

# Het ontwerpen van leidingnetten in bestemmingsplannen

Voordracht voor de VWN-vergadering van 30 november 1977.

## 1. Inleiding

Had iemand mij een aantal jaren geleden voorspeld, dat ik eens een verhaal zou houden over het ontwerpen van leidingnetten, dan had ik mijn schouders opgehaald en gezegd: Wat moet je nu over een dergelijk onderwerp vertellen, wat niet iedereen al lang weet?

Uit het feit, dat ik hier nu sta, mag u concluderen, dat er in de achter ons liggende periode iets geweest is, waarop ik niet gerekend had. Dat iets was eigenlijk iemand, nl. de heer Wijntjes, die van mening was,



IR. A. H. STOFBERG  
NV Waterleiding Maatschappij  
Gelderland, Velp

dat er op het gebied van de distributie te weinig aan onderzoek werd gedaan.

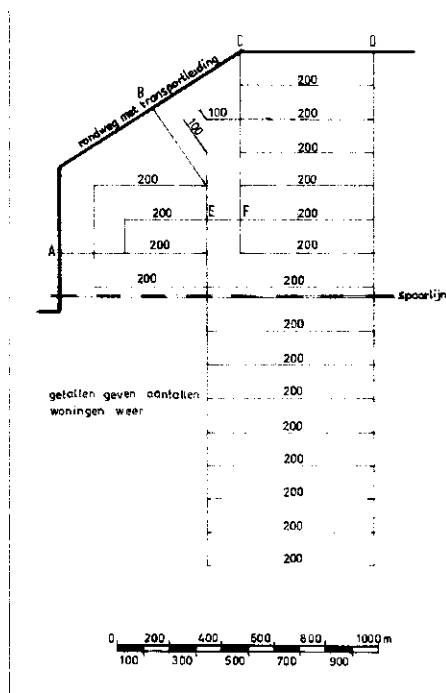
Hij heeft een aantal medestanders weten te krijgen en zo is 5 jaar geleden de Commissie Distributie tot stand gekomen.

Toen we als commissie voor het eerst bij elkaar kwamen, lag er een lijst van te bestuderen onderwerpen op tafel. Eén van die onderwerpen was het ontwerpen en berekenen van leidingnetten. U zult het al wel begrepen hebben, toen na die eerste vergadering de kruiddampen optrokken, vond ik mezelf terug met de opdracht een werkgroep te vormen om het ontwerpen en berekenen van leidingnetten te bestuderen. We zijn nu 5 jaar verder en ons rapport is vrijwel klaar. U zult zeggen: 5 jaar is een lange tijd om over zo'n onderwerp een rapport te maken, maar u moet wel bedenken, dat het vrijwel geheel vrije-tijds-werk is geweest en dan gaat de tijd snel. Ik wil u eerlijk bekennen, dat ik aanvankelijk niet zo enthousiast was over het onderwerp. Maar mij is toch weer gebleken dat, wanneer je met een aantal mensen een onderwerp serieus bekijkt, er toch vaak interessante dingen te voorschijn komen. Vandaar, dat ik het aanbod om hier vandaag een deel van het rapport aan U voor te leggen graag heb aangenomen.

## 2. Het ontwerpconcept

Hoe pak je nu als werkgroep een algemeen onderwerp als leidingnet-ontwerp en berekening aan? We zijn begonnen elkaars achtergronden, filosofie en werkwijze te leren kennen; je kan het ook noemen, aan elkaar te wennen.

De volgende stap is geweest, dat ieder als huiswerk meekreeg het ontwerp van een leidingnet voor een nieuwbouwwijk in



Afb. 1.

Wijchen van 4000 percelen (zie afb. 1).

Het enige wat we daarbij afgesproken hadden was, dat het verbruik per perceel op 80 l/h was geraamd.

Nu weet je dat, wanneer je zoiets aan tien verschillende mensen geeft, je ook tien verschillende oplossingen krijgt, maar de verschillen tussen de diverse oplossingen hebben ons toch verrast. Het verschil in investering tussen het goedkoopste en het duurste plan bedroeg ca. 50%. Daarbij is dan nog uitgegaan van gelijke prijzen per diameter per meter hoofdleiding. We zijn deze zaak gaan analyseren en daarbij bleek, dat er in hoofdzaak 3 punten oorzaak waren van de verschillen, nl.:

1. het aangehouden drukverlies;
2. de brandbluseisen;
3. de mate van bedrijfszekerheid.

Voordat ik op deze punten inga, lijkt het me verstandig eerst iets te vertellen over hoe je nu zo'n leidingnet ontwerpt.

