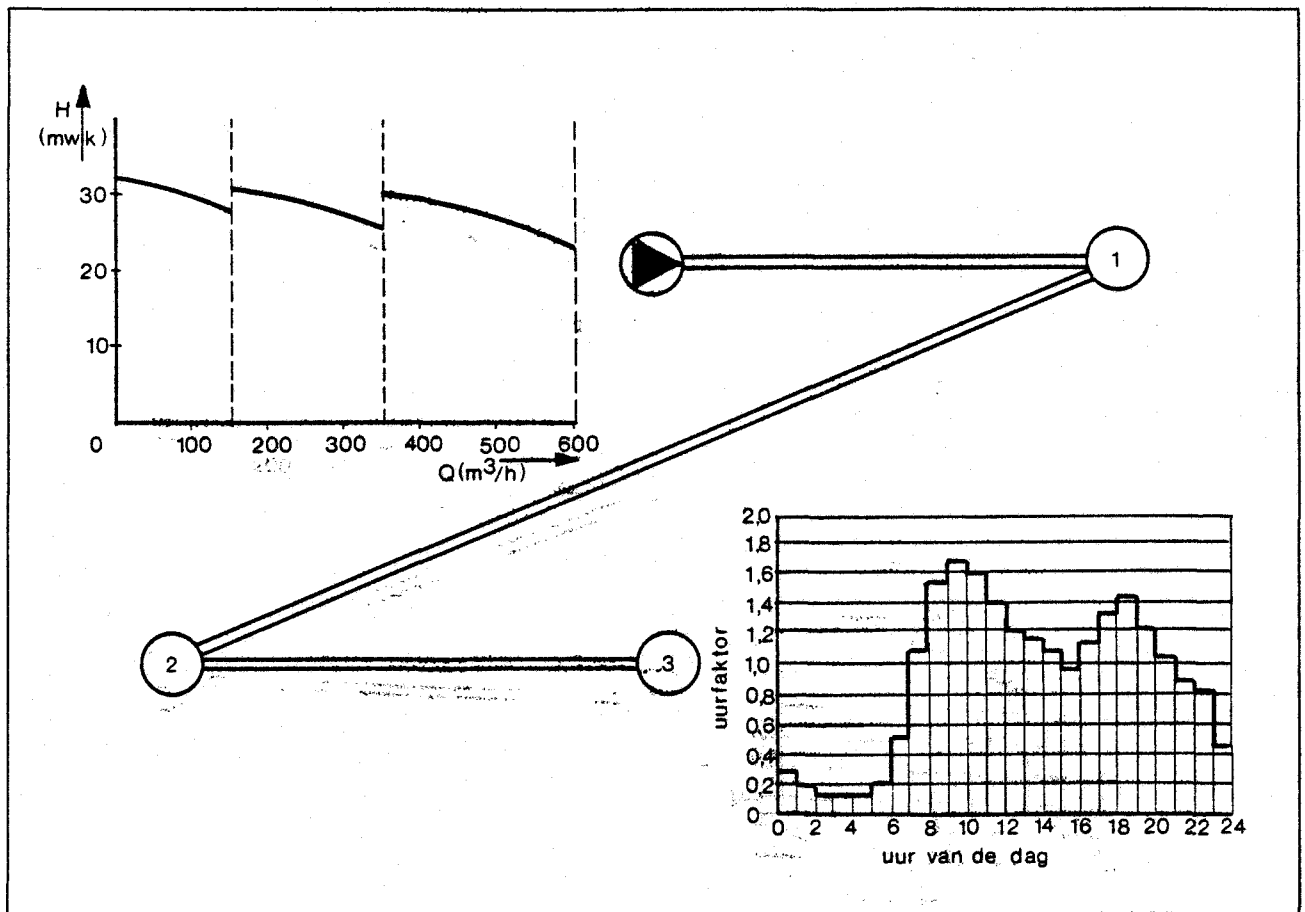


FORTTRAN-VERSIE LEIDINGNETPROGRAMMA ALEID



Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen KIWA N.V.

correspondentieadres

Sir Winston Churchill-laan 273

Postbus 70

2280 AB Rijswijk

Telefoon (070) 95 35 35

Telex 32480

Postrekening 52 92 95

speurwerklaboratorium

Groningenhaven 7

Postbus 1072

3430 BB Nieuwegein

Telefoon (03402) 6 08 60

DE INHOUD VAN DEZE PUBLIKATIE IS NIET GOEDGEKEURD DOOR
DE RIJSGOVERNEMENT EN DE VERBODEN IS HET GEbruIK VAN
DE INHOUD VAN DEZE PUBLIKATIE VOOR ANDERE DOELEN

Auteursrechten voorbehouden

Integreer 215

Mededeling nr. 76

FORTTRAN-VERSIE LEIDINGNETPROGRAMMA ALEID

Opgesteld door:
de Werkgroep Computergebruik bij Transport en
Distributie van de Commissie Distributie

Nieuwegein, juli 1986

1.1

1.2

VERBODEN TOEGANG TOT DE WERKRUIMTE

1.3

De werkrumte is afgezet met een gele tape.

1.4

De werkrumte is afgezet met een gele tape.

1.5

De werkrumte is afgezet met een gele tape.

1.6

De werkrumte is afgezet met een gele tape.

1.7

DE WERKRUMTE IS AFGEZET MET EEN GELE TAPE.

1.8

De werkrumte is afgezet met een gele tape.

1.9

De werkrumte is afgezet met een gele tape.

1.10

De werkrumte is afgezet met een gele tape.

1.11

De werkrumte is afgezet met een gele tape.

1.12

DE WERKRUMTE IS AFGEZET MET EEN GELE TAPE.

1.13

De werkrumte is afgezet met een gele tape.

1.14

De werkrumte is afgezet met een gele tape.

1.15

DE WERKRUMTE IS AFGEZET MET EEN GELE TAPE.

1.16

DE WERKRUMTE IS AFGEZET MET EEN GELE TAPE.

1.17

DE WERKRUMTE IS AFGEZET MET EEN GELE TAPE.

1.18

De werkrumte is afgezet met een gele tape.

1.19

De werkrumte is afgezet met een gele tape.

1.20

De werkrumte is afgezet met een gele tape.

1.21

De werkrumte is afgezet met een gele tape.

1.22

DE WERKRUMTE IS AFGEZET MET EEN GELE TAPE.

1.23

DE WERKRUMTE IS AFGEZET MET EEN GELE TAPE.

1.24

DE WERKRUMTE IS AFGEZET MET EEN GELE TAPE.

1.25

DE WERKRUMTE IS AFGEZET MET EEN GELE TAPE.

1.26

DE WERKRUMTE IS AFGEZET MET EEN GELE TAPE.

INHOUD

Blz.

VERANTWOORDING

SAMENVATTING

1	INLEIDING	1.1
2	HET MODELLEREN VAN EEN LEIDINGNET	2.1
2.1	Het schematiseren van het net	2.1
2.2	Het schematiseren van het verbruik	2.2
2.3	Het schematiseren van de voeding	2.7
2.4	Het ijken van een leidingnetmodel	2.11
3	HET PROGRAMMA ALEID	3.1
3.1	Algemeen	3.1
3.2	Methode	3.1
3.3	Drukvalbenadering	3.4
3.4	Het programma	3.6
4	INVOERGEGEVENS EN VALIDATIE	4.1
4.1	Inleiding	4.1
4.2	Basisinvoer	4.2
4.3	Controle basisgegevens	4.15
5	INSTRUCTIES BIJ HET GEBRUIK VAN HET PROGRAMMA	5.1
5.1	Algemeen	5.1
5.2	Validatie	5.2
5.3	Het rekenprogramma	5.2
5.4	Stuurgegevens	5.4
6	NAUWKEURIGHEID VAN DE BEREKENDE DRUKKEN EN DEBIETEN	6.1
6.1	Inleiding	6.1
6.2	Nauwkeurigheid van de invoergegevens	6.1
6.3	Nauwkeurigheid van de berekening	6.2

BIJLAGEN

Bijlage 1 - Praktijkvoorbeeld

Bijlage 2 - Bepaling knoopevenwicht

Bijlage 3 - Berekening van de constante uit
de reeksontwikkeling van Taylor

Bijlage 4 - Beschouwing convergentiesnelheid

Bijlage 5 - Werking watertoren

Bijlage 6 - Inpassen pompen in leidingnet-
berekeningen

Bijlage 7 - Uitvoer voorbeeldberekening

VERANTWOORDING

Deze KIWA-mededeling is de handleiding van de FORTRAN-versie van het ALgemene LEIDingnetprogramma ALEID. Dit programma dient om drukken en debieten in leidingnetten met de computer te berekenen.

De Commissie Distributie heeft in 1979 voorgesteld om aandacht te besteden aan de mogelijkheid computer-leidingnetberekeningen uit te voeren. Hieruit volgde het speurwerkproject "Computergebruik bij Transport en Distributie".

De werkgroep die het speurwerk moest uitvoeren, kreeg de opdracht een programmapakket te maken, waarmee leidingnetberekeningen kunnen worden uitgevoerd.

Bij het opstellen van deze mededeling bestond de Werkgroep Computergebruik bij Transport en Distributie uit:

ir. J. Cornelis	I.V. Antwerpse Waterwerken N.V.
ir. O. van 't Hof	Keuringsinstituut voor Water- leidingartikelen KIWA N.V.
ir. K.J. Hoogsteen	N.V. Waterleidingmaatschappij "Drenthe"
ing. J.J. de Jong	Drinkwaterleiding Rotterdam
ir. W.C. van Paassen	N.V. Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant
J. Verschoor	Provinciaal Waterleidingbe- drijf Noord-Holland
ir. J.T. van der Zwan	Keuringsinstituut voor Water- leidingartikelen KIWA N.V.

Het programma is sinds december 1983 in BASIC beschikbaar en wordt reeds uitvoerig beschreven in

mededeling 75. De FORTRAN-versie van ALEID is een vertaling en een verbetering van het BASIC-programma. Deze mededeling - KIWA-mededeling 76 - is een vrijwel geheel opnieuw geschreven handleiding voor de FORTRAN-versie van ALEID, waarbij mededeling 75 als basis heeft gediend.

Het KIWA zou het bijzonder op prijs stellen wanneer gebruikers onvolkomenheden die zij in de programmatuur of handleiding tegenkomen, doorgeven aan het KIWA, zodat ook andere gebruikers hiervan op de hoogte gesteld kunnen worden. Bovendien staat het KIWA open voor suggesties die een verbetering van het programma tot gevolg kunnen hebben.

SAMENVATTING

Het met de hand berekenen van drukken en debieten in een leidingnet is een tijdrovende bezigheid. Dit feit leidde tot het ontwikkelen van het computerprogramma ALEID waarmee de berekeningen veel sneller uit te voeren zijn.

Het eerste deel van deze mededeling gaat over het schematiseren van het leidingnet, hetgeen inhoudt dat de werkelijke situatie op verantwoorde wijze wordt vereenvoudigd tot een model dat gebruikt kan worden als uitgangspunt voor leidingnetberekeningen. Het tweede deel beschrijft het leidingnetberekeningsprogramma "ALEID", waarin de berekeningsmethode, de invoer van gegevens en de resultaten aan de orde komen.

Het maken van een leidingnet-model

Voordat leidingnetberekeningen gemaakt kunnen worden dient van het bestaande leidingnet een model gemaakt te worden. Dat houdt in dat het net wordt vereenvoudigd tot een systeem van knooppunten en leidingen. Een leiding - dit is een verbinding van twee knooppunten - wordt gekarakteriseerd door zijn lengte, diameter en het materiaal. De knooppunten worden gebruikt om de waterverbruiken, de voeding van het net, watertorens, enz. in het model te brengen. Na het construeren van het model en het inbrengen van de verbruiken en de voeding - de randvoorwaarden - is men aan de leidingnetberekeningen toe.

Het model is echter nog niet klaar voor het werkelijke gebruik.

