

C. J. MINK

Hoofd Technische Dienst van het KIWA
te Rijswijk (Z.H.)

SUMMARY

Water network distribution calculation with the aid of computers in practice

For calculating networks by using computers one has to gather data concerning loads, capacities, pipes, etc. More detailed information on these data is given in this article.

The digital computer appeared to be effective for the calculation of rather extensive networks. However analogue computers have been used successfully to answer special questions on the basis of a network which has been simplified by making use of the digitally calculated flow pattern.

De praktijk van het gebruik van computers voor leidingnetberekening *)

1. Inleiding

In 1963 zijn door ir. De Lathouder en de heer Sollman in het kader van deze VWN-vergaderingen twee voordrachten gehouden over het gebruik van elektronische rekenmachines (computers) voor de berekening van waterleidingnetten. In deze voordrachten werd het belang van de toepassing van computers voor het berekenen van waterleidingnetten nader beschouwd en werden de mogelijkheden van de analoge- en de digitale computer besproken. Ir. De Lathouder kwam daarbij onder meer tot de conclusie, dat het gewenst moet worden geacht bij meer uitgebreide leidingnetberekeningen een computer in te schakelen, omdat daardoor een beter inzicht in het functioneren van het leidingnet kan worden verkregen en een technisch en economisch meer verantwoord leidingnet kan worden gebouwd. Voorts wees hij op het advies van een speciale commissie, ingesteld door de VEWIN. Deze Commissie die met medewerking van de VEG was samengesteld uit vertegenwoordigers van de gas- en de watersector, bracht een rapport uit over de methodiek voor netberekening.

De Commissie adviseerde onder meer de berekening van leidingnetten met behulp van een computer centraal te organiseren en wel in een centrum van deskundigen die zowel de waterleiding- als de computertaal beheersen. De Commissie was voorts van mening dat in dit stadium van ontwikkeling, het niet gewenst was tot de aanschaffing van een computer uitsluitend voor leidingnetberekeningen over te gaan.

In de voordracht van de heer Sollman werden de mogelijkheden en de werkwijze van de analoge- en digitale computer belicht.

Daar door de Commissie het KIWA als rekencentrum voor waterleidingnetten was genoemd en door dit instituut reeds was gezorgd voor de opleiding van enige deskundigen die de verbinding konden vormen tussen de vakmensen op het waterleidinggebied en de computermensen, heeft het KIWA sindsdien een aantal leidingnetten berekend. Andere berekeningen van netten zijn in bewerking waaruit moge blijken, dat de belangstelling van de waterleidingbedrijven voor „doorlichting” van hun leidingnet groeiende is.

De ervaring die het KIWA inmiddels heeft opgedaan met leidingnetberekeningen op verschillende typen computers, bewijst de juistheid van de uitspraak van de Commissie ten aanzien van het aanschaffen van een eigen computer.

De ontwikkeling heeft namelijk op computergebied de laatste jaren zeker niet stilgestaan. Op het gebied van de digitale rekenmachines zijn grotere en snellere machines vervaardigd. Doordat niet alleen het rekenproces sneller is geworden doch ook het zogenaamde geheugen in capaciteit is toegenomen, kunnen meer mogelijkheden in de rekenprogramma's worden verwerkt. De verschillende computerfirma's hebben dan ook uitgebreidere rekenprogramma's opgesteld. Een en ander is de nauwkeurigheid van de berekeningen ten goede gekomen; bovendien kon een belangrijke verlaging van de computerkosten worden bereikt. Ook op het gebied van de analoge rekenmachines is vooruitgang geboekt. Onder meer zijn dergelijke computers nu veelal uitgerust met een digitale uitvoer, zodat de tijdrovende registratie van de gegevens is vervallen.

In de voordracht van de heer Sollman werden de mogelijkheden en de werkwijze van de analoge en van de digitale computer belicht. Hij besteedde vooral aandacht aan de digitale computer die in bepaalde opzichten belangrijk meer mogelijkheden kan bieden dan de analoge computer en vooral geen verkleining van de nauwkeurigheid, die uiteraard wordt bepaald door de basisgegevens, veroorzaakt.

Het KIWA-rekencentrum maakt daarom voor het berekenen van de leidingnetten in hoofdzaak althans in eerste instantie gebruik van de digitale computer. Uit deze voordracht zal blijken dat voor bepaalde gevallen met succes gebruik is gemaakt van de analoge computer nadat de basisberekeningen door de digitale computer zijn uitgevoerd.