We hebben daar het volgende recept voor opgesteld:

1. verdeel het net in meerdere vertakte netten; bij vermaasde netten moeten daarbij een aantal mazen worden doorgeknipt;
2. bij het doorknippen van de mazen moeten de volgende vuistregels worden aangehouden:
  - a. gestreefd moet worden naar de kortste weg naar elke afnemer;

b. zorg, dat alle leidingen zoveel mogelijk volbelast zijn;

c. het transport door een leiding met grotere diameter is relatief goedkoper dan dat door een leiding met een kleinere diameter;

3. het dimensioneren geschiedt met de equivalentie-methode;

4. het net moet worden gecontroleerd op bedrijfszekerheid en de mogelijkheden tot brandblussing.

Bij dit recept kan ik de volgende toelichting geven.

*ad 1.* Dit ligt alleen al voor de hand, omdat een vertakt net eenvoudig te berekenen is en een vermaasd net op dit gebied problemen geeft.

Maar er is nog een reden: een vertakt net is economischer dan een vermaasd net. Daar staat wel weer tegenover dat het minder bedrijfszeker is.

Het is echter doelgerichter en daardoor goedkoper eerst een vertakt systeem, aangepast aan de waterverbruiken, te ontwerpen en dan vervolgens de bedrijfszekerheid te vergroten door het maken van doorverbindingen, dan bij het ontwerpen reeds met ringsystemen te werken!

*ad 2.* De punten a en b spreken voor zich. Ook punt c is geen nieuwe gedachte, maar het is toch goed er even bij stil te staan en het toe te lichten met onderstaande tabel I.

TABEL I.

Diam. in mm (1)	Investering in guldens per m <sup>1</sup> (2)	Capaciteit bij 2 m/km in m <sup>3</sup> /h (3)	Investering per m <sup>3</sup> uur-capaciteit (2) : (3) (4)
100	28	10	2,80
150	38	32	1,19
200	50	66	0,76
250	64	120	0,53
300	80	200	0,40

Wat de investering betreft kan worden opgemerkt, dat hierin blijkt een in 1972 gehouden enquête grote verschillen optreden tussen de diverse bedrijven. De verhouding tussen de kosten van de verschillende diameters ligt wel aardig gelijk. Vorenstaande investeringen zijn gemiddelden van de op prijspeil van 1972 door een aantal waterleidingbedrijven opgegeven prijzen. Op zichzelf is het geen openbaring, dat bij een grotere diameter de transportkosten lager worden. We kunnen er echter verder mee gaan door bepaalde combinaties van leidingen te bekijken (tabel II).

TABEL II.

Diam. in mm	Investering in guldens per m'	Capaciteit bij 2 m/km in m <sup>3</sup> /h	Investering per m <sup>3</sup> uurcapaciteit	Verhouding in kosten
2 Ø 300 + Ø 100	2 x 80 + 28 = 188	2 x 200 + 10 = 410	0,46	1
3 Ø 250	3 x 64 = 192	3 x 120 = 360	0,53	1,15
Ø 250 + Ø 100	64 + 28 = 92	120 + 10 = 130	0,71	1
2 Ø 200	2 x 50 = 100	2 x 66 = 132	0,76	1,07
Ø 200 + Ø 100	50 + 28 = 78	66 + 10 = 76	1,03	1
2 Ø 150	2 x 38 = 76	2 x 32 = 64	1,19	1,16

TABEL III.

Diam. in mm	Debiet in m <sup>3</sup> /h bij een drukverlies van			Acceptabele belasting van de leiding in m <sup>3</sup> /h bij een aangenomen gemiddeld drukverlies van 2 m/km	Aantal woningen dat voorzien kan worden door de leiding bij een aangenomen gemiddeld drukverlies van 2 m/km
	1 m/km	2 m/km	3 m/km		
100	7,5	10	13	0—13	0 ≤ 150
125 *	13	19	23	13—22	150—300
150	21	32	43	22—45	300—550
200	46	66	83	45—83	550—1.000
250	83	120	150	83—145	1.000—1.750
300	135	200	240	145—250	1.750—3.000
400	290	420	520	250—520	3.000—6.500
500	520	760	940	520—900	6.500—11.000
600	860	1.120	1.550	900—1.350	11.000—17.500
700	1.300	1.850	2.300	1.350—2.300	17.500—28.000

\* Wanneer de Ø 125 niet wordt gebruikt, kan de grens tussen Ø 100 en Ø 150 bijv. komen te liggen bij 200 woningen.

Hier komt nog bij het effect, dat voor de duurste leiding ook het kortste tracé kan worden gekozen.

ad 3. Dit is een methode die, dacht ik, voor het eerst door de Haagse Duinwaterleiding is gebruikt. Het eenvoudigst is dit toe te lichten aan de hand van tabel III. Bij deze methode wordt gerekend met verbruiken of aantallen woningen, die door een leiding met een bepaalde diameter kunnen worden voorzien. Om het voorbeeld niet te ingewikkeld te

maken is uitgegaan van een spitsverbruik van 80 l/h voor alle woningen. Voorts nemen we als voorbeeld aan, dat als algemene maatstaf een drukverlies van 2 m/km wordt aangehouden. Omdat vanaf het eindpunt gerekend het debiet geleidelijk toeneemt, is aangehouden dat een acceptabele belasting van de leiding ligt tussen de drukverliezen 1 m/km. en 3 m/km. Met deze tabel is het nu eenvoudig allerlei netten te dimensioneren.

ad 4. De controle op bedrijfszekerheid en

brandblusmogelijkheden spreekt voor zich.