De eerste berekeningen dienen te worden gebruikt voor het ijken van het model. Dit doet men door de drukken in de knooppunten en eventueel de volume-

stromen in de leidingen die het leidingnetprogramma berekent, te vergelijken met drukken en volumestromen die in de werkelijke situatie gemeten zijn. Wijken berekende waarden erg van de gemeten waarden af dan moet men de invoergegevens bijstellen. Pas wanneer er een redelijke overeenkomst is tussen berekende en gemeten waarden is het model gereed voor gebruik en kan men gaan onderzoeken wat er onder allerlei verschillende omstandigheden in het net gebeurt.

Het programma

Men kan bij een leidingnetberekening, wat niets anders is dan het berekenen van drukken in de knooppunten en volumestromen in de leidingen, gebruik maken van twee vergelijkingen. De eerste vergelijking is de knooppuntsvergelijking, dat wil zeggen dat de som van alle in een knoop bijeenkomende volumestromen - inclusief de verbruiken - gelijk aan nul moet zijn. De tweede is de zogenaamde maasvergelijking, hetgeen betekent dat het drukverlies over een gesloten ring van leidingen - dat is de maas - nul moet zijn.

De berekeningsmethode die in ALEID gehanteerd wordt, is een methode die de knooppuntsvergelijkingen iteratief oplost, de zogenaamde drukvereffeningsmethode. Deze methode is gekozen om zijn eenvoud en zijn relatief grote toegankelijkheid voor het inbouwen van allerlei extra mogelijkheden, zoals pompstations, watertorens, keerkleppen etc..

Bij het uitvoeren van leidingnetberekeningen moet men het drukverlies in een leiding weten, afhankelijk van de volumestroom door deze leiding. Het verband tussen drukverlies en volumestroom wordt het beste beschreven door een combinatie van de formule van Darcy-Weissbach en White-Colebrook. Met

deze formules is de druk niet expliciet te schrijven als een functie van de volumestromen. De drukverliezen in het programma worden dan ook berekend met een benaderingsformule, die lijkt op de formule van Hazen-Williams. Met deze formule zijn de drukverliezen wel expliciet in de volumestromen uit te drukken. Pas wanneer een afbreekcriterium bereikt is, gaat het programma over op het berekenen van drukverliezen met de formule van Colebrook.

ALEID kent drie berekeningssoorten die verschillende eisen stellen aan de invoergegevens. Het berekenen van het "netevenwicht" geschiedt bij deze drie berekeningssoorten op dezelfde wijze.

In de eerste plaats is er de soort "SIMPEL". Deze berekeningsmogelijkheid vraagt de minste invoergegevens en werkt niet met pompkrommen. Bovendien kan men van allerlei opties die de andere mogelijkheden van "ALEID" bieden, geen gebruik maken.

De tweede mogelijkheid is "VERHOUDING". In deze berekeningssoort is het mogelijk een net van meer invoerpunten te voorzien, echter nog steeds niet met pompkrommen. Het invoerpercentage van iedere voedingsknoop wordt opgegeven. Bovendien kan nu bij iedere knoop worden gewerkt met meerdere categorieën gebruikers, die zich in de tijd verschillend gedragen.

De derde mogelijkheid heet "POMPKROMME". Hier heeft men dezelfde mogelijkheden als bij "VERHOUDING", waarbij de voedingsknopen echter gekarakteriseerd kunnen worden met pompkrommen. Nu kan men ook buisopjagers inbrengen.

Iedere berekeningssoort wordt in deze mededeling toegelicht met een voorbeeld, waarbij zowel de invoer als de uitvoer aan de orde komt.

De nauwkeurigheid

Een belangrijk aspect bij het uitvoeren van leidingnetberekeningen is de interpretatie van de resultaten. De presentatie van de resultaten zou de indruk kunnen wekken dat de berekening uitermate nauwkeurig is. Men introduceert echter op twee manieren fouten.

De eerste fout is een gevolg van het feit dat de rekenmethode een iteratieve benaderingsmethode is en dus werkt met benaderingsformules en afbreekcriteria.

De tweede fout wordt veroorzaakt door de fout in de invoergegevens. Hierin zitten zoveel onzekerheden of onnauwkeurigheden, dat de fout die daardoor wordt gemaakt, waarschijnlijk een orde groter is dan de vorige fout. Men dient zich dan ook te realiseren dat de resultaten nooit nauwkeuriger kunnen zijn dan de uitgangsgevens.

Leidingnetberekeningen dienen gebruikt te worden voor het vergroten in het inzicht in het net, terwijl men niet moet blindvaren op de absolute grootte van de resultaten.

INLEIDING

Het handmatig doorrekenen van leidingnetten is een tijdrovende bezigheid. Als gevolg hiervan is het zoeken naar een optimaal ontwerp van een leidingnet of het zoeken naar een optimale situatie in een bestaand net eigenlijk onmogelijk. Bovendien zal men niet even snel met de hand uitrekenen wat er in bepaalde noodsituaties, zoals bij leidingbreuk of pompuitval, te verwachten is. Dit resulteerde in de zestiger jaren in het ontwikkelen van computerprogramma's waarmee de berekeningen kunnen worden uitgevoerd. Sindsdien zijn veel leidingnetberekeningsprogramma's op de markt gekomen. Ieder programma met zijn eigen mogelijkheden en onvolkomenheden.

De Werkgroep Computergebruik bij Transport- en Distributie heeft aan de hand van de eisen waaraan zo'n programma moet voldoen en met de goede onderdelen uit reeds beschikbare programma's een Algemeen LEIDingnetprogramma "ALEID" ontwikkeld, dat kosteloos beschikbaar is voor alle waterleidingbedrijven in Nederland.

Het programma is ontwikkeld in de programmeertaal BASIC en werd reeds uitgebreid beschreven in KIWA-mededeling 75. Vervolgens is de BASIC-versie vertaald in een FORTRAN-versie, waarvan dit - mededeling 76 - de handleiding is. De FORTRAN-versie is geschreven voor computers die MS-DOS als operating system hebben, dit zijn in het algemeen computers die "compatible" zijn met de IBM-PC. De FORTRAN-versie is echter ook beschikbaar voor grotere systemen, zij het dat dan meestal enige aanpassingen nodig zijn.

De handleiding bestaat uit twee delen. In het eerste deel (hoofdstuk 2) wordt besproken hoe men een

bestaand of te ontwerpen leidingnet schematiseert. Dit komt kortweg neer op het nabootsen van de werkelijkheid door het net te verdelen in buizen en knopen. De buizen vormen de verbindingen tussen de knopen en worden gekarakteriseerd door lengte, diameter en materiaalsoort. In de knopen worden het verbruik en de invoer geschematiseerd. (Eventueel ook watertorens en opjagers.)

De buizen zijn redelijk concrete zaken en behoeven weinig toelichting. Met de verbruiken ligt het anders. Een groep gebruikers, die in werkelijkheid verdeeld is over een bepaald oppervlak, wordt gebundeld tot één verbruikspunt. Het verloop in de tijd van het verbruik in zo'n punt is afhankelijk van het aantal afnemers wat samengenomen wordt in dat verbruikspunt en is afhankelijk van de soorten gebruikers (zoals huishoudens, industrie, recreatie etc.), die in het verbruikspunt terug te vinden zijn. Zelfs de in werkelijkheid optredende druk is van invloed op het verbruik. Dit geeft aan dat het schematiseren van het verbruik een moeilijke zaak is.

Ook hieraan wordt in hoofdstuk 2 aandacht besteed evenals aan het schematiseren van de invoer van het leidingnet, wat weliswaar niet zo concreet is als een buis, maar toch minder onzeker als het schematiseren van de verbruiken.

Vervolgens wordt enige aandacht besteed aan het ijken van modellen.

In het tweede deel, de hoofdstukken 3, 4 en 5 komen de leidingnetberekeningen aan de orde.

Een leidingnetberekening is niets anders dan het berekenen van drukken in knopen en debieten in leidingen. Hoe dit in ALEID geschiedt wordt in hoofdstuk 3 besproken.

Vervolgens worden alle invoergegevens die nodig zijn voor het uitvoeren van de berekeningen in hoofdstuk 4 besproken, waarbij ook de verschillende mogelijkheden die ALEID biedt, aan de orde komen. Een instructie voor het uitvoeren van een berekening is te vinden in hoofdstuk 5.

In deze handleiding wordt gewerkt met oude eenheden. In het programma is echter een keuze tussen SI-eenheden en oude eenheden mogelijk.

2

HET MODELLEREN VAN EEN LEIDINGNET

2.1

Het schematiseren van het net

Wil men leidingnetberekeningen kunnen uitvoeren, dan moet men van een bestaand of te ontwerpen leidingnet een model maken.

Zo'n model bestaat uit twee elementen: buizen en knopen.

De leidingen in het net worden nagebootst door de buizen. De knopen zijn verbindingspunten van twee of meer buizen. Knopen dienen echter ook om de verbruiken in en de voeding van het net te schematiseren. Dit wordt in de volgende paragraaf besproken.

Eén der eerste stappen die men neemt bij het maken van een leidingnetmodel is het sterk vereenvoudigen van het werkelijke net. De leidingen die weinig invloed hebben op het stromingsbeeld in het net, worden weggelaten. Hierbij kan men denken aan een leiding van 50 mm die naast een transportleiding van 400 mm ligt. De hoeveelheid water die zo'n kleine leiding vervoert zal te verwaarlozen zijn ten opzichte van de hoeveelheid die door de grote leiding stroomt. Vaste regels zijn hiervoor echter niet te geven. Andere leidingen die zoveel mogelijk weggelaten dienen te worden zijn uitlopers waarin nauwelijks water wordt afgenomen. In zo'n situatie kan men het verbruik aan het eind van de uitloper beter verplaatsen naar de knoop waarin de uitloper op het net aansluit. Deze vereenvoudigingen maken het leidingnetmodel overzichtelijk, terwijl de overeenkomst met de werkelijkheid niet verloren gaat, omdat de belangrijkste leidingen in het model komen. Andere vereenvoudigingen zijn nodig om het rekenproces goed te doen verlopen. Buizen met een zeer

klein verhang - korte leidingen met grote diameter - kunnen leiden tot problemen bij het uitvoeren van een leidingnetberekening. Het is beter deze leidingen zoveel mogelijk uit het model weg te laten. Volgens welke regels een model wordt gemaakt, is niet aan te geven. Het is meer een kwestie van inzicht.

In bijlage 1 wordt aan de hand van een deel van het net van Drenthe in grote lijnen gedemonstreerd hoe een net geschematiseerd wordt. De begin- en eindsituatie van dit voorbeeld zijn weergegeven in de figuren 2.1 en 2.2.

