 5) het gebied in 5 subzones verdeeld (afb. 5) en zijn extra afsluiters ingebouwd ter begrenzing. Ook zijn alle afsluiters beproefd op waterdichtheid (afb. 7).

— Om voeding van het net zowel uit het hoogreservoir als rechtstreeks vanuit de productiebron mogelijk te maken is een 6" verbindingsleiding aangelegd en zijn de nodige extra afsluiters geïnstalleerd (afb. 6).

— Voor het meten van de waterafgifte is een 7 m<sup>3</sup> watermeter gebruikt. Hiertoe moest aan weerszijden van 3 afsluiters een aanboring worden gemaakt en dienstkransen met de nodige fittingen worden aangebracht. Tevens is een aanboring gemaakt voor de opstelling van een drukmeting.

— Voor het meten van extreem hoge verliezen bijv. door buisbreuk t.g.v. verhoogde druk in de leidingen, is een extra 4" watermeter ingebouwd.

— Om het lekverlies in de hoofdleidingen gescheiden te kunnen meten van de lekverliezen in de huizen zijn stopkransen ingebouwd in alle dienstleidingen nabij het punt waar deze boven maaiveld komen.

**Metingen**

Om het ongemak voor de verbruikers te beperken zijn de metingen uitgevoerd in de periode 10 uur v.m. tot 2 uur n.m. De procedure van het onderzoek is aangegeven in afb. 8.

Daar het lek- en verspillingsverlies gerelateerd wordt aan het verbruik, zou het gewenst zijn om het werkelijk waterverbruik, representatief voor de pilot area, te meten. Hiertoe zijn wel pogingen ondernomen. Omdat het onmogelijk bleek in de huizen te komen en het binnenleidingstelsel te onderzoeken en vóór de meting lekdicht te maken is aan de uitgevoerde meting weinig waarde te hechten en is uitgegaan van het gemiddelde waterverbruik voor huisaansluitingen zoals dat werd berekend aan de hand van de resultaten van de socio-economische enquête: 105 lpcd (= liter per capita per dag). Het precieze percentage lekverlies is in feite trouwens minder interessant dan de oorzaken ervan.

Voor de berekening van de verdeling van de lekverliezen over de leiding tot aan de stopkraan en het gedeelte achter de stopkraan zijn per zone metingen verricht met gesloten en open stopkransen en zijn alleen de resultaten van de eerste meting in de berekening betrokken en niet die na de diverse reparatieronden.

In feite moest bij de metingen met gesloten stopkransen bij iedere stopkraan een mannetje op wacht staan, omdat bleek dat men sterk geneigd was de kraan weer open

te draaien om zo buiten de leveringsuren het reservoir te vullen onder het motto 'het kan maar vol zijn'. Gezien het frequente uitvallen van de stroomvoorziening geen onlogische gedachte! Wat betreft de lekkage in de leidingen viel het op dat deze nauwelijks afnam na reparatie van de lekken, m.a.w. door reparatie van het ene lek ontstaat lekkage in de volgende iets minder zwakke plek, vooral te constateren bij opvoering van de druk tot een niveau dat in de toekomst zal worden gehanteerd. Omdat zich tijdens de metingen in de subzones 1, 2 en 3 een identiek beeld van de lekkages manifesteerde is besloten om de metingen in de subzones 4 en 5 niet voort te zetten. Hier speelde ook mee dat dergelijke metingen grote logistieke problemen met zich meebrengen, zoals o.a. verkrijgbaarheid van materialen en materieel en het beperkte vakmanschap van de ploeg die de onderzoekers assisteerde.