2. Algemene voorbereidingen, verzamelen van de gegevens

Alvorens een berekening van het leidingnet te kunnen uitvoeren, is het nodig over voldoende gegevens te beschikken.

Allereerst de netgegevens, zoals de opbouw van het net, leidingdiameters, leidinglengten en leidingmaterialen. Deze gegevens kunnen in het algemeen ontleend worden

*) Lezing gehouden op de VWN-vergadering van 14 december 1967 te Arnhem

aan de beschikbare tekeningen van het te berekenen leidingnet. Behalve gegevens over de materiaalsoort der diverse leidingen, is een inzicht nodig van de toestand waarin de leidingen inwendig verkeren.

Dit inzicht wordt enerzijds verkregen uit de gegevens welke door de betrokken waterleidingbedrijven kunnen worden verstrekt (bijvoorbeeld ouderdom van de leidingen en grootte en soort van de aangroeiingen), anderzijds door de ervaringen opgedaan bij reeds eerder uitgevoerde metingen en berekeningen. Op grond daarvan kunnen dan schattingen gemaakt worden van de wandruwheid der diverse leidingen, uitgedrukt in de zogenaamde *k*-waarden.

Verder is het nodig de vereiste gegevens te verzamelen omtrent de belasting van het leidingnet, dus de verdeling van het watergebruik over het net. Uit deze belastinggegevens kunnen later de knooppuntbelastingen worden bepaald. De meest gebruikelijke belastinggegevens zijn:

- verbruik tijdens de piekuren;
- „huishoudelijke” jaargebruiken (welke bij bemeterde bedrijven bijvoorbeeld bepaald kunnen worden uit de periodieke meteropname);
- industriële jaarverbruiken (de zogenaamde „grootverbruikers”). De grens tussen groot- en huishoudelijk verbruik hangt zeer sterk af van het plaatselijke karakter. Men kan deze grens voor een bepaald voorzieningsgebied bijvoorbeeld stellen op 1000 m³/jaar per afnemer;
- aantal „huishoudelijke” aansluitingen per straat of leiding;
- plaats van de „groot”-verbruiken in het net;
- verdeling van het watergebruik over een etmaal zowel voor huishoudelijk als voor industrieel verbruik.

Ten behoeve van eventuele toekomstprognoses is het nodig over gegevens te beschikken aangaande de bevolkingstoename, toekomstige uitbreidingen van de woongebieden, industrievestigingen, produktiemiddelen etcetera.

Voorts zijn gegevens nodig over:

- pompstations: inhoud en capaciteit van de reinwaterkelders, hoogte ten opzichte van een referentieniveau b.v. N.A.P., pompkarakteristieken, statische opvoerhoogten, pompprogramma's etcetera;
- watertorens: inhoud reservoirs, capaciteit per meter niveauverandering, hoogte ten opzichte van het referentieniveau;
- opjaag- en reduceerstations, welke eventueel aanwezig zijn;
- hoogtekaart van het betreffende voorzieningsgebied.

Tenslotte zal het in de meeste gevallen nodig blijken een gelijktijdige druk- en hoeveelheidsmeting op verschillende plaatsen in het gehele net uit te voeren (zo mogelijk op een dag van hoogverbruik). Deze metingen dienen zo mogelijk met registrerende meetapparatuur te worden uitgevoerd. Eventueel kunnen, indien uitvoerbaar, tevens metingen worden verricht waaruit een indruk verkregen kan worden omtrent de weerstandsfactoren van de diverse leidingen in het net.

Bij genoemde metingen kan, voor zover aanwezig, gebruik worden gemaakt van de vaste registrerende meet-

apparatuur in watertorens, pompstations etcetera, na zonodig te zijn geijkt.

De resultaten van de drukmetingen dienen als toets voor de resultaten van een eerste berekening van het leidingnet.

3. Berekening met digitale computers

Bewerken van verzamelde gegevens

Alle verkregen gegevens dienen geschikt te worden gemaakt om aan de computer te worden „medegedeeld”. Dit geschiedt in de vorm van ponskaarten waarop de gegevens op een bepaalde wijze, afhankelijk van het gebruikte programma, worden aangebracht. Allereerst dient het net te worden overgebracht op het computergeheugen. Hiertoe worden de knooppunten genummerd. De knooppunten zijn de punten waar leidingen samenkomen dan wel punten waarop de afname is geconcentreerd. In het algemeen worden de punten waar leidingen samenkomen tevens gebruikt als afnamepunten.