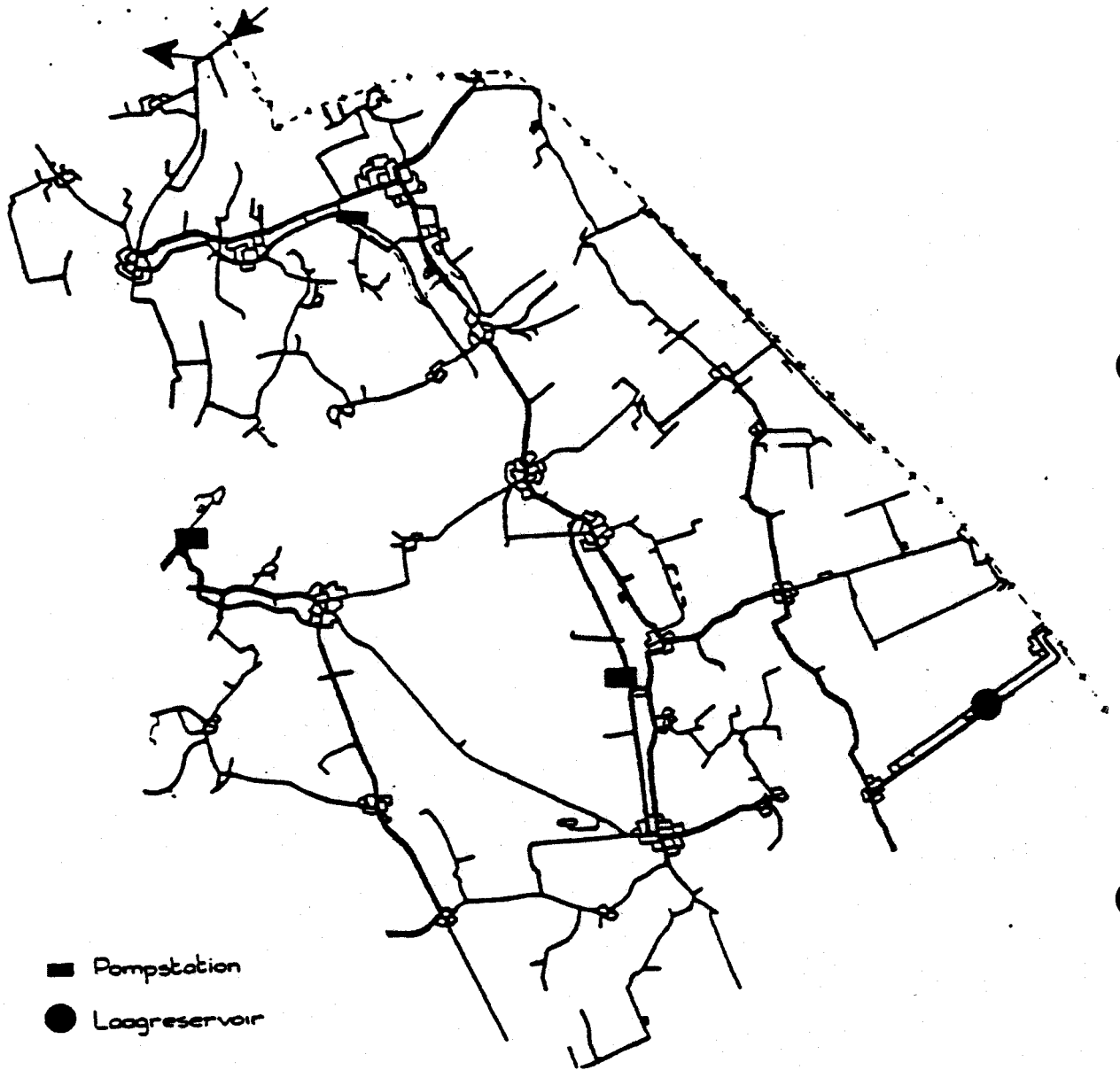
2.2

Het schematiseren van het verbruik

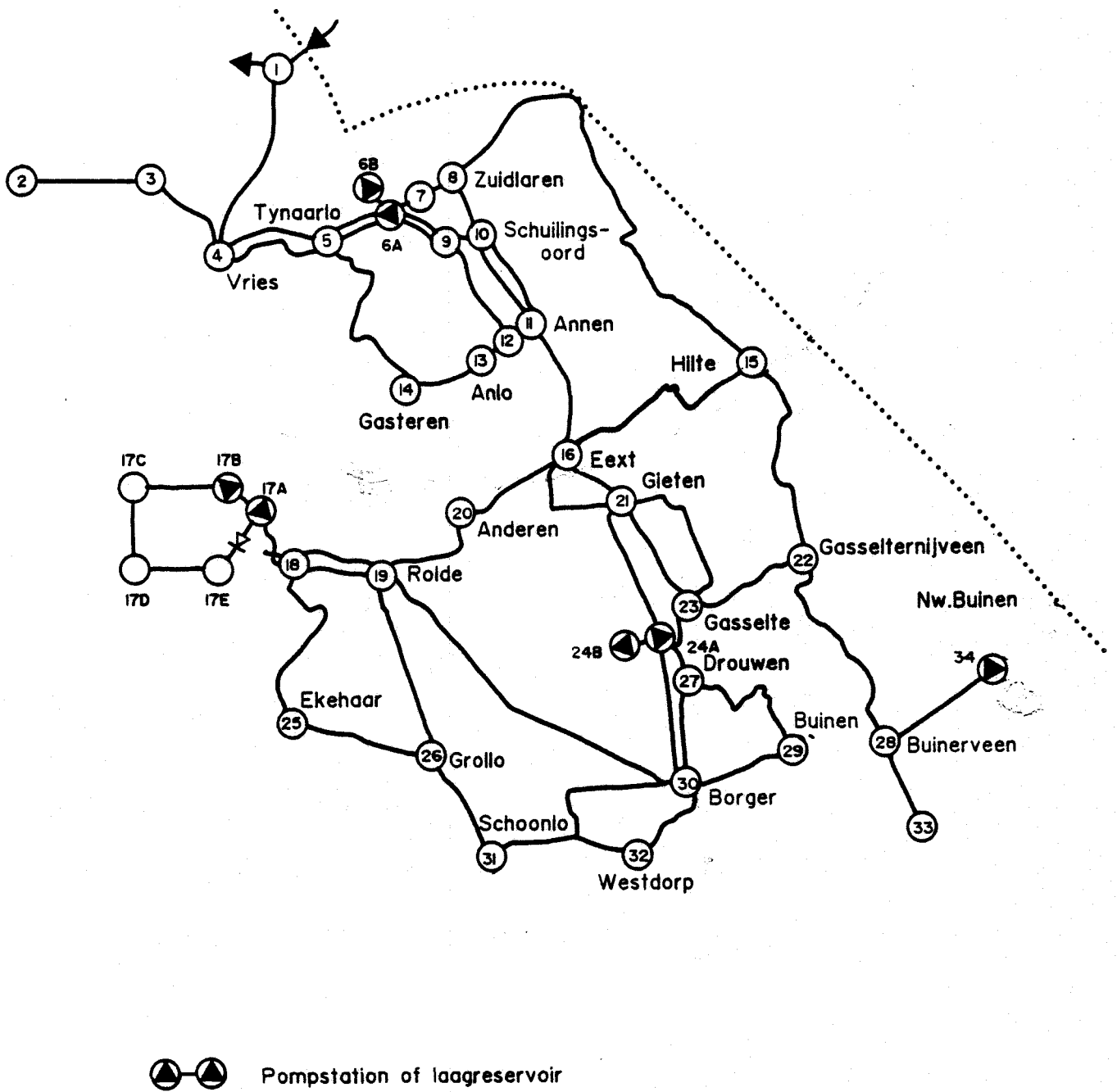
Nadat het net vereenvoudigd is tot een aantal knopen en buizen wordt het verbruik geschematiseerd. Op verantwoorde wijze verdeelt men het gebied waarvoor een leidingnetmodel gemaakt wordt, in deelgebiedjes. De verbruiken in deze deelgebiedjes kent men toe aan de knopen in de deelgebiedjes (ook dit wordt in bijlage 1 gedemonstreerd).

Er is echter een verband tussen pieken in het waterverbruik en het aantal afnemers. Naarmate het aantal afnemers daalt tot beneden een bepaald aantal wordt de verhouding tussen momentaan waterverbruik en gemiddeld waterverbruik snel groter. Om te voorkomen dat dit effect een rol speelt bij de berekeningen, adviseert de werkgroep niet minder dan 500 aansluitingen in één verbruiksknoop samen te nemen. Indien men een leidingnetmodel gebruikt voor berekeningen op wijkniveau, moet men beseffen dat de lokale pieken in het verbruik veel hoger kunnen zijn dan de gemiddelde waarden.

In de berekeningssoort "SIMPEL" - de berekenings-



Figuur 2.1 - Het leidingnet



Figuur 2.2 - Model van het net

soorten worden besproken in hoofdstuk 4 - worden alle soorten gebruikers op één hoop geveegd, hetgeen resulteert in één verbruik per knoop. De berekeningen "VERHOUDING" en "POMPKROMME" bieden de mogelijkheid om meer verbruikscategorieën op te geven (maximaal 5). Men kan bijvoorbeeld alle huishoudelijke gebruikers samennemen tot één huishoudelijk verbruik en de industrie tot één industrieel verbruik. Deze verbruiken zullen niet alleen qua grootte, maar ook wat betreft het verloop in de tijd, verschillen. Het programma biedt daarom mogelijkheden deze verbruiken met hun eigen piek-, uur-, groei- en lekfactoren te vermenigvuldigen. Het programma berekent het totale verbruik in een knoop door het verbruik per categorie te vermenigvuldigen met de bijbehorende factoren en vervolgens de verbruiken per categorie bij elkaar op te tellen. In tabel 2.1 is te zien welke factoren gebruikt worden.

Met de groeifactor kan opgegeven worden hoeveel het verbruik jaarlijks lineair stijgt ten opzichte van een basisjaar (zie paragraaf 4.2.10). Deze factor kan men bovendien voor verschillende groeiperiodes (maximaal 5) opgeven. Bedraagt de groei van 1985 tot 1990 3 procent per jaar en 2 procent in de periode van 1990 tot 1995, dan is het verbruik in 1992:

$$Q_{1992} = \{1 + (5 * 0.03 + 3 * 0.02)\} * Q_{\text{basis}}$$

Onder Q_{basis} wordt verstaan het gemiddeld verbruik in het basisjaar, uitgedrukt in m^3/h .

Tabel 2.1 - Factoren waarmee de gemiddelde verbruiken worden vermenigvuldigd

	"SIMPEL"	"VERHOUDING"	"POMPKROMME"
Groefactor		X	X
Seizoenfactor		X	X
Etmaalfactor	X*	X	X
Uurfactor		X	X
Lekverliesfactor	X	X	X

* Eén factor waarin alle invloeden opgenomen zijn.

De seizoenfactor wordt gebruikt voor afnemers die slechts een deel van het jaar water afnemen zoals bijvoorbeeld recreatieve gebruikers. Weet men bijvoorbeeld het gemiddelde jaarverbruik, terwijl de campings slechts vier maanden per jaar open zijn, dan kan men dat opgeven en wordt dit verbruik met 12/4 vermenigvuldigd (zie paragraaf 4.2.6).

De uurfactor dient om het verloop over een etmaal aan te kunnen geven. Het gemiddelde verbruik wordt voor een bepaald uur vermenigvuldigd met de bijbehorende uurfactor. Het gemiddelde van de uurfactoren over 24 uur bedraagt natuurlijk 1 (zie paragraaf 4.2.5).

Met de etmaalfactor kan men het etmaal waarvoor men de berekening wil uitvoeren, aangeven. Deze factor zou bijvoorbeeld kunnen zijn maximum etmaal/gemiddeld etmaal (zie paragraaf 4.2.11).

De lekverliesfactor spreekt voor zich (zie paragraaf 4.2.11).

In één formule samengevat ziet het verbruik van één categorie in een knoop er als volgt uit.

$$Q_{\text{totaal}} = f_{\text{groei}} * f_{\text{seizoen}} * f_{\text{etmaal}} * f_{\text{uur}} * f_{\text{lek}} * Q_{\text{basis}}$$

Het spreekt voor zich dat men de factoren ook voor andere doeleinden kan gebruiken.

Het is mogelijk een negatief verbruik op te geven. Dit houdt in dat er water in het net gebracht wordt: voeding.

2.3 Het schematiseren van de voeding

De voeding van een net kan men op verschillende manieren opgeven:

- een vaste hoeveelheid via een knoop in het net brengen;
- een vaste druk in een knoop handhaven;
- een verband tussen druk en hoeveelheid in een knoop vastleggen.

In tabel 2.2 is samengevat welke voedingsvormen er mogelijk zijn bij de verschillende berekeningssoorten. Wat deze berekeningssoorten precies inhouden komt in hoofdstuk 4 aan de orde. Daar wordt ook de betekenis van de knoopsoorten toegelicht.

Tabel 2.2 - Voedingsmogelijkheden bij verschillende berekeningssoorten

Voeding in knoop	knoopsoort	SIMPEL VERHOUDING		POMPKROMME
Vaste druk	71	ja*	nee	ja
Hoeveelheid**	73	ja*	ja	nee
Relatie Q en H	2;71 met 73; 72 met 73	nee	nee	ja

* De voeding bij "SIMPEL" dient opgegeven te worden met een knoop waarvan de druk vrij is (73), of met één of meer knopen met vaste druk (71).

** Voeding door een negatief verbruik op te geven is natuurlijk bij alle berekeningssoorten mogelijk (knoopsoorten 1;50;51;52).

2.3.1 Vaste hoeveelheid

De eerste mogelijkheid is het opgeven van een negatief verbruik. Men kan dit doen door in een knoop een bepaalde negatieve hoeveelheid op te geven (Dit is mogelijk bij alle berekeningssoorten).