**Meetresultaten en conclusies**

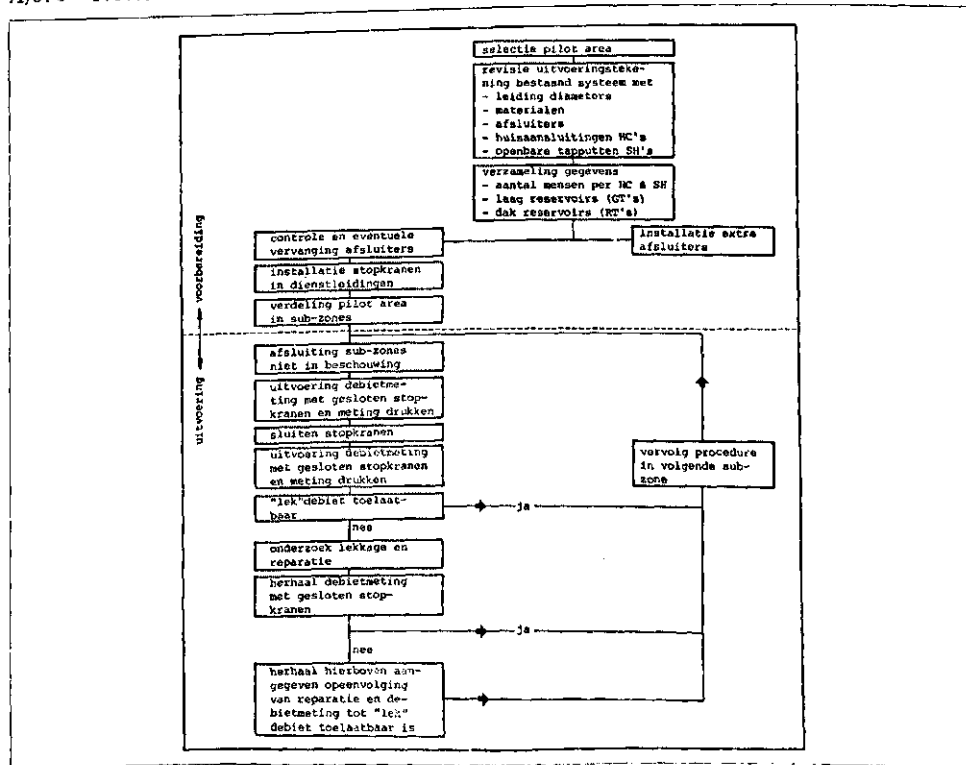
De resultaten van de metingen in de drie subzones zijn samengevat in tabel I.

Voor de drie subzones wordt de verdeling

- verbruik : 19 %
- lekverlies in leidingen tot stopkransen : 21 %
- lek- en verspillingsverlies in huizen etc. na stopkransen : 60 %

De algemene conclusie van het eerste onderzoek wordt hiermede bevestigd.

Afb. 8 - Procedure schema lekonderzoek.



TABEL I - Meetresultaten lekverlies pilot area.

	1	Subzone 2	3
Aantal verbruikers	189	460	434
Verbruik in lpcd (soc.-ec. enquête)	105	105	105
Gemeten debiet in systeem met stopkranen open bij 23 mwk in lph	10.102	17.702	38.218
Totaal debiet in systeem over 9 uur met stopkranen open in 'lpcd'	90.918	159.318	343.962
Totaal huishoudelijk verbruik in lpcd	19.845	48.300	45.570
Totaal institutioneel verbruik in lpcd	n.v.t.	1.718	n.v.t.
Totaal verbruik	19.845	50.018	45.570
Verbruik als percentage van het totale debiet	22	31	13
Totaal lekverlies als percentage van het totale debiet	78	69	87
Gemeten debiet in systeem met gesloten stopkranen bij 23 mwk in lph	1.915	4.988	6.748
Totaal lekverlies in leidingen over 9 uur bij gesloten stopkranen in 'lpcd'	17.235	44.892	60.732
Lekverlies in leidingen tot stopkraan als percentage van het totale debiet	19	28	18
Lekverlies via reservoirs en binnenleidingsstelsel vanaf stopkraan als percentage van het totale debiet	59	41	69

Verder kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

#### Lekverlies in leidingen en stopkranen

Het lekverlies in de leidingen vindt hoofdzakelijk plaats bij de aansluiting van de dienstleiding op de hoofdleiding en vindt z'n oorzaak in ondeskundige uitvoering en inferieure kwaliteit van het gebruikte materiaal. Bij een toekomstige werkdruk van 23 mwk zullen alle aansluitingen op den duur gaan lekken en deze dienen dus allemaal vakkundig te worden vernieuwd, inclusief de vele lekkende spindels van dienstkranen (voor zover die aanwezig zijn).

Daarnaast lekken een aantal van de toegepaste Gibault en Dresser koppelingen, ook weer door fouten tijdens de aanleg. Dit aandeel zal toenemen bij verhoogde druk.