Bij sommige programma's dienen ook de leidingen afzonderlijk te worden genummerd, bij andere zijn de leidingen vastgelegd door twee knooppunten.

Doorgaans is het gewenst (om de rekentijd zoveel mogelijk te beperken) het net zoveel mogelijk te vereenvoudigen, hetgeen uiteraard speciaal voor uitgebreide netten geldt.

Dit kan op de volgende wijze gebeuren. Alle leidingen, die geen uitgesproken transportcapaciteit hebben, kunnen buiten beschouwing worden gelaten.

De grens tussen transportleiding en distributieleiding is echter zonder meer niet scherp te trekken. Deze is onder andere sterk afhankelijk van de grootte van het net.

Een verdere vereenvoudiging kan worden verkregen door de knooppunten die zijn verbonden door een leiding met bijvoorbeeld minder dan 20 m lengte, te combineren tot één knooppunt. Voorts kan men twee of meer parallelleidingen, tussen twee dezelfde knooppunten, samenvoegen tot één leiding met een zelfde transportcapaciteit bij gelijke drukval. Daartoe dient voor de vervangende leiding dan een vervangende lengte en/of vervangende diameter te worden bepaald, met in achtname van de *k*-waarden van de parallelleidingen, waarvoor zo nodig een vervangende *k*-waarde moet worden vastgesteld.

Soortgelijke vereenvoudigingen kunnen ook worden aangebracht ten opzichte van serieleidingen, dus leidingen bestaande uit diverse gedeelten met verschillende diameters en *k*-waarden. Wanneer de netvereenvoudigingen zijn aangebracht en knooppunten en eventueel de leidingen zijn genummerd, worden van de overige leidingen de leidingdiameter en -lengte bepaald uit de nettekeningen. Op de lengte wordt in verband met de „plaatselijke” weerstanden meestal een toeslag gegeven in grootte variërend naar de soort en het aantal van deze weerstanden, zoals bijvoorbeeld afsluiters, aftakkingen en bochten.

Zoals reeds gezegd wordt voor het vaststellen van de weerstand van iedere leiding een schatting van de *k*-waarde gemaakt, afhankelijk van materiaalsoort, ouderdom en, steunend op reeds eerder opgedane ervaringen, aangevuld met de aanwezige kennis bij het betrokken waterleidingbedrijf, waarbij de eigenschappen van het leidingwater een belangrijke rol spelen.

Volgens Colebrook geldt voor

$$\lambda = \frac{0,25}{\log \left(\frac{\lambda}{0,4Re} + \frac{k}{3,7D} \right)} \quad \text{(empirisch)}$$

Deze formule geldt voor het gehele gebied van de turbulente stroming en zowel voor het „hydraulisch ruwe”, het „hydraulisch gladde”, alsmede het overgangsgebied hiertussen. Een computerberekening, met daarin de formule van Colebrook verwerkt, vraagt bij bepaalde machines (EL-XI of Gamma 30) echter veel rekentijd, en is dus duur.

Door het Reynoldsgetal in de formule van Colebrook is de weerstandsfactor, die uiteraard bij de start nog niet bekend is, afhankelijk van de stroomsnelheid in de

$$\text{leiding} \left(Re = \frac{V.D}{\lambda} \right).$$

Bij genoemde computerprogramma's wordt daarom uitgegaan van de formule van Nikuradse: $\lambda = \frac{0,25}{(\log 3,7D/k)^2}$

Deze formule geldt echter voor het „hydraulisch ruwe” gebied en geeft bij lagere snelheden een te lage weerstand.

Ten einde dit te ondervangen kan een correctie op de k-waarde worden aangebracht, waarbij wordt uitgegaan van een geschatte stroomsnelheid in de betreffende leiding. Deze rekenmethode maakt een nacontrole noodzakelijk. Indien de stroomsnelheid in de belangrijkste leidingen teveel afwijkt van de, aangenomen, gemiddelde stroomsnelheid, is een correctie noodzakelijk.

Sinds kort is het echter mogelijk snellere computers te gebruiken (bijvoorbeeld IBM 7094II), waarvoor programma's zijn ontworpen, die het mogelijk maken de volledige formule van Colebrook toe te passen, zodat we thans kunnen werken met een „veranderlijke” λ -waarde, n.l. afhankelijk van de stroomsnelheid.