Een andere mogelijkheid is echter dat het programma zelf uitrekent hoeveel het totale verbruik in het net is en dat het programma deze hoeveelheid ook in het net brengt via de voedingsknopen. Vervolgens wordt de leidingnetberekening uitgevoerd en bepaalt het programma de drukken in de voedingsknopen.

2.3.2 Vaste druk

Het opgeven van een vaste druk in de voedingsknopen is een andere mogelijkheid om het net te voeden. Nu wordt de druk in de voedingsknopen tijdens de berekening constant gehouden. De drukken in de overige knopen worden net zolang bijgesteld totdat de hoeveelheden die naar en van de knopen stromen in balans zijn. Het programma berekent nu in tegenstelling tot de vorige mogelijkheid de hoeveelheid, die bij de vaste drukpunten in het net stroomt, aan de hand van de drukverschillen met de omliggende knopen. (Het is ook mogelijk dat er bij een knoop met vaste druk water uit het net vloeit.)

2.3.3 Een verband tussen voeding en druk

De laatste mogelijkheid is het opgeven van een verband tussen druk en hoeveelheid die in het net stroomt, men kan hierbij denken aan watertorens en pompkrommen.

Watertoren

Een watertoren kan water aan het net leveren of wa-

ter afnemen. De relatie tussen verbruik en druk in zo'n knoop wordt beschreven door de volgende vergelijking:

$$Q_{\text{levering}} = f(A) * (H_{\text{nul}} - H_t)$$

Q_{levering} = toevoer van het net

$f(A)$ = oppervlaktefunctie per m' stijging of daling van het waterniveau

H_{nul} = stand 1 uur vóór de berekening

H_t = uit te rekenen niveau van de watertoren.

In bijlage 5 wordt beschreven hoe de watertoren in de leidingnetberekening is gebouwd.

Pompkromme

Het is mogelijk om pompen in het leidingnetmodel op te nemen. Een pomp wordt in het model gebracht als een buis waarin de druk verhoogd wordt, in tegenstelling tot de gewone buizen waarin juist druk verloren gaat.

De pompkrommen van de pomp - de grafische weergave van het verband tussen drukverhoging en debiet van de pomp - wordt beschreven met een kwadratische vergelijking:

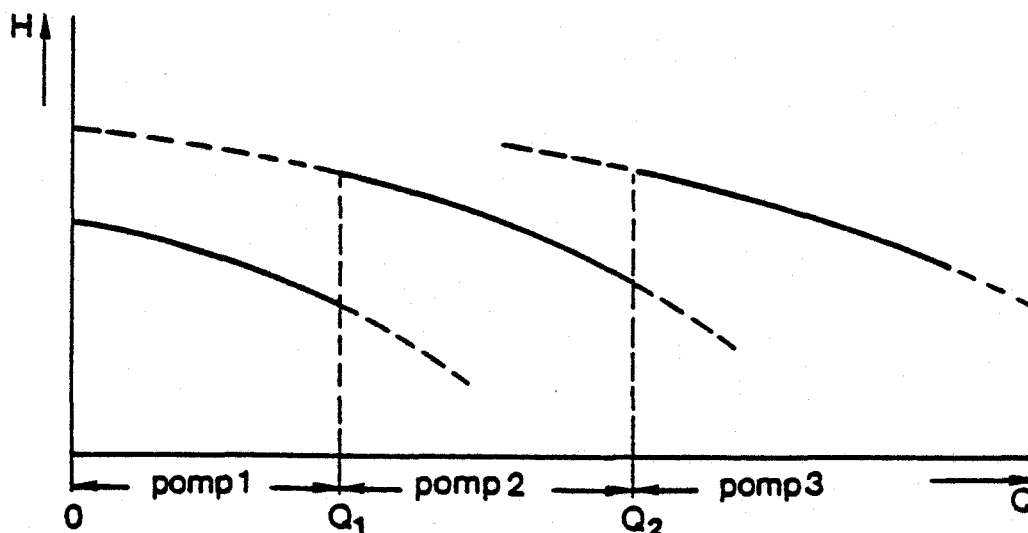
$$H = a * Q^2 + b * Q + c$$

In de berekening wordt van het pompstation een bepaalde hoeveelheid water gevraagd. Aan de hand van de relatie tussen Q en H wordt bepaald hoeveel de pomp het drukverschil tussen beginknoop (de zuigknoop) en eindknoop (de persknoop) van de pompbuis vergroot.

In de praktijk bestaat een pompstation uit enkele

pompen. Het is daarom mogelijk meer pompkrommen per pompstation op te geven.

De pompkrommen moeten netjes op elkaar aansluiten wat betreft de te verpompen hoeveelheid om er voor te zorgen dat er een eenduidige oplossing mogelijk is. Ter illustratie is de pompkromme van een pompstation met drie pompen weergegeven in figuur 2.3.

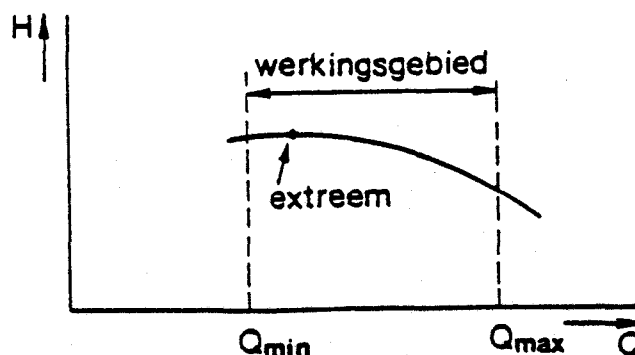


Figuur 2.3 - Aansluitende pompkrommen in een pompstation

Het is mogelijk dat het verband tussen de te verpompen hoeveelheid en de opvoerhoogte een extreme waarde heeft in het werkingsgebied, zie figuur 2.4. In deze situatie kan het programma twee Q's vinden bij één H in de persknoop. Dit geeft natuurlijk problemen in het rekenproces, zodat dit voorkomen dient te worden.

Ook is het mogelijk een regelbare pomp in het model te bouwen.

Hoe een pomp precies in het rekenproces is opgenomen wordt beschreven in bijlage 6. Het opgeven van de pompkrommen wordt besproken in paragraaf 4.2.9.



Figuur 2.4 - Een extreme waarde in het werkingsgebied van een pomp

Opjager

Hoewel een opjager het net niet voedt, wordt hij toch in deze paragraaf besproken. Er zijn namelijk grote overeenkomsten tussen pompen en opjagers. Een opjager voert de druk in het net op dezelfde wijze op als pompen dat doen. Ook de opjager is weer een buis die de druk in de stromingsrichting doet toenemen. De druk in het eind van de buis is gelijk aan de druk in het begin van de buis verhoogd met H volgens het opgegeven verband tussen Q en H . Het verschil met het pompstation is, dat de druk in de zuigknoop bepaald wordt in het iteratieproces, terwijl de druk in de zuigknoop van een gewone pompbuis vast ligt.

2.4

Het ijken van een leidingnetmodel

Wanneer men op de wijze zoals in de voorgaande paragrafen werd aangegeven een leidingnetmodel heeft gemaakt, kan de eerste berekening uitgevoerd worden. Is het model echter een nabootsing van een bestaand net, dan dient men de eerste berekeningen te gebruiken om het model te ijken. Vergelijk de berekende drukken en debieten met waarden die men uit reële situaties kent. Is de overeenkomst ge-

ring, stel dan de verbruiken en/of andere grootheden bij, totdat een redelijke overeenstemming met de werkelijkheid is bereikt. Eerst wanneer men een model heeft dat redelijk met de werkelijkheid overeenkomt, kan men berekeningen voor de toekomst of berekeningen in noodsituaties enzovoorts uitvoeren. Wordt het leidingnetberekeningsprogramma gebruikt voor het dimensioneren van nieuwe netten of onderdelen daarvan, dan kan men niet ijken. In die situatie dient men dan ook uiterst voorzichtig te zijn met de interpretatie van de berekeningsresultaten en regelmatig te controleren of de ingebrachte gegevens realistisch zijn.

3 HET PROGRAMMA ALEID

3.1 Algemeen

In hoofdstuk 2 werd aangegeven hoe een waterleidingnet geschematiseerd wordt tot een aantal knopen, verbonden door buizen. Leidingnetberekeningsprogramma's berekenen uitgaande van een aantal randvoorwaarden, zoals de verbruiken en de voeding, de debieten in de leidingen en de drukken in de knooppunten. Dit kan zowel voor één bepaald moment geschieden (statische berekening) en dat kan voor verschillende tijdstippen achtereen geschieden, waarbij de voorgaande situatie steeds van belang is (dynamische berekening). ALEID is een statisch leidingnetberekeningsprogramma. Hoe ALEID de drukken en debieten berekent volgt hieronder.

3.2 Methode

De stromingstoestand in een leidingnet wordt beschreven door de twee wetten van Kirchhoff.

De eerste wet van Kirchhoff:

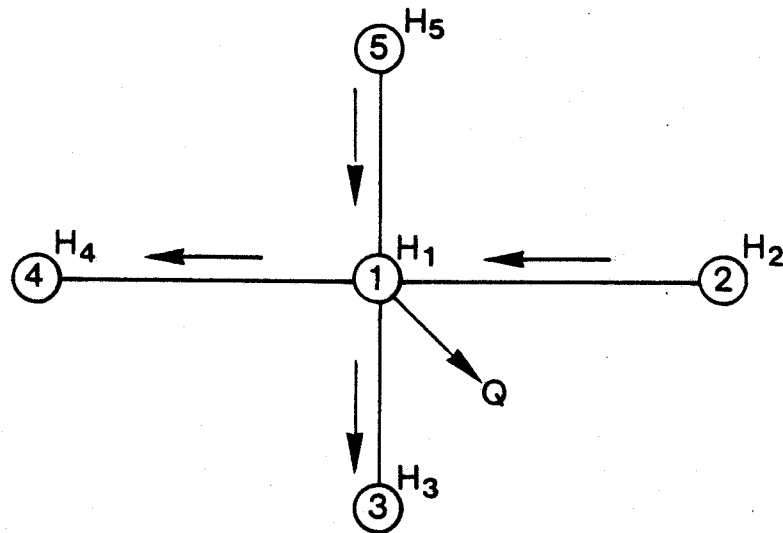
de algebraïsche som van de in- en uitgaande stromen in een knooppunt is nul. Dit resulteert in de zogenaamde knooppuntsvergelijking (zie figuur 3.1).

De tweede wet van Kirchhoff:

de algebraïsche som van de drukverliezen over een gesloten ring van leidingen (een maas) is nul. Hieruit volgt de zogenaamde maasvergelijking (figuur 3.2).

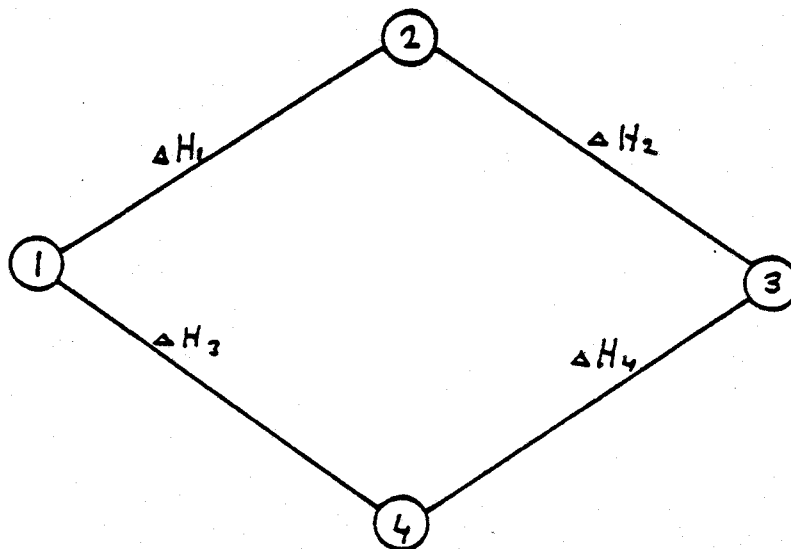
Wanneer ook het verband tussen debiet en drukval in een leiding bekend is, zou men alle knooppunts- en

maasvergelijkingen van een net op kunnen lossen en zijn de debieten en drukken bekend.



$$\sum_{j=2}^5 Q_{1j} - Q = 0$$

Figuur 3.1 - Knooppuntsvergelijking



$$\sum_{i=1}^4 \Delta H_i = 0$$

Figuur 3.2 - Maasvergelijking

Het verband tussen debiet en drukval in een leiding is echter niet lineair, wat het oplossen van de vergelijkingen onmogelijk maakt. Het feit dat in de formule van Darcy-Weisbach, die het verband tussen debiet en drukval het beste beschrijft, de λ niet constant is, bemoeilijkt het oplossen der vergelijkingen nog meer.

$$\Delta H = \lambda * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} = 0.0826 * \lambda * L * \frac{Q^2}{D^5} \quad (\text{Darcy-Weisbach})$$

waarin: ΔH = drukverlies in mwk

λ = weerstandscoefficiënt

v = stroomsnelheid in m/s

g = zwaarteveldsterkte in m/s²

L = leidinglengte in m

D = diameter in m

Q = volumestroom in m³/s

Oplossing maasvergelijkingen

Om aan de problemen die het analytisch oplossen der vergelijkingen met zich mee brengt, te ontkomen kan men de maasvergelijkingen iteratief oplossen. Men neemt dan een waarde aan voor de debieten in de leidingen en berekent de drukval in de leidingen. Vervolgens worden de drukverschillen in de maasvergelijkingen gesubstitueerd. Wanneer de som van deze drukverschillen niet (bijna) nul is, worden de debieten bijgesteld en wordt het geheel herhaald, totdat de maasvergelijkingen kloppen.