#### Lek- en verspillingsverlies in leidingen na stopkranen

Het lekverlies in het binnenleidingsstelsel, de verspilling via overlopende reservoirs en in mindere mate continu lopende defecte public standposts vormen de bulk van het totale verlies. De constructie van de public standposts is uiterst zwak en knullig en voorstellen zijn dan ook ingediend om te komen tot een uniform type degelijke public standposts. De kranen zelf blijven overigens het zwakke punt.

De huisreservoirs zijn in feite ondingen en vormen een infectiebron en een broedplaats voor insecten. Als er 24 uren levering is zouden ze ook niet nodig zijn. Of sanering van huisreservoirs bij 24 uren levering, hoe

nodig ook uit gezondheidsoogpunt, op korte termijn haalbaar is, is uiterst dubieus. In eerste fase zou dan ook moeten worden begonnen met het aanbrengen van vlotterkleppen.

Een onderverdeling over echt lekverlies in het binnenleidingsstelsel en de verspilling is niet te geven.

Slechts incidenteel lukte het een huis binnen te komen waarbij dan bleek dat alle aanwezige tapkranen en ook alle verbindingen lek zijn. De constante stroom schoon water uit de afvoergoten van de woningen was echter veelbetekenend in dit verband. De eigenaars van huizen met rooftanks bleken zich ook niet bewust van de extra energiekosten als gevolg van verspilling door lekkende tapkranen.

#### Slotopmerkingen

Op grond van een extrapolatie van de bevindingen van het lekonderzoek naar het gehele distributienet is een raming gemaakt van de kosten voor rehabilitatie. Deze rehabilitatie vormt dan weer een onderdeel van een zgn. 'Immediate Programme' dat erop gericht is om de deficiënties in winning, distributie en organisatie en management op te heffen.

Deze rehabilitatie kan naar onze mening echter niet los gezien worden van realisatie van de overige maatregelen die zijn voorgesteld, vooral die welke betrekking hebben op bedrijfsvoering en onderhoud.

Een belangrijk gevolg van de rehabilitatie en het terugdringen van het lekverlies zal zijn dat het net een niet onbelangrijke overcapaciteit krijgt. Hierdoor zou niet alleen een groter aantal huisaansluitingen

kunnen worden gemaakt maar bovendien het aantal public standposts aanzienlijk kunnen worden uitgebreid. Het is juist de groep van de allerarmsten (60 % van de bevolking) die van dit type voorzieningen gebruik moet maken en waarvan het voorzieningsniveau kwantitatief en kwalitatief thans zeer laag is.

Het uitvoeren van een lekonderzoek onder omstandigheden zowel technisch, organisatorisch als cultureel, die zo sterk afwijken van hetgeen we in Nederland kennen is slechts met zeer veel improvisatie, enthousiasme en geduld mogelijk. De resultaten hebben dan ook maar een beperkte nauwkeurigheid, hetgeen ook niet als het belangrijkste moet worden gezien. Het uitgevoerde onderzoek is wel als instrument zinnig gebleken om te komen tot een gefundeerd advies voor maatregelen welke op korte termijn getroffen dienen te worden.



#### Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen KIWA NV

#### Het ontwerpen en berekenen van leidingnetten

##### KIWA-mededeling nr. 58

Over de uitgangspunten bij het ontwerpen en berekenen van leidingnetten bestaan verschillen van inzicht. Deze verschillen komen in de eerste plaats voort uit plaatselijke omstandigheden, maar ook persoonlijke visies, die vaak intuïtief tot stand zijn gekomen, spelen hierbij mee.

In dit rapport is ingegaan op enkele van de belangrijkste uitgangspunten, te weten:

1. het meest economische drukverlies
2. de bedrijfszekerheid
3. de brandbluseisen.

Gezien het aantal variabelen en de grote verschillen, die kunnen voorkomen bij deze variabelen, is het niet mogelijk tot algemene regels te komen. Het rapport beperkt zich er dan ook toe berekeningsmethoden en benaderingswijzen aan te geven, waarmee een ieder voor zijn situatie tot een goede bepaling van eerdergenoemde uitgangspunten kan komen. Een belangrijk hulpmiddel is de methode der contante waarden. Hiermee kunnen goede financiële vergelijkingen worden gemaakt. Deze methode is uitgebreid beschreven in het rapport 'De contante waarde als maatstaf voor de langetermijn-planning bij het waterleidingbedrijf' KIWA-mededeling nr. 59.