Hierdoor zijn de „voor”- en „na”-correcties voor λ -waarde tengevolge van de afwijking van de aangenomen stroomsnelheden overbodig geworden.

Bij het bepalen van de knooppuntbelastingen wordt onderscheid gemaakt in huishoudelijk verbruik en het zogenaamde grootverbruik. Bij de huishoudelijke belasting wordt veelal aangenomen dat deze gelijkmatig over een leiding is verdeeld.

In zowel het begin- als het eindknooppunt van een leiding wordt dan de helft van de huishoudelijke leidingbelasting geconcentreerd gedacht. De nauwkeurigheid van de berekening wordt hierdoor niet of nauwelijks beïnvloed.

De leidingbelasting ten gevolge van huishoudelijk verbruik kan bijvoorbeeld worden bepaald met behulp van het aantal aansluitingen op de betreffende leiding en het wijkgemiddelde of met behulp van de jaarbelasting (uit meterboekjes) over de betrokken leiding. Ook kan bij voorbeeld bij grote dichtbevolkte wijken de belasting per oppervlakte worden vastgesteld.

De belasting van een grootverbruiker wordt veelal verdeeld in omgekeerde evenredigheid tot de afstanden van begin- en eindknooppunt. Voor zeer grote verbruikers of bij aansluiting van een grootverbruiker op een zeer lange leiding kan een extra knooppunt worden ingevoegd. Bij de bepaling van de knooppuntbelastingen wordt rekening gehouden met de aard en de hoedanig-

heid van de verschillende wijken in het voorzieningsgebied, bijvoorbeeld villawijken (tuinsproeien), industriewijken, wijken met hoge flats enzovoort.

Naast de leidinggegevens en de belastingen dienen nog de volgende gegevens in het programma te worden opgenomen:

- voedingspunt(en);
- begindruk(ken);
- referentieniveau van de knooppunten;
- gewenste nauwkeurigheid in verband met aantal iteraties bijvoorbeeld $H_{\max} = 1 \text{ cm WK}$
 $d Q_{\max} = 0,005 \text{ l/sec.}$
- H_{\max} is het drukverschil over een maas;
- $d Q_{\max}$ is de vereffeningstroom in de maas;
- kinematische viscositeit (bepalen Re).

Eigenlijk computerproces

Na het aanbrengen van alle gegevens op de voorgescreven wijze op de ponskaarten kan het eigenlijke rekenproces beginnen. Ter illustratie is genomen de IBM 7094II in het rekencentrum „In de Boogaard” te Rijswijk.

De kaarten worden ingelezen en op een magnetische band vastgelegd door de 1401. Het inlezen geschiedt met een snelheid van 800 kaarten per minuut.

De berekening wordt verder uitgevoerd door de 7094II. Resultaten worden vastgelegd op uitvoerband waarna de 1401 de resultaten „print” met een snelheid van 600 regels (à max. 132 tekens) per minuut (ca. 10 volledige bladzijden gedrukte tekst in dit blad).

Naast de volledige invoergegevens worden de volgende berekeningsresultaten uitgeprint:

per leiding:

- stroomsnelheid;
- drukval;
- weerstandscoefficiënt = H/Q^2 .

Per knooppunt:

- afgifte of toevoer;
- druk ten opzichte van referentieniveau.

Een indruk van de snelheid van de computereenheid kan verkregen worden uit de uitgevoerde berekening van een leidingnet bestaande uit ca. 300 leidingen en 200 knooppunten. De benodigde tijd was ca. 1,8 min.; in- en uitvoer ca. 5,5 min.

De berekening van 4 verschillende netten met totaal 1200 leidingen direct na elkaar uitgevoerd en wel op zodanige wijze dat eerst de netten na elkaar werden ingevoerd, dan werden berekend, waarna de uitvoer van de rekenresultaten wederom na elkaar plaatsvond, bleek een rekentijd van 5,5 min. te vergen terwijl de in- en uitvoertijd 17 min. was.

Indertijd noemde de heer Sollman als benodigde tijd voor een berekening van een net met 100 leidingen en 60 knooppunten ca. 30 min. (inclusief in- en uitvoer). Het rekenproces zelf geschiedt volgens de iteratieve Hardy-Crossmethode.

Voor elk knooppunt geldt, 1e wet van Kirchhoff $\sum Q = 0$
Voor elk maas geldt, 2e wet van Kirchhoff $\sum H = 0$
Daarbij wordt door de machine een dusdanige stroming (initiële stroming) in het net vastgesteld dat aan de eerste wet van Kirchhoff wordt voldaan.