### 3. Toepassing

#### 3.1. Het ontwerp van het net

Bovenstaand recept gaan we nu toepassen op de nieuwbouwwijk in Wijchen. We beginnen met het net te verdelen in 4 verctakte netten (zie afb. 1a).

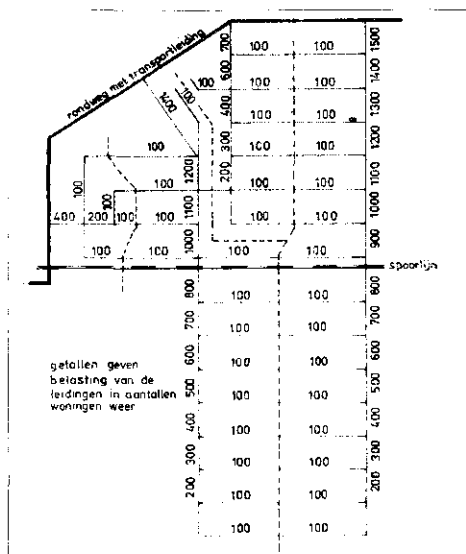
In deze afbeelding staat aangegeven waar de netten zijn doorgesneden en hoeveel percelen door iedere leiding moeten worden voorzien. Gebruiken we tabel III, dan is het bepalen van de diameter een eenvoudige zaak (zie afb. 1b). Aangehouden is, dat geen diameter van 125 mm wordt gebruikt.

Kijken we nog eens naar onze vuistregels hiervoor, dan zien we, dat regel 2a, de kortste weg naar elke afnemer, redelijk goed is nagekomen. Regel 2b, een zoveel mogelijk volbelasten van elke leiding, kan nog een kleine verbetering geven. De leiding Ø 250, die bij B aftakt van de transportleiding, heeft nog wat ruimte om percelen over te nemen van het net dat aftakt bij punt C. Hier speelt ook bij mee, dat het vervoer door een grote leiding goedkoper is dan door een kleine (Regel 2c).

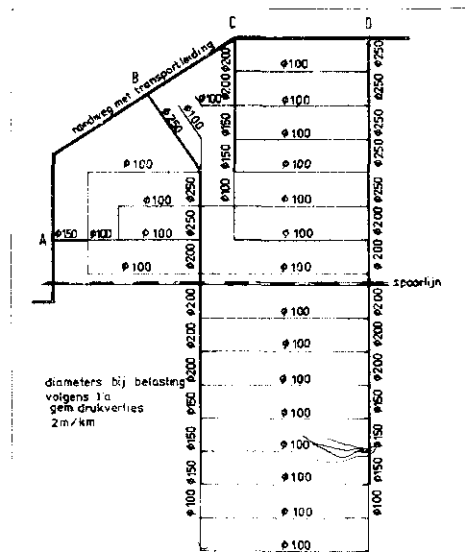
We maken leiding E - F Ø 150 mm. Er kunnen dan 400 percelen worden voorzien door deze leiding. Het net komt er dan uit te zien als in afb. 1c is aangegeven.

Aangenomen is een toelaatbaar drukverlies van 2 m/km. De afstand tussen de rondweg met de transportleiding en het verst verwijderde knooppunt bedraagt 2 km. Het drukverlies van de rondleiding tot het eindpunt zou dan 4 m mogen bedragen. Controleren we een en ander met een computerberekening, dan blijkt het berekende drukverlies 3,5 m te bedragen.

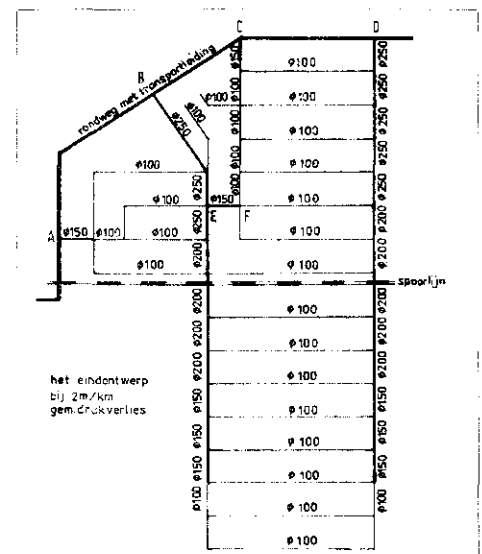
Afb. 1a.