Deze methode heeft als voordeel dat in een klein aantal iteraties een oplossing wordt bereikt (hoge convergentiesnelheid), doch als groot nadeel dat men eerst moet vaststellen wat een maas is en wat niet. Dit maakt het inbouwen van allerlei zaken zoals keerkleppen, watertorens enz. moeilijk.

Oplossing knooppuntsvergelijkingen

Men kan in plaats van de maasvergelijkingen ook de knooppuntsvergelijkingen iteratief oplossen; de zogenaamde drukvereffeningsmethode. Er wordt een redelijke schatting gemaakt van de drukken in de knooppunten. Vervolgens wordt uit het drukverschil tussen de knopen berekend wat het debiet in de leidingen is. Deze debieten worden gesubstitueerd in de knooppuntsvergelijkingen. Wanneer de som van de debieten in de leidingen die in een knoop bijeenkomen, te zamen met het verbruik niet (bijna) nul is, wordt de begindruk in de knopen bijgesteld en wordt het proces herhaald, totdat de knooppuntsvergelijkingen vrijwel kloppen.

Het bijstellen van de drukken geschiedt niet willekeurig. In bijlagen 2 en 3 wordt beschreven hoe dit gebeurt, opdat het geheel tot een oplossing convergeert. Bijlage 4 vertelt iets meer over de convergentiesnelheid.

De knooppuntsmethode is in tegenstelling tot de maasmethode eenvoudig toe te passen en toegankelijk voor het inbouwen van allerlei zaken zoals keerkleppen, watertorens enz. De methode is echter veel trager dan de maasmethode, hetgeen met de relatief snelle microcomputer geen probleem behoeft te zijn. Op grond van de grote toegankelijkheid en de eenvoud heeft de werkgroep gekozen voor het gebruik van de drukvereffeningsmethode in ALEID.

3.3

Drukvalbenadering

De λ uit de formule van Darcy-Weisbach kan het beste worden berekend uit de empirisch bepaalde vergelijking van Colebrook:

$$\lambda = \frac{0,25}{\log \left\{ \frac{1}{0.4 * Re \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3.7 * D} \right\}^2}$$

waarin: λ = weerstandscoefficiënt

Re = getal van Reynolds

D = diameter in m

k = wandruwheid in m

De λ is dus afhankelijk van het debiet- in het getal van Reynolds - en is niet expliciet als functie van het debiet te schrijven. Dit houdt in dat men na iedere bijstelling van de druk in twee knopen, langs iteratieve weg moet vaststellen wat het debiet in de tussenliggende leiding is.

Dit is met de grote rekensnelheid van de moderne micro-computer best uit te voeren, maar de reken-tijd wordt aanzienlijk verkort wanneer de drukval eerst berekend wordt met de volgende Hazen-Williams-achtige benadering:

$$\Delta h = a * L * k^b * D^c * Q^2$$

a, b en c zijn constanten

De factor $a * L * k^b * D^c$ kan van te voren berekend worden en behoeft niet iedere iteratieronde opnieuw vastgesteld te worden.

In het programma worden twee sets waarden voor a, b en c gebruikt: één set voor leidingen met diameters groter dan 400 mm en één voor leidingen met diameters kleiner dan 400 mm.

Pas wanneer de oplossingen van de knoopvergelijkingen dicht benaderd worden, gaat het programma over op het berekenen van de drukverliezen met de formule van Colebrook.

3.4 Het programma

Het programma bestaat uit twee delen. Het eerste deel - Valida genaamd - controleert het bestand met gegevens over leidingnet, voeding en gebruik, bewerkt dit invoerbestand en maakt een binair bestand aan. Dit binaire bestand dient weer als invoer voor het tweede deel van het programma, Aleid. Dit programma voert de berekening uit en maakt de uitvoer die afgedrukt kan worden.

3.4.1 Valida

In figuur 3.3 is schematisch weergegeven hoe Valida werkt. De stappen die het programma achtereenvolgens uitvoert worden hieronder kort besproken.

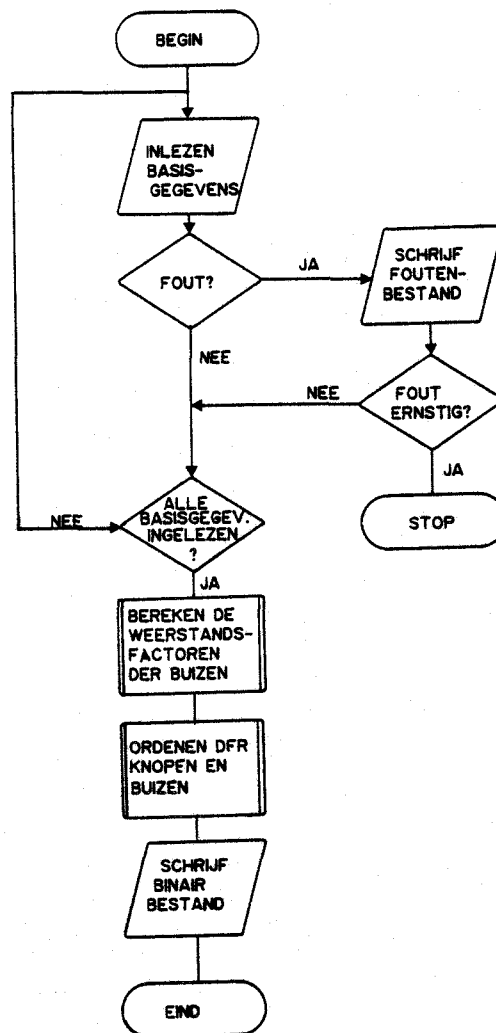
1. Het inlezen van het basisbestand

Dit deel van het programma behoeft nauwelijks toelichting. Het programma Valida leest de basisgegevens in en test dan meteen of bepaalde zaken goed opgegeven worden. In hoofdstuk 4 wordt uitgebreid besproken hoe dit basisbestand gemaakt wordt.

2. Foutmeldingen en waarschuwingen

Wanneer Valida bij het inlezen vaststelt dat er iets mis is met de gegevens in het basisbestand, wordt subroutine Fout aangeroepen. Afhankelijk van de ernst van de fout wordt het inlezen afgebroken of niet. De foutmeldingen en waarschuwingen komen in het bestand FOUTEN.LST terecht.

De foutmeldingen en waarschuwingen komen in hoofdstuk 4 uitgebreid aan de orde.



Figuur 3.3 - Stroomschema VALIDA

3. Weerstandsfactoren

In paragraaf 3.3 is het drukverlies beschreven als een functie van het debiet. Deze functie kunnen we zodanig herschrijven dat het debiet een functie is van het drukverlies:

$$Q = f * \sqrt{\text{drukverlies}}$$

Subroutine Fakt berekent voor alle buizen de weerstandfactor f uit de diameter, wandruwheid en de lengte.

Deze factor is dus in de gehele berekening constant.

Er wordt echter onderscheid gemaakt tussen leidingen met een diameter kleiner dan 400 mm en groter dan 400 mm. De coëfficiënten a , b en c uit de benadering hebben bij diameters kleiner dan 400 mm andere waarden dan bij diameters groter dan 400 mm. Dit is gedaan om grote afwijkingen van de berekening met de formule van Colebrook te voorkomen.

4. Ordenen van buizen en knopen

Het kost erg veel tijd wanneer het rekenprogramma in iedere iteratieronde steeds opnieuw voor alle knopen moet uitzoeken welke andere knopen eraan vast zitten. Daarom wordt in subroutine Orde één keer in een verknopingsmatrix vastgelegd welke knopen door welke buizen verbonden worden. In het iteratieproces wordt dan steeds gebruik gemaakt van deze verknopingsmatrix.

5. De binaire uitvoer

Wanneer alle voorgaande stappen uitgevoerd zijn en het programma niet door subroutine Fout onderbroken is, worden de gegevens in een binair bestand weggeschreven. Dit binaire bestand wordt het invoerbestand van het rekenprogramma. Het aanmaken en wegschrijven van het binaire bestand geschiedt in subroutine Writer.

3.4.2 ALEID

Het stroomschema in figuur 3.4 geeft weer wat het rekenprogramma doet. De stappen die het programma doorloopt worden kort besproken.

1. Het inlezen van het binaire bestand

Het binaire bestand dat het programma Valida heeft gemaakt van de file met de ruwe invoergegevens, wordt met de subroutine Reader ingelezen.

2. Stuurgegevens

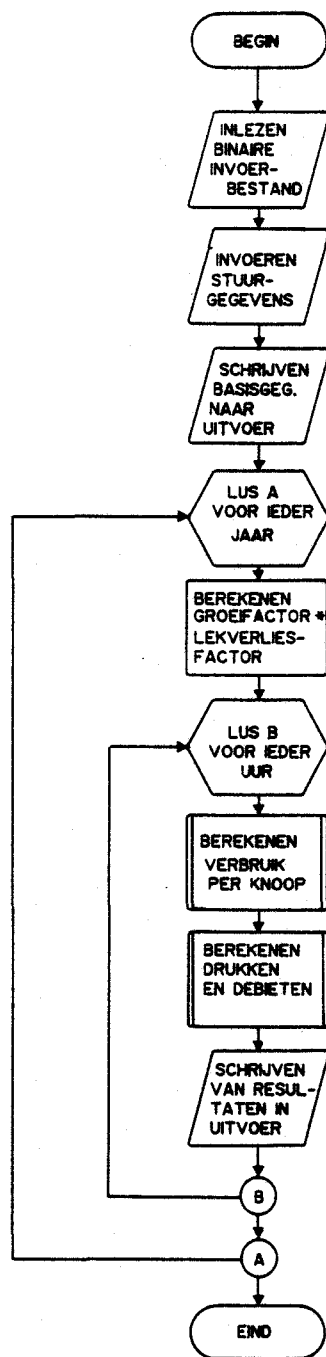
Vervolgens vraagt het programma om een aantal stuurgegevens, die nodig zijn voor het uitvoeren van de berekening. Deze stuurgegevens worden besproken in paragraaf 5.4.

3. Basisgegevens

Wanneer de stuurgegevens ingelezen zijn, wordt een aantal gegevens, zoals de naam van het net, datum van validatie, datum van berekening, aantal knopen, aantal buizen, jaren en uren waarvoor berekening wordt uitgevoerd en de etmaal-, groei- en lekfactoren, in het uitvoerbestand geschreven. Dit wordt gedaan in subroutine Basis.

4. Groeifactoren

Vervolgens worden de factoren berekend, waarmee de verbruiken in het jaar waarvoor de berekening wordt uitgevoerd, dienen te worden vermenigvuldigd (prognoses). Hiervoor is geen subroutine, dit geschiedt in het programma zelf.