Indien niet (zoals verwacht kan worden) aan de 2e wet

wordt voldaan, wordt een correctie ingevoerd voor de initiële stroming met een hoeveelheid ΔQ waarbij

$$\Delta Q = - \frac{\sum H_v}{2 \sum \left(\frac{H_v}{Q} \right)}$$

Hierin stelt H_v de weerstand voor in de leiding van de beschouwde maas, en $\sum H_v$ de algebraïsche som van alle weerstanden in de maas.

Bij benadering kan gesteld worden dat $H_v = C|Q|Q|$ waarin C een weerstandswaarde voor de onderhavige leiding is.

De vorenstaande formule kan dus ook als volgt worden weergegeven:

$$\Delta Q = - \frac{\sum (C|Q|Q|)}{2 \sum (C|Q|)}$$

De gecorrigeerde stromingshoeveelheden van de leidingen van de maas zijn dan $Q \pm \Delta Q$. Hierna volgen zoveel berekeningsgangen of iteraties (waarin dus steeds weer een correctie ΔQ enzovoort wordt gebracht) tot voldaan wordt aan beide wetten van Kirchhoff.

Aan de 2 wetten is voldaan wanneer $\sum Q$ en $\sum H$ max. overal in het net kleiner of gelijk zijn aan de gestelde nauwkeurigheidslimiet. De resultaten van een berekening volgens de methode Hardy-Cross zijn zeer goed te noemen.

Verwerken van de resultaten

De resultaten van een eerste berekening dienen getoetst te worden aan de werkelijkheid. Hiertoe maken we gebruik van de resultaten van de reeds genoemde druk- en hoeveelheidsmetingen. Wanneer de berekening ontoelaatbare verschillen te zien geeft met de meetresultaten, dienen correcties te worden aangebracht. Een eerste mogelijkheid is dat de schattingen voor diverse k -waarden niet in overeenstemming waren met de werkelijkheid. Aan de hand van de berekeningsresultaten kan dan een correctie worden ingevoerd.

Een andere mogelijkheid kan schuilen in een onjuiste belastingsverdeling van het net. Een correctie op de belastingsverdeling eist meer werk en inzicht dan het corrigeren van de k -waarden. Vaak zal voor bepaalde netgedeelten (wijken) een gelijkmatige procentuele correctie worden bepaald.

Een eerste correctie op de berekeningsresultaten is in de meeste gevallen voldoende om een goede overeenstemming met de werkelijke toestand te verkrijgen.

Wanneer de berekeningsresultaten een bevredigend beeld te zien geven, kunnen de verkregen gegevens worden vastgesteld in zogenaamde drukpatronen en stromingsbeelden.

Een drukpatroon verkrijgt men door op een, meestal vereenvoudigde nettekening, isobaren, dus lijnen met gelijke druk, aan te brengen. Deze drukken kunnen worden weergegeven in m WK ten opzichte van NAP of ten opzichte van maaiveld.

Zij kunnen ook worden aangegeven als m WK-drukverlies ten opzichte van het voedingspunt.

Uit een drukpatroon zijn de „zwakke plekken” (bottle necks) in het beschouwde net meestal direct te onderkennen.

Om het geheel te completeren kunnen ook nog de stromingsbeelden worden vervaardigd. De stromingshoeveelheden in de diverse leidingen worden aangegeven door equivalente lijndikten. Hieruit is direct te zien of

een leiding voldoende transportcapaciteit heeft en als zodanig ook wordt belast.

Variantberekeningen

Na de eerste berekening, waarbij in het algemeen uitgegaan wordt van de huidige toestand, kunnen zich vragen en problemen opwerpen met betrekking tot toekomstige voorzieningen en maatregelen. Deze kunnen nodig zijn, zoals reeds eerder genoemd, door bevolkingsaanwas, toenemende waterbeschaving, stadsuitbreiding, industrietoename, enzovoort.

Hiertoe dienen de reeds genoemde gegevens voor het bepalen van de toekomstprognoses.

De voorbereidingen voor de variantberekeningen zijn vanzelfsprekend eenvoudiger en minder tijdrovend dan voor de „basisberekening” van het leidingnet.

Vaak is het dan voldoende belastingwijzigingen aan te brengen en bepaalde leidingen te vervangen, te verwijderen of nieuw aan te brengen.