Afb. 1b.



Afb. 1c.



### 3.2. Bedrijfszekerheid

Vervolgens moeten we het net controleren op bedrijfszekerheid. Daarvoor is het nodig wat dieper op het begrip bedrijfszekerheid in te gaan.

In de Aanbevelingen uitgegeven door de VEWIN staat o.a. de zinsnede: Het waterleidingbedrijf behoort de bedrijfszekerheid zo hoog mogelijk op te voeren als in verband met het daarbij betrokken belang economisch verantwoord is. Men kan het ook anders formuleren nl. de schade, het ongerief, het gevaar voor verontreiniging van het net etc. welke voortvloeien uit onderbrekingen of vermindering van de waterlevering moeten worden afgewogen tegen de kosten, welke vergroting van de bedrijfszekerheid met zich meebrengt.

Het eerste wat we daarvoor moeten weten, is het verbruikspatroon van het voorzieningsgebied. Voor de WMG is daartoe een frequentieverdeling van de uurverbruiken van een bepaald gebied gemaakt (zie afb. 2).

Uit deze frequentieverdeling is afgeleid de overschrijdingskromme in afb. 3. Omdat bij het berekenen van leidingnetten vrijwel altijd wordt gerekend met spitsbelastingen, zijn de verbruiken nu uitgedrukt in percentages van het maximum uurverbruik. Uit deze kromme is bijv. af te lezen, dat het aantal uren in een jaar, dat het verbruik groter is dan 50 % van het maximum uurverbruik 800 is. Deze kromme geeft een aardige indruk wat er gebeurt, wanneer door een storing de capaciteit van een net terugvalt naar een lager niveau.

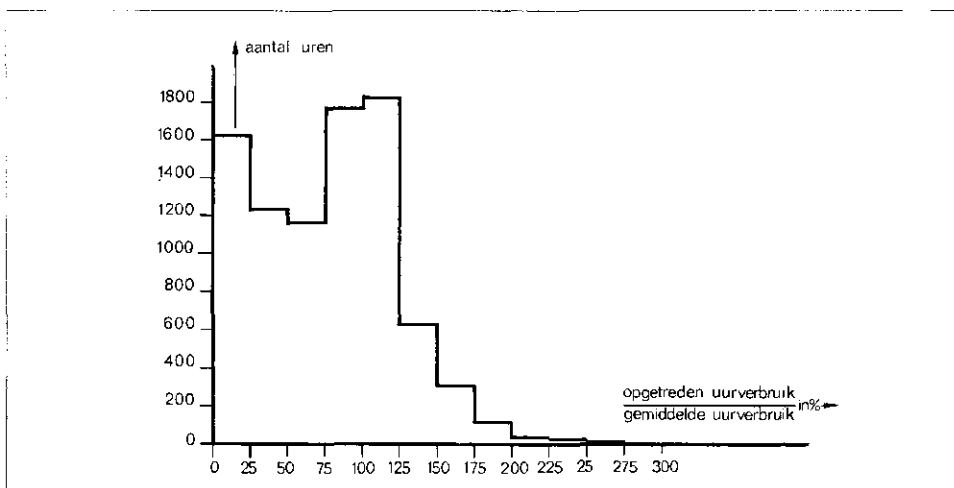
Bekijken we nu ons ontworpen net in Wijchen, dan is zonder er aan te rekenen, te zien, dat dit met weinig of geen extra maatregelen zo is uit te voeren, dat het bij een storing in welke toevoerleiding ook steeds een capaciteit heeft van tenminste 50 % van het spitsverbruik. Dit geldt in het algemeen voor nieuwbouwnetten.

Uit afb. 3 kunnen we aflezen, dat bij het WMG-gebied verbruiken > 50 % van het maximum uurverbruik per jaar ca. 800 uur voorkomen. Bij de 8760 uren, die een jaar telt, is de kans dat een verbruik > 50 % van het maximum uurverbruik optreedt

$$\frac{800}{8760} \times 100 \% = \text{ca. } 9 \%. \text{ Aangezien}$$

reparaties aan leidingen met een diameter van 250 t/m 400 mm enige uren tijd in beslag nemen, zal de kans dat er drukverlaging optreedt door onvoldoende capaciteit ook enige malen groter zijn.