Figuur 3.4 - Stroomschema ALEID

5. Berekening van de verbruiken

Nu de groeifactoren bekend zijn berekent de subroutine Verbrk de verbruiken in de knopen. Per verbruikscategorie wordt het opgegeven gemiddelde uurverbruik vermenigvuldigd met:

- de groefactor, die hierboven werd genoemd (paragraaf 4.2.10);
- een piekfactor, bijvoorbeeld max. etmaal/gem. etmaal (paragraaf 4.2.11);
- een uurfactor voor het uur waarvoor de berekening wordt uitgevoerd (paragraaf 4.2.5);
- een lekfactor (paragraaf 4.2.11).

De verbruiken per categorie worden vervolgens per knoop gesommeerd.

In de subroutine Verbrk wordt ook het totale verbruik berekend en wordt bepaald welk deel van het totale verbruik door welke knoop wordt geleverd (slechts bij berekeningssoorten SIMPEL en VERHOUDING).

6. Het iteratieproces

Nu de gegevens ingevoerd en alle verbruiken bekend zijn kan de berekening beginnen. Subroutine Itrati zorgt hiervoor.

Het corrigeren van de drukken in de knopen wordt net zolang herhaald, totdat de grootste drukcorrectie in één iteratieronde kleiner is dan een waarde die bij de stuurgegevens is opgegeven (afbreekcriterium) of totdat het maximum aantal iteraties is bereikt. Ook dit maximum wordt bij de stuurgegevens opgegeven.

Wanneer het afbreekcriterium is bereikt, schakelt het programma over op het berekenen van drukverliezen met de formules van Colebrook en

gaat het iteratieproces door, totdat weer aan hetzelfde afbreekcriterium wordt voldaan.

De volgorde van itereren heeft invloed op de snelheid waarmee een eindoplossing wordt gevonden. Subroutine Pad stelt daarom eerst de iteratievolgorde vast. Eerst worden er drukcorrecties aangebracht in watertorens. Dan in buisopjagers en pompstations. Vervolgens zijn de knopen met verbruiken aan de beurt en daarna de knopen zonder verbruik.

De berekening kan gebruik maken van pompkrommen. In dat geval wordt voor de correctie van de druk in een pompstation, subroutine Pomp aangeroepen. In deze subroutine wordt een pomp beschouwd als een buis waarin geen drukverlies, maar drukwinst is. Het verband tussen debiet en drukwinst wordt beschreven door:

$$\Delta H = a * Q^2 + b * Q + c$$

Indien we dit herschrijven tot een zelfde type formule als voor het drukverlies wordt dit:

$$Q_{1,2} = - \frac{b}{2a} \pm \frac{1}{2a} \sqrt{(b^2 - 4a (c - \Delta H))}$$

Uit beide oplossingen moet aan de hand van de gestelde voorwaarden de juiste worden gekozen. Dit wordt besproken in bijlage 6.

7. Uitvoer

Wanneer de berekening klaar is wordt het uitvoerbestand aangemaakt. Dit wordt gedaan in subroutine Uitvoer.

Berekening voor meer uren en jaren

Indien opgegeven is dat de berekening voor meer uren uitgevoerd moet worden, wordt nu teruggekeerd naar subroutine Verbrk om de volgende berekening uit te voeren. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de drukken en debieten, die in het voorgaande uur werden berekend. Na het opnieuw berekenen van het verbruik, komt het programma weer bij Itrati en Uitvoe. Deze cyclus wordt net zolang herhaald totdat alle opgegeven uren doorgerekend zijn.

Zijn de berekeningen voor alle uren uitgevoerd, dan keert het programma terug naar het berekenen van de groeifactoren van een volgend jaar. De hele berekening, dus voor alle opgegeven uren, herhaalt zich nu voor alle opgegeven jaren.

Alle berekeningsresultaten worden aan de eerder gemaakte uitvoer toegevoegd. Geeft men bijvoorbeeld op dat een berekening voor alle uren van de maximale etmalen van 1985 tot en met 1989 moeten worden uitgevoerd, dan krijgt men een pakket van $24 * 5$ berekeningen. De uitvoer hiervan bedraagt al snel zo'n 360 velletjes papier. Het is dus zaak dat men hiermee voorzichtig te werk gaat. Zo'n berekening duurt immers zeer lang.

Bovendien bestaat het gevaar dat de resultaten uit de vorige berekening geen goede drukschatting zijn voor de nieuwe berekening. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer een pomp het ene uur aan staat en het nieuwe uur uit. In die situatie wordt waarschijnlijk zelfs geen oplossing gevonden.

4 INVOERGEGEVENS EN VALIDATIE

4.1 Inleiding

Van de gegevens waarmee een leidingnetberekening uitgevoerd wordt, wordt een gegevensbestand gemaakt. Deze gegevens worden met een validatieprogramma gecontroleerd op fouten. Wanneer er geen fouten in het basisbestand gevonden worden, maakt het validatieprogramma een binair bestand van het gegevensbestand. Dit binaire bestand dient als invoer van het rekenprogramma.

Wanneer het binaire bestand door het hoofdprogramma is ingelezen zijn er nog wat stuurgegevens nodig. Deze stuurgegevens worden hetzij interactief, hetzij via een bestandje ingevoerd.

Hieronder worden eerst de basisgegevens besproken, waarna aandacht besteed wordt aan de foutmeldingen en waarschuwingen die het validatieprogramma kan geven. Vervolgens komen de stuurgegevens aan de orde.

Tabel 4.1 - De benodigde basisinvoer bij de drie berekeningssorten

	S	V	P
1 Netnaam en berekeningssort	*	*	*
2 Aantal prognoseperiodes, aantal verbruikscat.		*	*
3 Knoopgegevens	*	*	*
4 Buisgegevens	*	*	*
5 Uurverbruiksverdeling		*	*
6 Seizoenlengtes		*	*
7 Inzetpercentage pompstations		*	
8 Schakelschema pompstations			*
9 Pompkrommen			*
10 Periodelengtes met bijbehorende verbruiksprognoses		*	*
11 Piekfactoren en lekverlies per verbruikscategorie	*	*	*

S = berekeningssort "SIMPEL"

V = berekeningssort "VERHOUDING"

P = berekeningssort "POMPKROMME"

4.2 Basisinvoer

De gegevens worden in het basis-invoerbestand in een vaste volgorde gerangschikt. In tabel 4.1 is aangegeven welke volgorde aangehouden wordt en wat elke berekeningssoort vereist.

Binnen een dataregel worden de gegevens van elkaar gescheiden door middel van een komma of een of meerdere spaties. Elke regel wordt afgesloten met een schuine streep (slash), waarachter eventueel commentaar geschreven kan worden.

4.2.1 Netnaam en berekeningssoort

In de eerste regel van het bestand wordt de naam van het te berekenen net en de soort van berekening opgegeven.

De netnaam mag uit maximaal 10 tekens bestaan, dit mogen zowel letters als cijfers zijn. De netnaam moet tussen enkele quotes staan.

De berekeningssoort dient tussen enkele quotes en in hoofdletters opgegeven te worden.

Zoals reeds enkele malen aan de orde is geweest zijn er drie berekeningssoorten:

SIMPEL De meest eenvoudige berekeningssoort. Het net wordt gevoed door één of meer vaste drukpunten of door één voedingspunt waarvan de druk vrij is, in dit laatste geval is de hoeveelheid bekend.

VERHOUDING Berekening waarbij de voeding met verhoudingsgetallen wordt opgegeven, tenzij er slechts één voedingspunt is. In dat geval wordt het gehele net via dit ene punt gevoed en is het ook niet nodig om de verhoudingsgetallen op te geven.

POMPKROMME Hier geschiedt de voeding, zoals de naam al aangeeft, met pompstations en pompkrommen. Of een pomp op een bepaald uur werkt of niet wordt aangegeven met een schakelschema, tenzij er maar één pompstation in het model aanwezig is. In dat geval werkt dit ene pompstation altijd en is het niet nodig om een schakelschema op te geven.

De eerste regel van een basisbestand ziet er bijvoorbeeld zo uit:

'zlg1982' 'POMPKROMME' / commentaar

4.2.2 Aantal prognoseperiodes en verbruikscategorieën

Deze regel wordt alleen opgegeven bij de soorten VERHOUDING en POMPKROMME. Bij SIMPEL kan men immers slechts één verbruikscategorie invoeren en wordt geen groei opgegeven.

De regel met deze gegevens ziet er bijvoorbeeld zo uit:

4 4 / Aantal cat. aantal periodes

4.2.3 Knoopgegevens

De eerste vier kolommen van de regels met knoopgegevens worden gebruikt voor:

Knoopnaam
Knoopsoort
Drukschatting
Maaiveldhoogte van de knoop

Afhankelijk van de knoopsoort wordt op dezelfde regel nog meer informatie gegeven. Dit wordt besproken onder de knoopsoorten.

Knoopnaam

De knoopnaam mag maximaal uit 6 tekens bestaan en moet tussen enkele quotes staan. De tekens mogen zowel cijfers als letters zijn.

Knoopsoort

Met het opgeven van de knoopsoort kent men bepaalde eigenschappen aan een knoop toe. ALEID kent de volgende knoopsoorten:

0: Dit is een knoop zonder verbruik en dient voornamelijk als verbindingsknoop. Na de eerste vier getallen wordt hier niets meer ingevoerd.

knoop-naam	knoop-soort	druk schat.	maaiv. hoogte	einde invoer
'17E2'	0	40	11	/

1: Dit is een knoop waar verbruik aanwezig is van één of meerdere verbruikscategorieën. Na de maaiveldhoogte wordt hier het verbruik per categorie opgegeven (m^3/h).

knoop- naam	knoop- soort	druk schat.	maaiv. hoogte	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4	
'3'	1	20	7	1.4	0.0	0.2	2.9	/

- 2: Met deze knoop wordt een watertoren aangeduid. Na de maaiveldhoogte worden nog enkele groottheden opgegeven die de watertoren karakteriseren. Dit wordt toegelicht in bijlage 5.

knoop- naam	knoop- soort	druk schat.	maaiv. hoogte	start waarde	opperv. waarde	Min. niveau	Max. niveau	
'2'	2	26	15	26	10	25	35	/

- 50: Dit is een verbruiksknoop waarop niet één der op te geven factoren van invloed is. De verbruiken die men hier per categorie opgeeft, worden niet vermenigvuldigd met uurfactor, groeifactor, piekfactor en lekverliesfactor. Het uurverbruik is dus constant in de tijd. De invoer ziet er net zo uit als bij knoopsoort 1, slechts het nummer dat bij de knoopsoort wordt ingevoerd is anders.
- 51: De verbruiken in deze knoop worden slechts vermenigvuldigd met de piek- en lekverliesfactor. Er is dus geen groei en geen etmaalverloop. De invoer ziet er net zo uit als bij knoopsoort 1, slechts het nummer dat bij de knoopsoort wordt ingevoerd is anders.
- 52: Als voorgaande knoopsoort, de verbruiken groeien nu echter ook. De uurfactor doet nog steeds niet mee.

De invoer ziet er net zo uit als bij knoopsoort 1, slechts het nummer dat bij de knoopsoort wordt ingevoerd is anders.

- 71: Deze knoopsoort wordt niet bij berekeningssoort VERHOUDING gebruikt en kan dienst doen op twee manieren.

In de eerste plaats doet deze knoop dienst als zuigknoop van een pompstation (POMPKROMME). In dat geval dient de knoop in het invoerbestand op de regel direct na de regel met de bijbehorende persknoop, ingevoerd te worden.

In de tweede plaats kan deze knoopsoort gebruikt worden als een knoop met vaste druk (SIMPEL en POMPKROMME). Er worden dan geen drukcorrecties in dit punt aangebracht. Dit houdt in dat dit punt, afhankelijk van de grootte van de vaste druk (= opgegeven druk in de derde kolom), water invoert of verbruikt. In beide gevallen worden na de maaiveldhoogte geen grootheden meer op de betreffende regel ingevoerd, terwijl de invoer er net zo uitziet als bij knoopsoort 0, slechts het nummer dat bij de knoopsoort wordt ingevoerd is anders.

- 72: Deze knoop dient als zuigknoop bij buisopjagers. Ook hier wordt na de maaiveldhoogte niets meer opgegeven. De regel met deze knoopsoort dient weer direct na de regel met bijbehorende persknoop te komen.