Zijn de diverse varianten tevoren bekend, dan kunnen bij de 7094II in één berekeningsgang de varianten worden berekend.

Met speciale codes worden de gegevens voor de variantberekeningen op de ponskaart aangebracht.

De resultaten van de variantberekeningen worden op dezelfde wijze als bij de basisberekening in tekening gebracht.

Nauwkeurigheid van de berekeningen

De nauwkeurigheid van de berekening hangt geheel af van de nauwkeurigheid waarmee men de invoergegevens kan bepalen.

Daar de nauwkeurigheid van de computer uiteraard veel malen groter is dan die van de invoergegevens, wordt de nauwkeurigheid van de invoergegevens door het „computerproces” noch verkleind noch vergroot.

4. Berekeningen met de analoge-rekenmachine

Bij deze machines wordt het net gesymboliseerd in een elektrisch netmodel met analoge elementen.

Voor het spanningsverlies in een elektrische leiding geldt de formule:

$$E = I R$$

dus spanningsverlies recht evenredig met de stroom. Bij transport van vloeistof door een volledig gevulde leiding is er tussen het drukverlies en de stroom een quadratisch verband terwijl tevens de weerstandsfactor afhankelijk is van de stroomsnelheid.

In verband daarmee wordt voor analoge computers veelal de formule $H = C.Q$ 1.85 toegepast waarmee de invloed van de veranderlijke weerstandsfactor vrij goed wordt benaderd. Ten einde dit ook elektrisch te bereiken moesten speciale elektrische weerstanden worden vervaardigd, zodat de formule $E = I.R$ overgaat in $E = I.R$ 1.85. Men heeft dit met vrij grote nauwkeurigheid kunnen realiseren. Door de beperkte omvang van de hiervoor beschikbare apparatuur is de te bewerken netgrootte beperkt tot ca. 100 leidingen, zodat meestal een zeer sterke netvereenvoudiging noodzakelijk is, waardoor de basisgegevens veelal minder nauwkeurig kunnen worden bepaald.

Daardoor is de nauwkeurigheid minder groot dan bij de digitale rekenprocessen.

Wanneer er bij een netberekening een groot aantal problemen en vraagpunten rijzen, kan het kostenbe-

sparend werken om deze op een analoge-computer uit te voeren.

De benodigde sterke netvereenvoudiging vereist grote ervaring en inzicht. Het is daarom gewenst een eerste berekening uit te voeren met de digitale computer, waardoor een technisch meer verantwoorde vereenvoudiging kan worden verkregen.

Door het KIWA zijn voor verschillende gevallen berekeningen uitgevoerd op de WANDA bij de WRA (WANDA is Water Network Distribution Analyser) waarbij het net op de voren genoemde wijze was vereenvoudigd. Het voordeel van deze analoge computer ligt hierin dat deze voorzien is van een digitale uitvoer.

Daardoor is het niet noodzakelijk bij het symboliseren van elk probleem afzonderlijk alle gegevens met de hand over te nemen. Omdat er tegenwoordig zeer snelle digitale-rekenmachines (7094II) bestaan, is het in de meeste gevallen niet noodzakelijk, uit financiële overwegingen gebruik te maken van een analoge-computer, voor een aantal variantberekeningen, temeer omdat het instellen van de analoge-computer zeer veel tijd kan vergen. Hoewel de nauwkeurigheid kleiner is dan van een digitale-computer, waren in de gevallen dat van de WANDA gebruik werd gemaakt, de resultaten zeer bevredigend te noemen.

De resultaten van de analoge berekening kunnen op dezelfde wijze worden verwerkt als bij de digitale berekeningen.