Welke drukverlaging toelaatbaar is, zal, o.a. afhankelijk van de bebouwingshoogte, van bedrijf tot bedrijf verschillen. Er zijn echter een aantal factoren, die het optreden van ontoelaatbare drukverlagingen zeer beperken. Als zodanig zijn te noemen:



Afb. 2.

a. De overcapaciteit van het net. Elk net wordt ontworpen voor een toekomstig verbruik en heeft in de eerste jaren daardoor een overcapaciteit. Raakt het net volbelast, dan moet op een of andere wijze de capaciteit weer vergroot worden, waardoor weer overcapaciteit ontstaat. Daarboven hebben de leidingen met kleinere diameters nog een overcapaciteit in verband met de brandblusvoorziening. Is er bijv. een overcapaciteit van 20 %, dan zou bij een storing in één van de leidingen de aanvoercapaciteit naar de wijk terugvallen naar tenminste 60 % van het maximum uurverbruik. Uurverbruiken > 60 % van het maximum uurverbruik komen slechts 300 keer per jaar voor. De kans op een drukverlaging wordt dus snel kleiner.

b. Buiten de spitsuren is er extra drukverlies beschikbaar, doordat het drukverlies in de overige leidingen in het transportsysteem relatief gering is.

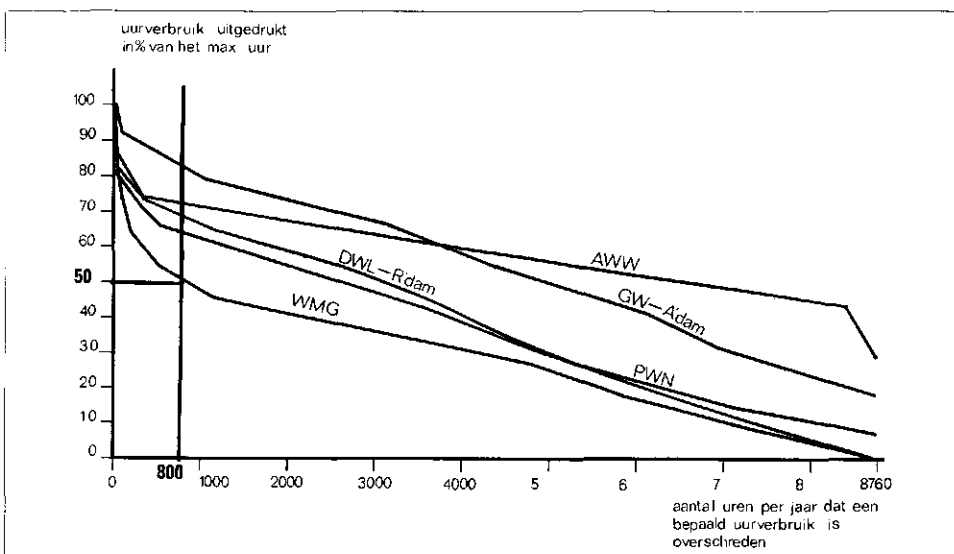
c. Wanneer men moeilijkheden ziet aankomen, kan men door de bevolking in te lichten, grote verbruiken voorkomen.

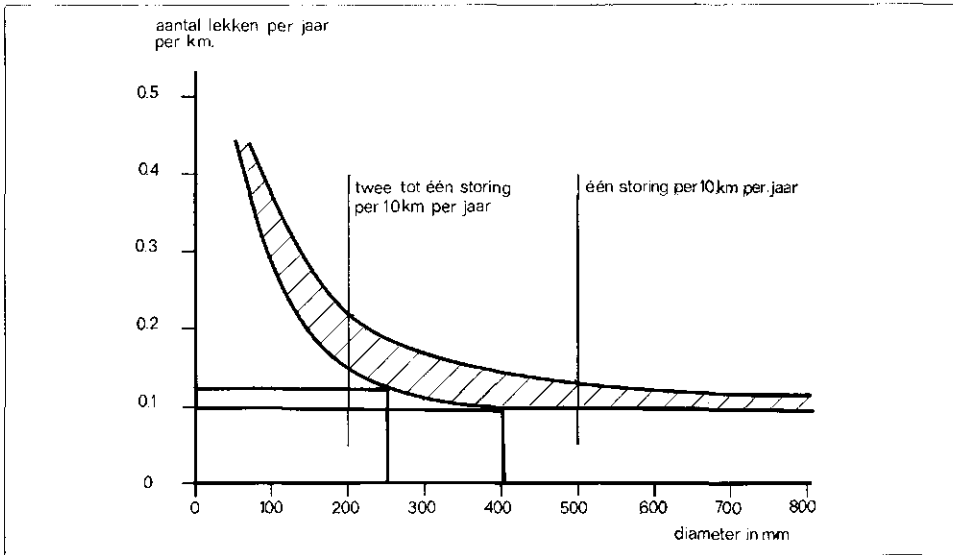
Ik moet er wel op wijzen dat bij dit verhaal uitgegaan is van een bij de WMG voorkomend verbruikspatroon. Bij andere bedrijven kan dit duidelijk afwijken.

Dat blijkt bijv. uit afb. 4.