- 73: Deze knoopsoort dient als voedingsknoop bij de berekeningssoorten SIMPEL en VERHOUDING.

Bij berekeningssoort POMPKROMME dient deze knoopsoort als persknoop van buisopjager of pompstation. De regel met deze knoopsoort erin, dient direct vooraf te gaan aan de regel met de bijbehorende zuigknoop (71 of 72).

Ook hier ziet de invoer er net zo uit als bij

knoopsoort 0, met het juiste nummer op de plaats voor de knoopsoort.

Drukschatting

De derde grootheid die wordt opgegeven is de drukschatting ten opzichte van het NAP. Deze drukschatting dient als beginwaarde in het iteratieproces. Naarmate de drukschatting dichterbij de einduitkomst van de berekening ligt zijn er minder iteraties nodig en zal de berekening korter duren. Wanneer men geen reële drukschatting heeft kan men eerst een berekening uitvoeren met een grove drukschatting. Met de uitkomst van deze berekening kan men de drukschatting in het basisbestand bijstellen, zodat er bij volgende berekeningen minder iteraties nodig zijn en de rekentijd korter wordt. De druk die men bij knoopsoort 71 opgeeft wordt in het iteratieproces niet meer gewijzigd.

Maaiveldhoogte

Deze kolom geeft de maaiveldhoogte van de knoop ten opzichte van NAP weer. Deze hoogte wordt gebruikt om in de uitvoer van het programma de druk ook ten opzichte van het maaiveld weer te geven.

Het invoergedeelte met knoopgegevens wordt beëindigd met een regel waar slechts 'EIND' op staat, eventueel gevolgd door een schuine streep (slash).

4.2.4 Buisgegevens

Op de regels met buisgegevens komen achtereenvolgens: Naam van beginknoop

Naam van eindknoop

Diameter in mm

Lengte in m

Wandruwheid in mm

Wil men ook nog een keerklep in de leiding hebben, dan kan dit aan het eind van de regel met -999 aangegeven worden.

Hieronder volgt een voorbeeld van een leiding met een keerklep.

begin knoop	eind knoop	diam. (mm)	lengte (m)	ruwheid (mm)	keerkl.
'17E'	'17A'	175	200	0.2	-999 /

In dit voorbeeld kan er geen water van knoop 17A naar knoop 17E stromen, wel in de andere richting. Net als de knoopgegevens worden de buisgegevens afgesloten met 'EIND'.

4.2.5 Uurverbruiksverdeling

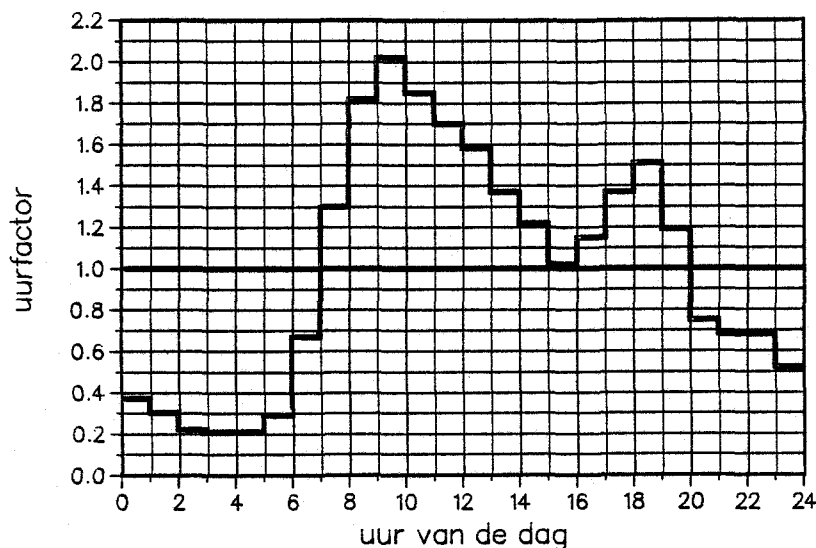
Bij de berekeningssoorten VERHOUDING en POMPKROMME moet per verbruikscategorie opgegeven worden hoe het verbruik over het etmaal is verdeeld. Dit houdt in dat er voor ieder uur een factor opgegeven moet worden, dat wil zeggen 24 factoren achter elkaar, beëindigd met een slash. Het gemiddelde van de 24 uurfactoren bedraagt 1. Het validatieprogramma test hier overigens niet op.

Het gemiddelde uurverbruik van een categorie dat bij de knoopgegevens wordt opgegeven, wordt met de uurfactor vermenigvuldigd.

Het uurverloop van het huishoudelijk verbruik in figuur 4.1 wordt als volgt in het bestand opgenomen:

0.37	0.30	0.22	0.21	0.21	0.29
0.67	1.30	1.82	2.02	1.85	1.70
1.58	1.37	1.22	1.02	1.15	1.37
1.51	1.19	0.75	0.68	0.68	0.52 / Huishoudelijk verbr.

Figuur 6.1 verbruiksverdeling over de dag



Figuur 4.1 - Verbruiksverdeling over de dag

4.2.6 Seizoenlengtes

Er zijn verbruiken die aan een seizoen gebonden zijn, zoals bijvoorbeeld het recreatieve verbruik. Weet men het gemiddelde recreatieve verbruik over een jaar en wordt er slechts 6 maanden water afgenomen door deze categorie gebruikers, dan kan men bij de seizoenlengte 6 maanden opgeven. Het recreatieve verbruik wordt dan met $12/6$ vermenigvuldigd. Deze regel behoeft slechts bij VERHOUDING en POMP-KROMME opgegeven te worden. In de voorbeelden van bijlage 7 ziet deze regel er als volgt uit.

Seizoenlengte cat. 1	Seizoenlengte cat. 2	Seizoenlengte cat. 3	Seizoenlengte cat. 4	
12	12	12	6	/

4.2.7 Inzetpercentage pompstations

Deze paragraaf geldt alleen voor berekeningssoort VERHOUDING. Bij deze berekeningssoort wordt de invoer per pompstation opgegeven als een percentage van het totale verbruik. Zijn er bijvoorbeeld drie invoerpunten in het net, dat wil zeggen drie knopen 73, dan wordt het inzetpercentage als volgt opgegeven:

uur	inzet 1-ste voedingsknoop	inzet 2-de voedingsknoop	inzet 3-de voedingsknoop	
1	30.5	69.5	0.0	/
2	30.0	50.0	20.0	/
.	.	.	.	
.	.	.	.	
24	50.0	40.5	9.5	/

De eerste voedingsknoop in het voorbeeld is de eerste voedingsknoop die ALEID bij het inlezen van de knoopgegevens tegenkomt. De kolom van de tweede voedingsknoop correspondeert met de tweede knoop 73 uit de knoopgegevens etc.

De som van percentages voor één uur dient 100 te zijn. Het validatieprogramma controleert dit (zie paragraaf 4.3).

Wanneer er slechts één invoerpunt in het net is,

behoeft het inzetpercentage niet opgegeven te worden. Dit ene invoerpunt levert alle verbruiken te zamen.

4.2.8 Schakelschema der pompstations

Deze paragraaf is slechts van toepassing op berekeningssoort POMPKROMME.

Met een schakelschema wordt vastgelegd of een pompstation of een buisopjager op een bepaald moment in werking is of niet. Met -999 wordt aangegeven dat een pomp buiten bedrijf is en met +999 dat de pomp werkt. Dit wordt voor 24 uur gedaan, zoals in onderstaand voorbeeld.

uur	1-ste pomp- knoop	2-de pomp- knoop	3-de pomp knoop	/
1	+999	-999	+999	/
2	-999	-999	-999	/
.	.	.	.	/
.	.	.	.	/
24	+999	-999	+999	/

De kolom 1-ste pompknoop correspondeert met het eerste pompstation dat ALEID bij het inlezen der knoopgegevens tegenkomt. De volgende kolom hoort bij het tweede pompstation uit de knoopgegevens enz.

Wanneer er slechts één invoerpunt is in het net behoeft het schakelschema niet opgegeven te worden.

4.2.9 Pompkrommen

Bij berekeningssoort POMPKROMME dient men op te geven hoe de pompen werken. Per pompknoop worden opgegeven:

- pompnummer
- onder- en bovengrens van de pomp in m³/h
- de coëfficiënten uit onderstaand Q-H verband
- het type pomp. Een 1 betekent vast toerental en
-1 betekent een pomp met regelbaar toerental.

De pompkrommen van de pompen worden benaderd met het volgende verband tussen opvoerhoogte H en debiet Q.

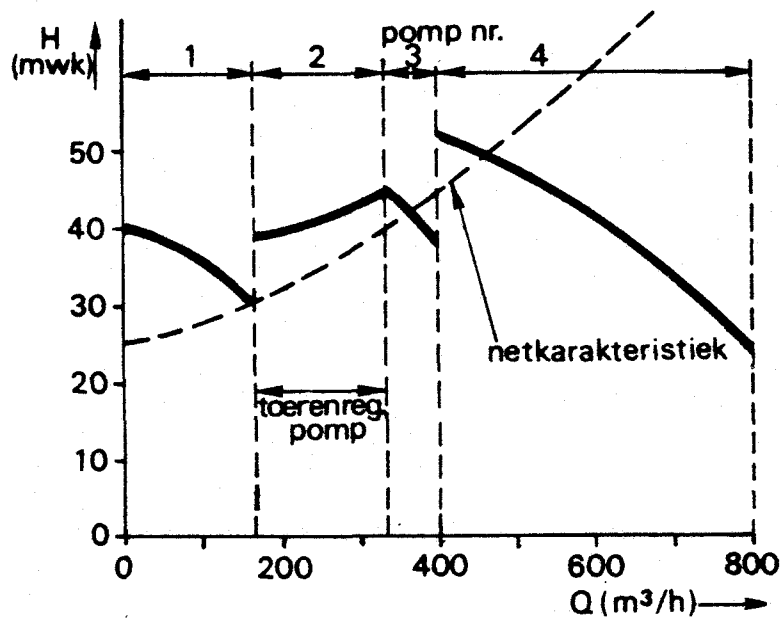
$$\Delta H = a Q^2 + b Q + c$$

De basisgegevens der pompkrommen van pompstation 6A uit voorbeeld 2 van bijlage 9 zien er als volgt uit:

pomp				pomp			
kn.	nr.	onder- grens	boven- grens	a	b	c	soort
'6A'	1	0	160	-0.00052445	0.02038325	39.85	1 /
'6A'	2	160	330	0.00000889	0.05715975	30.97	-1 /
'6A'	3	330	400	-0.00006310	-0.0420960	68.02	1 /
'6A'	4	400	1800	-0.00004069	-0.00396574	61.88	1 /

De gegevens over pompkrommen worden net zoals bij knoop- en buisgegevens weer afgesloten met een regel waarop 'EIND' staat.

Ter illustratie zijn de pompkarakteristieken van pompstation 6A in figuur 4.2 weergegeven.



Figuur 4.2 - Pompkarakteristieken

Aan het werken met pompkrommen zijn enige restricties verbonden. Het is niet toegestaan dat pompen een overlappend werkingsgebied hebben, daar de computer geen eenduidige oplossing kan vinden bij zo'n overlapping. Hij zal dan een willekeurige keuze maken uit de twee oplossingen.

De pomp met de hoogste bovengrens - in het voorbeeld pompnummer 4 - moet een extreem hoge bovengrens meekrijgen (circa 4 x de werkelijke waarde) om te voorkomen dat het te leveren debiet tijdens het iteratieproces buiten de begrenzingen valt.

Wanneer door een groot drukverschil - dat verder in iteratieproces kleiner wordt - een pompstation tijdelijk meer moet leveren dan het aankan, houdt dat in dat er geen H bij de gewenste Q gevonden kan worden. Het rekenproces wordt dan door een foutmelding onderbroken.

4.2.10 Periodelengtes en verbruiksprognoses

Men kan ten opzichte van een basisjaar groei opgeven. Deze groei kan per periode verschillen en wordt dan ook per periode opgegeven als een bepaald percentage van het basisjaar. Er zijn maximaal vijf periodes toegestaan.