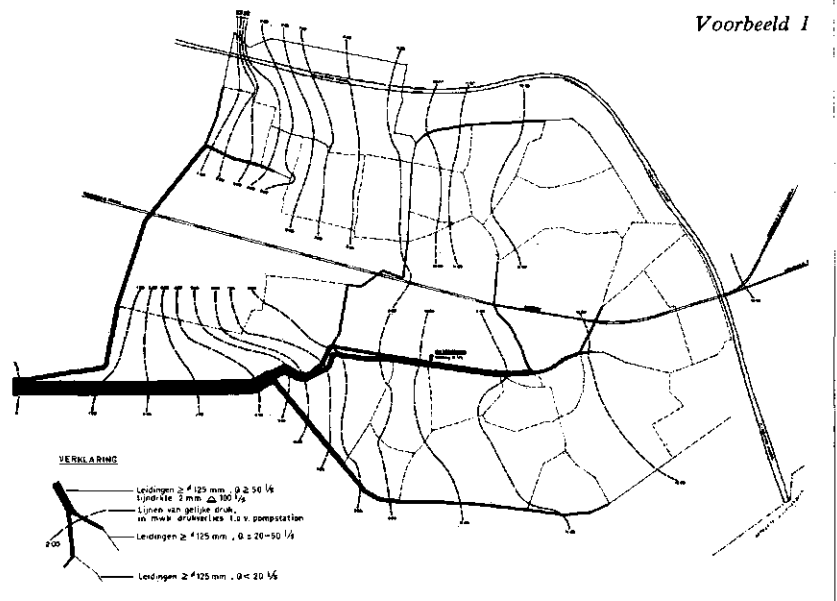
5. Voorbeelden

Indertijd is voor de Waterleiding Maatschappij Tilburg een netberekening uitgevoerd met behulp van digitale- en analoge-computers. Na een basisberekening met behulp van de digitale-computer, waarvan de resultaten weer getoetst werden aan de resultaten van metingen zijn diverse variantberekeningen met behulp van de analoge-computer uitgevoerd. De basisberekening (digitaal) was gebaseerd op de huidige toestand.

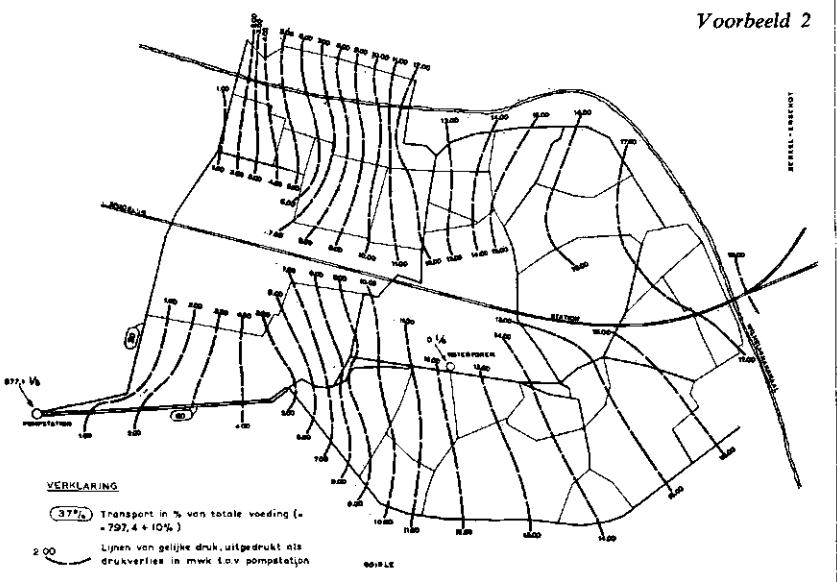
Bij de variantberekeningen werden de volgende problemen behandeld:

- toenemende belasting;
- stadsuitbreiding;
- overname van een belangrijk deel van de voeding door de watertoren;
- nieuwe transportleiding;
- breuk en analyse (uitwerking van uitvallen van diverse belangrijke leidingen).

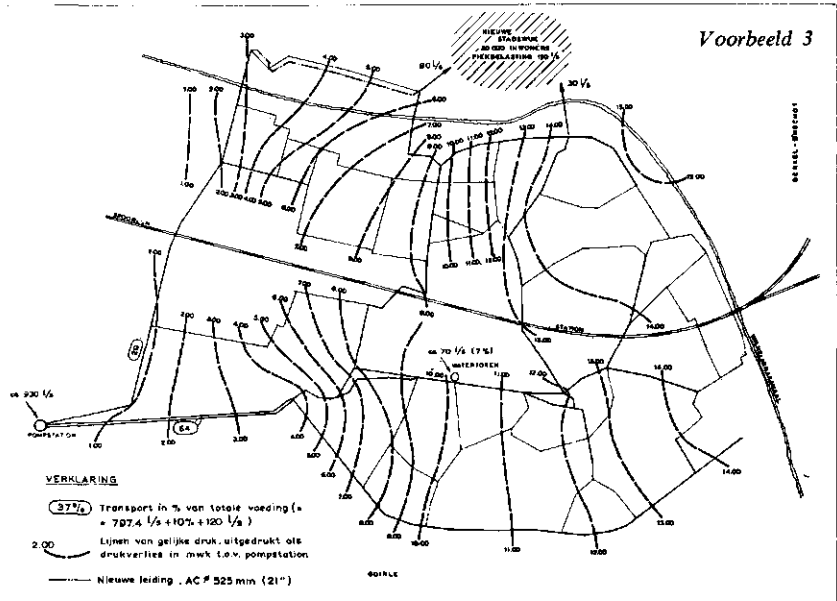
Voorbeeld 1



Voorbeeld 2



Voorbeeld 3



Voor deze berekeningen zijn behalve de digitale basisberekening ca. 15 varianten met de analoge-computer berekend.