Zou je hier uitgaan van 800 uren waarbij voor de WMG de capaciteitsterugval 50 % is, dan moeten de PWN, Rotterdam, AWW en Amsterdam percentages aanhouden van resp. 62, 67, 70 en 80. Het is dus van belang, dat ieder bedrijf zijn verbruikspatroon kent. Behalve de gevolgen van een bepaald defect moeten we ook kijken naar de kans, dat zo'n defect optreedt. Daartoe zou ieder bedrijf moeten beschikken over een grafiek van de voorgekomen storingen, zoals bijv. door een aantal Franse waterleidingbedrijven is gepubliceerd bij één van de internationale waterleidingcongressen (zie afb. 5).

Afb. 3 en 4.



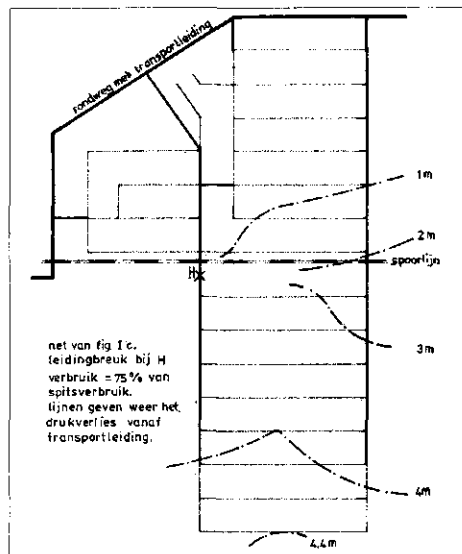
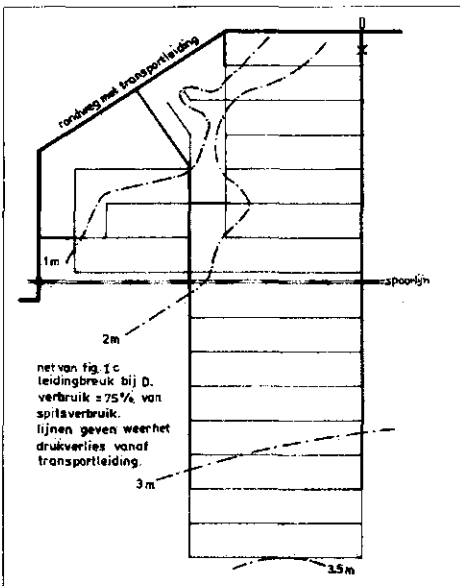


Afb. 5.

Passen we dit toe op de wijk in Wijchen, dan moeten wij bijv. een schatting maken, hoe groot de kans is, dat de aanvoerleiding Ø 250 bij punt B buiten bedrijf moet worden genomen. Deze leiding Ø 250 komt buiten bedrijf, wanneer de leiding Ø 250 zelf defect is of wanneer een defect optreedt in de afsluitersectie van de transportleiding langs de rondweg, waarop de leiding Ø 250 is aangesloten.

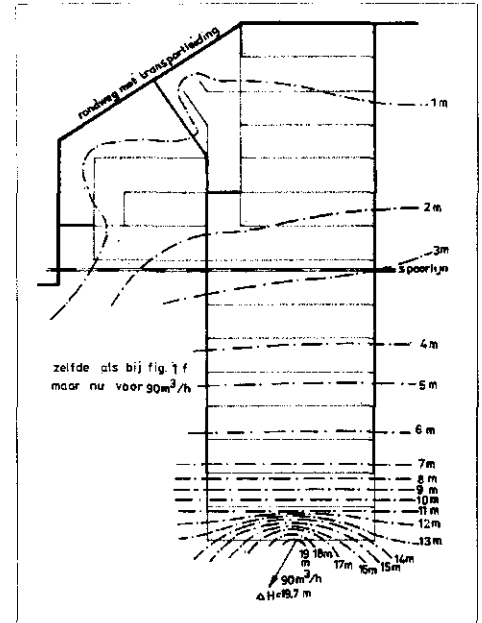
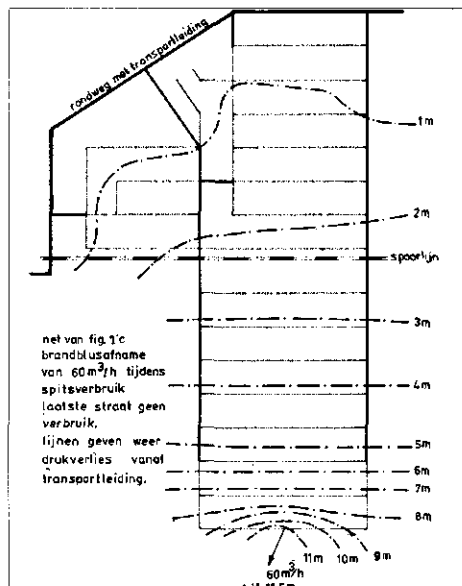
Nemen we aan, dat van de rondleiding de betreffende afsluitersectie 1 km lang is en dat de diameter 400 mm is en dat de afsluitersectie van de Ø 250 leiding 0,5 km lang is, dan volgt uit afb. 5 — aangehouden is de onderste lijn — dat de kans op een defect in de transportleiding eens in de ca. 10 jaar is en de kans op een defect in de leiding Ø 250 eens in de ca. 15 jaar is.