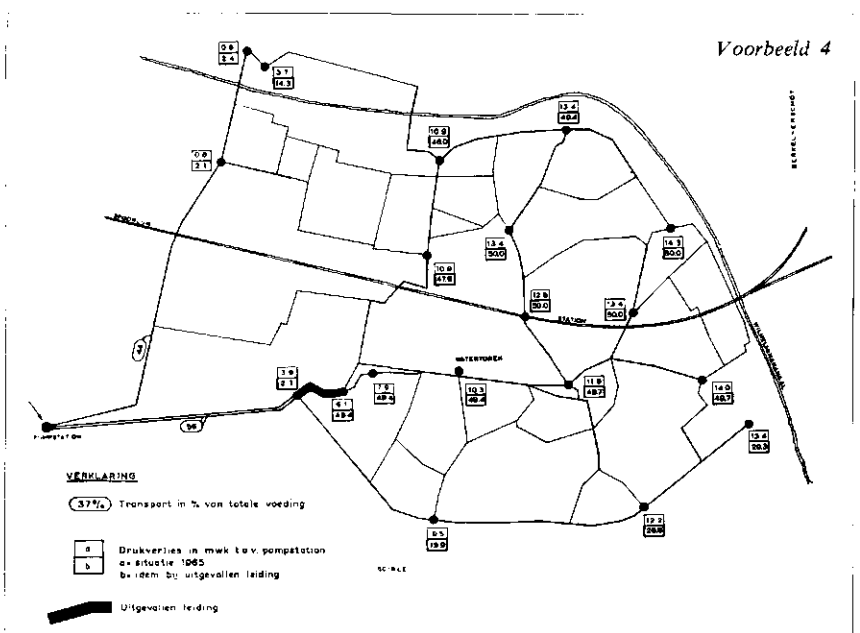
Een voorbeeld van de uitgewerkte resultaten met de digitale computer geeft voorbeeld 1 waarop druk- en stromingspatroon zijn aangegeven betreffende de toenmalige toestand. De voorbeelden 2 (10 % hogere belasting) en 3 (nieuwe stadswijk) geven drukpatronen weer als resultaat van de analoge-berekeningen. Voorbeeld 4 geeft de resultaten van een breuk-analyse weer (situatie bij het uitvallen van een belangrijke transportleiding). Een en ander is daarna ter vergelijking digitaal-berekend. De nieuwe drukverhoudingen zijn weergegeven ten opzichte van de „normale” drucken.

Ook voor de DWL-Rotterdam zijn indertijd zowel digitale- als analoge-berekeningen uitgevoerd.

De digitale berekening werd eveneens benut om een verantwoorde vereenvoudiging tot stand te kunnen brengen en de invoergegevens op hun juistheid te toetsen.

De berekeningen voor DWL-Rotterdam waren mede van groot belang omdat het waterwerk Berenplaat de levering voor Zuid ging overnemen van waterwerk Honingerdijk. De berekeningen hebben ook voor DWL-Rotterdam het vereiste resultaat opgeleverd.

Een en ander samenvattend kan worden opgemerkt, dat het in enkele jaren waarin het KIWA ervaring heeft opgedaan met het gebruik van computers voor leidingnet-



berekeningen, in enkele gevallen nuttig en economisch verantwoord was de digitale computer met *daarnaast en daarna* de analoge computer toe te passen. De resultaten van de digitale computer worden hierbij benut om een verantwoorde netvereenvoudiging te verkrijgen die noodzakelijk is voor de variantberekeningen met de analoge-computer.

Of deze vorm van samenwerking in de toekomst kan worden gehandhaafd is echter niet zeker. Dit hangt uiteraard sterk af van de ontwikkeling van beide computertypen.

Bij de huidige stand van zaken heeft de digitale computer uit economisch oogpunt bezien, de voorkeur, ook voor het berekenen van een klein aantal varianten.