Afb. 1d.



Afb. 1e.

Afb. 1f.



Afb. 1g.

In totaal is dit een kans van eens in de 6 jaar. Ieder bedrijf kan aan de hand van zijn gegevens op deze wijze afwegen welke maatregelen t.a.v. de bedrijfszekerheid verantwoord zijn. Als afsluiting van mijn verhaal over bedrijfszekerheid wil ik u nog de uitkomsten laten zien van 2 computerberekeningen, nl. de drukverliezen die optreden bij leidingbreuken bij de punten D en H, ervan uitgaande dat het optredende verbruik 75 % is van het spitsverbruik (zie afb. 1d en 1e).

3.3. Brandblussing

Onze laatste controle betreft de levering van brandbluswater. Met de computer hebben we 2 gevallen nagerekend, nl. op het spitsuur, in de verst verwijderde straat een brandblusafname van resp. 60 m<sup>3</sup>/h en 90 m<sup>3</sup>/h. Daarbij is aangenomen, dat in die straat geen verbruik is. De resultaten zijn te zien in de afb. 1f en 1g.

3.4. Kostenverschil met andere oplossingen

Voordat we iets zeggen over andere oplossingen is het goed nog even te herhalen dat de uitgangspunten van het uitgewerkte ontwerp waren:

1. een drukverlies van 2 m/km;
2. bij de opzet is geen rekening gehouden met brandbluswater;
3. er zijn geen speciale maatregelen voor de bedrijfszekerheid getroffen.

Gaan we de verschillen met de andere oplossingen bekijken, dan blijkt dat de streekbedrijven (PWN en WMG) een drukverlies aanhielden van 2 m/km en de stedelijke bedrijven Amsterdam, Antwerpen en

Rotterdam een drukverlies van 1 m/km. Dit had tot gevolg, dat de investering bij de oplossing van de stedelijke bedrijven 7 % hoger was. We hebben hetzelfde voor een stad van 100.000 inwoners gedaan, en ook daar bleek het verschil in investering 7 % te zijn. Ik wil u eerlijk bekennen, dat dat mij meeviel.

Wat de brandblussing betreft, worden door de verschillende bedrijven zeer uiteenlopende eisen aangehouden. De meest extreme eis was wel 90 m<sup>3</sup>/h bij 20 m druk tijdens het spitsuur. Dit had een verhoging van de investering van 30 % tot gevolg.

Wat de bedrijfszekerheid betreft zijn er ook allerlei verschillen.

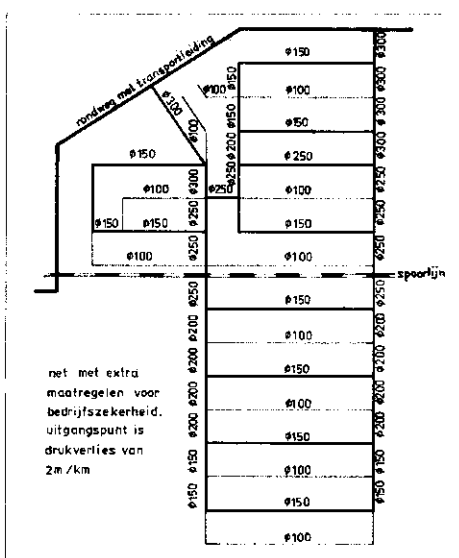
In het algemeen blijkt er toch royaal met ringleidingen te worden gewerkt. Een voorbeeld is afb. 1h waarbij tussen de 2 Ø 300 mm aanvoerleidingen een verbindingsleiding Ø 250 is aangebracht en verder een groot aantal kleinere ringen met leidingen Ø 150. De meerdere investing is ca. 20 %.

Over één zaak heb ik nog niet gesproken, nl. de energiekosten. We hebben voor u uitgerekend, dat bij een drukverlies van 1 m/km de investering aan hoofdleidingen 7 % hoger is dan bij drukverliezen van 2 m/km, maar daar staat natuurlijk een besparing aan energiekosten tegenover. Dat geldt ook een beetje voor de bedrijfszekerheidsmaatregelen. Ook hierdoor worden de drukverliezen wat lager en wordt dus energie bespaard. Een bespreking van alle facetten die te maken hebben met de energiekosten gaat nu te ver. U kunt het vinden in het rapport. Ik wil nu volstaan met te zeggen dat, wanneer je op de ouderwetse manier rekent, d.w.z. alleen kijkt naar de optredende drukverliezen, naar de verbruiken in de wijk en naar de huidige energieprijzen, de energiekosten dan te verwaarlozen zijn.

Houd je echter rekening met allerlei bijkomende factoren, en dan wil ik hier volstaan met het noemen van toekomstige verhogingen van de energieprijzen, dan worden de energiekosten wel van belang. In bepaalde omstandigheden wordt dan het verschil in investering tussen het plan met een drukverlies van 2 m/km en dat met een drukverlies van 1 m/km — dat was 7 % — bijna geheel vergoed door de lagere energiekosten.

#### 4. Slotopmerkingen

Toen we met deze materie bezig waren, kwam ons ter ore, dat er een computerprogramma zou bestaan, dat automatisch het meest economische leidingnet uit de computer zou laten rollen. We hebben er navraag naar gedaan, maar er niet de hand op kunnen leggen. Het zal waarschijnlijk



Afb. 1h.

een programma zijn, dat nog in ontwikkeling is.

Ik voor mij heb er niet zo'n behoefte aan. Ik geloof, dat we met het systeem, dat we hier op tafel gelegd hebben, een logisch, eenvoudig en overzichtelijk systeem hebben. Natuurlijk moet je bij ingewikkelde netten keuzes doen. Je zult ongetwijfeld een aantal varianten buiten beschouwing laten. Maar ik ben ervan overtuigd, dat ieder bedrijf met zijn uitgangspunten t.a.v. drukverlies, bedrijfszekerheid en brandblussing met dit systeem zeer dicht bij de meest economische oplossing komt.



### Ir. R. W. van der Plas directeur Gemeentelijk Gas- en Drinkwaterbedrijf Hengelo

Bij een reorganisatie van Gemeentewerken en -Bedrijven Hengelo is ir. R. W. van der Plas benoemd tot directeur van het Gemeentelijk Gas- en Drinkwaterbedrijf. De heer Van der Plas was adjunct-directeur bij genoemd bedrijf.

### Brochure Vakantie en Hygiëne weer verkrijgbaar

Evenals voorgaande jaren wil de Geneeskundige Hoofdsinspectie van het Staatstoezicht op de Volksgezondheid bij het begin van het vakantie seizoen wijzen op een zeker risico, dat een verblijf in het buitenland met zich kan brengen.

Voor reizigers en toeristen is daarom weer de veelgevraagde brochure 'Vakantie en hygiëne' gratis beschikbaar. Deze uitgave bevat thans ook informatie over rabies (hondsdolheid), terwijl de paragraaf over malaria is uitgebreid. Een exemplaar kan worden aangevraagd bij de Stafafdeling Externe Betrekkingen van het ministerie van VOMIL, tel. 209260, tst. 2093 en 2094.

### Tijdschriften verkrijgbaar bij KIWA/VEWIN

De KIWA/VEWIN-bibliotheek stelt de volgende tijdschriften gratis ter beschikking. Aanvragen hiervoor kunnen schriftelijk worden ingediend. Waterleidingbedrijven hebben voorrang voorzover hun aanvragen binnen 14 dagen zijn gedaan. Toezending van de tijdschriften geschiedt ongefrankeerd.

- Cement, 1975
- Chemical Engineering News, 1976, 2e halfjaar
- Copper Abstracts, 1975, 1976 t/m nr. 3 (tijdschrift toen opgeheven)
- DIN Mitteilungen, 1975
- Elektrotechniek, 1975
- Gas, 1975, 1976
- Gemeentewerken, 1975
- Giesserei, 1976
- Houille blanche, 1975
- Ingenieur, 1976, 1e halfjaar
- Installateur, 1975
- Installatie, 1975, 1977 (nr. 24 ontbreekt)
- Maandschrift CBS, 1975
- Materialprüfung, 1976 (nr. 3 ontbreekt)
- Materials performance, 1976
- Metaal en Kunststof, 1975
- Nederlandse Chemische Industrie, 1975, 1976
- Nederlandse Gemeente, 1976 (nrs. 36 en 39 ontbreken)
- Nederlandse rubberindustrie, 1975
- Normalisatie, 1975, 1976
- Oesterrijkische Wasserwirtschaft, 1976
- PT/Bouwkunde, 1975
- PT/Procestechneek, 1975
- Precast concrete, 1975, 1976
- Radio electronica, 1976, 1e halfjaar
- RAS, 1974 (gebonden)
- Schouw, 1975
- Techniek en veiligheid, 1974, 1975
- TNO Projekt, 1975
- Tribune du Cebedeau, 1977 (mei ontbreekt)
- Tijdschrift voor effectief directiebeleid, 1974, 1975
- Tijdschrift Kon. Ned. Heidemij, 1975
- Veiligheid, 1975 (nr. 5 ontbreekt)
- Waterschapsbelangen, 1975
- Willing Water, 1974 (nr. 6 ontbreekt)