In het voorbeeld zijn er vier groeiperiodes met de bijbehorende groei per categorie:

1980	1985	1990	2000	2010	/	Prognoseperioden
3.0	1.5	1.8	2.5		/	Groei periode 1 cat. 1,2,3,4
2.5	1.8	2.8	3.0		/	periode 2
2.0	3.0	4.0	2.1		/	periode 3
2.2	3.8	2.1	1.8		/	periode 4

Dus tussen 1980 en 1985 groeit het verbruik in categorie 1 lineair met 3 procent per jaar. In 1985 is het verbruik dan:

$$\text{basisverbruik} * (1 + 5 * 0.03)$$

4.2.11 Etmaalfactoren en lekverlies

Met een etmaalfactor wordt een willekeurig etmaal uit het jaar nagebootst. Men kan de piekfactor de waarde maximum etmaal/gemiddeld etmaal geven. De verbruiken in bijbehorende categorie worden met deze factor vermenigvuldigd, zodat voor de betreffende categorie het maximum etmaal wordt beschouwd in het betreffende jaar. Op dezelfde wijze kan men een minimum etmaal nabootsen.

Piekfactor cat. 1	Piekfactor cat. 2	Piekfactor cat. 3	Piekfactor cat. 4	
1.4	1.4	1.4	1.2	/

Bovendien dient men per categorie een lekverliespercentage op te geven. De verbruiken worden dan per categorie vermenigvuldigd met een factor gelijk aan $1 + \text{lekpercentage}/100$.

Lekverlies cat. 1	Lekverlies cat. 2	Lekverlies cat. 3	Lekverlies cat. 4	
10	10	10	8	/

4.3 Controle basisgegevens

4.3.1 Validatie

Wanneer een bestand met basisgegevens is gemaakt zou men een eerste leidingnetberekening kunnen uitvoeren. De ervaring leert echter dat er bij het aanmaken van een bestand met basisgegevens allereerste fouten in de data sluipen. Dit kunnen zowel typefouten als fouten in de beschrijving van het model zijn. Ook kan men een foute volgorde aanhouden bij het creëren van het bestand.

Om het bestand enigszins te controleren is er een validatieprogramma dat bepaalde tests uitvoert. Dit programma leest het basisbestand in, controleert het één en ander en maakt een file aan met de naam FOUTEN.LST. In deze file worden fouten geschreven

die het programma ontdekt. Ook worden er waarschuwingen in weggeschreven. Bij fouten wordt het inlezen gestopt en wordt geen binaire file aangemaakt, die nodig is als invoer voor het werkelijke leidingnetberekeningsprogramma. Bij waarschuwingen gaat het inlezen gewoon door en wordt de binaire file wel aangemaakt.

Het spreekt voor zich dat niet alle fouten die in het bestand kunnen voorkomen, door de computer worden ontdekt. Wanneer men bijvoorbeeld een leidinglengte opgeeft van 10.000 meter in plaats van 1000 meter, dan kan de computer niet constateren dat hier iets mis is.

Het met goed gevolg doorstaan van het valideren garandeert niet, dat het bestand ook werkelijk foutloos is. Het kan voorkomen dat bepaalde modelfouten, typefouten en vergissingen onopgemerkt blijven. Houd hier vooral rekening mee en controleer het invoerbestand grondig alvorens berekeningen uit te voeren. Bekijk de berekeningsresultaten kritisch en vaar niet blind op de uitkomsten van een berekening.

4.3.2 Grenswaarden

Bij het toetsen van de gegevens in het basisbestand wordt onderzocht of sommige grootheden bepaalde grenzen niet onder- of overschrijden. Ook wordt bij sommige grootheden getest of de opgegeven grootte overeenkomt met bepaalde standaardgroottes en of het opgegeven getal wel voor kan komen (denk hierbij aan knoopsoortnummers).

Hieronder volgt een opsomming van de begrenzings- en van de standaardgrootheden. Het KIWA kan deze

waarden natuurlijk op verzoek veranderen.

Maximum aantal knopen	200
Maximum aantal buizen	300
Maximum aantal verbruikscategorieën	5
Maximum aantal periodes	5
Minimum leidinglengte	100 m

Bij overschrijding van de maxima wordt het inlezen van de basisgegevens afgebroken. Het onderschrijden van de minimum leidinglengte heeft slechts een waarschuwing tot gevolg.

Begrenzungen drukschattingen	0 tot	150 mwk
Begrenzungen maaiveldhoogte	- 20 tot	+ 50 m
Begrenzungen verbruik per cat en knoop	- 2000 tot + 2000	m ³ /u
Begrenzungen tijdspanne	1950 tot	2050

Wanneer deze begrenzungen respectievelijk onder- en overschreden worden, wordt er een waarschuwing in FOUTEN.LST geschreven, het inlezen gaat gewoon verder.

De knoopsoorten die het programma kent zijn: 0, 1, 2, 50, 51, 52, 71, 72 en 73. Wanneer de opgegeven knoopsoort hiervan afwijkt wordt het inlezen afgebroken.

De buisdiameters worden met de volgende standaarddiameters vergeleken: 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700 en 800. Bij afwijking komt er een waarschuwing en gaat het inlezen door.

De wandruwheid wordt vergeleken met gangbare waarden: 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0 en 5.0. Ook hier resulteert een afwijking in een waarschuwing en niet in een fout.

4.3.3 Waarschuwingen en foutmeldingen

Alle waarschuwingen (het inlezen wordt voortgezet) en foutmeldingen (het inlezen wordt afgebroken) die het validatieprogramma kan geven, worden hieronder vermeld. Met KNOOP1 en KNOOP2 worden knooppnamen bedoeld.

*** FOUT 0 ***

Het maximum aantal knopen (200) wordt overschreden.

*** Het inlezen wordt afgebroken.

*** FOUT 2 ***

De knoopsoort x bij knoop KNOOP1 komt niet in de opgegeven lijst voor

*** Het inlezen wordt afgebroken.

*** FOUT 3 ***

De drukschatting voldoet niet aan de begrenzungen

*** Het inlezen wordt voortgezet.

*** FOUT 4 ***

De maaiveldhoogte voldoet niet aan de begrenzungen

*** Het inlezen wordt voortgezet.

*** FOUT 5 ***

Het aantal verbruikscategorieën is te groot

*** Het inlezen wordt afgebroken.

*** FOUT 6 ***

Het aantal verbruiken stemt niet overeen met de
opgegeven categorieën in KNOOP1

*** Het inlezen wordt afgebroken.

*** FOUT 7 ***

Het verbruik valt buiten de begrenzingen

*** Het inlezen wordt voortgezet.

*** FOUT 8 ***

Er staan te veel getallen in knoopregel nr. x.

*** Het inlezen wordt afgebroken.

*** FOUT 9 ***

Het maximum toegelaten aantal buizen (300)
wordt overschreden

*** Het inlezen wordt afgebroken.

*** FOUT 12 ***

Het begin- en eindpunt van buis 1 zijn gelijk

*** Het inlezen wordt afgebroken.

*** FOUT 13 ***

Volgordefout in buis KNOOP1-KNOOP2

*** Het inlezen wordt afgebroken.

*** FOUT 14 ***

De lengte van buis KNOOP1-KNOOP2 is kleiner op-
gegeven dan 100 m. Dit kan convergentieproble-
men geven

*** Het inlezen wordt voortgezet.

*** FOUT 15 ***

De diameter van buis KNOOP1-KNOOP2 wijkt af van
de standaarddiameters

*** Het inlezen wordt voortgezet.

*** FOUT 16 ***

De K-waarde van de buis KNOOP1-KNOOP2 wijkt af van de standaardwaarden

*** Het inlezen wordt voortgezet.

*** FOUT 17 ***

Aan knoop KNOOP1 zitten geen leidingen vast

*** Het inlezen wordt afgebroken.

*** FOUT 18 ***

Aan knoop KNOOP1 zit maar één buis vast

*** Het inlezen wordt voortgezet.

*** FOUT 19 ***

De verhouding tussen de weerstandsfactoren in KNOOP1 is groter dan 10. Dit kan convergentieproblemen geven

*** Het inlezen wordt voortgezet.

*** FOUT 22 ***

De som van de inzetpercentages is niet gelijk aan 100 % op uur 1

*** Het inlezen wordt afgebroken.

*** FOUT 24 ***

De knoop bij pompkromme 1 is geen persknoop

*** Het inlezen wordt afgebroken.

*** FOUT 25 ***

De begrenzingen van de pomp zijn verkeerd opgegeven

*** Het inlezen wordt afgebroken.

*** FOUT 26 ***

De begrenzingen der opeenvolgende pompen sluiten niet aan

*** Het inlezen wordt afgebroken.

*** FOUT 27 ***

De A-constante van de pompkromme $A(Q^{**2})+B*Q+C$
is nul

*** Het inlezen wordt afgebroken.

*** FOUT 28 ***

In het werkingsgebied heeft de pompkromme 1 een
extreme waarde

*** Het inlezen wordt afgebroken.

*** FOUT 29 ***

Pompkromme 1 is niet in overeenstemming met de
opgegeven functie (dalend-stijgend)

*** Het inlezen wordt afgebroken.

*** FOUT 34 ***

De opgegeven seizoenlengte is groter dan 12
maanden

*** Het inlezen wordt afgebroken.

*** FOUT 35 ***

De begrenzingen van de perioden valt buiten
1950-2050

*** Het inlezen wordt voortgezet.

*** FOUT 37 ***

De opgegeven soort berekening is onjuist

*** Het inlezen wordt voortgezet.

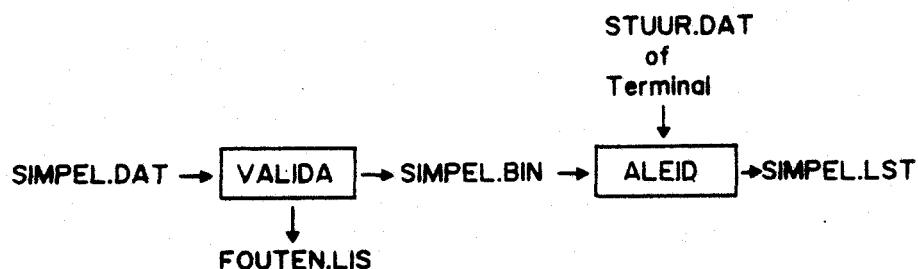
5 INSTRUCTIES BIJ HET GEBRUIK VAN HET PROGRAMMA

5.1 Algemeen

Deze instructie is geschreven voor een IBM-XT personal computer of voor apparatuur die "compatible" met deze IBM-computer is.

Er wordt aangenomen dat het validatieprogramma VALIDA.EXE en het rekenprogramma ALEID.EXE op de vaste schijf van de computer aanwezig zijn.

De instructie wordt aan de hand van een voorbeeld toegelicht. Als voorbeeld wordt een deel van het net uit figuur 2.2 gebruikt. Dit net bevat 16 knopen en één invoerpunt. We voeren een berekening volgens berekeningssoort SIMPEL uit. Het creëren van een invoerbestand is in het vorige hoofdstuk besproken. Het bestand dat hier gebruikt wordt heet SIMPEL.DAT (zie figuur 5.4 aan het eind van dit hoofdstuk).



Figuur 5.1 - Schema van een volledige berekening

5.2

Validatie

Het validatieprogramma wordt aangeroepen met de opdracht:

C VALIDA

De computer vraagt dan om de naam van het te valideren bestand. Hierop wordt geantwoord met SIMPEL.DAT gevolgd door RETURN .

Vervolgens vraagt de computer om de naam van het binaire bestand dat door het validatieprogramma aangemaakt moet worden. Vul bijvoorbeeld SIMPEL.BIN in.

C VALIDA

Geef de naam van het invoerbestand : SIMPEL.DAT RET
Geef de naam van het binaire bestand: SIMPEL.BIN RET

Na verloop van tijd komt de standaard-prompt C terug en is het binaire bestand SIMPEL.BIN aangemaakt. Tevens is nu het bestand FOUTEN.LST aangemaakt (zie paragraaf 4.3).

Wanneer tijdens het valideren een echte fout geconstateerd wordt, stopt het validatieprogramma en verschijnt er STOP op het beeldscherm. Er is geen binaire file aangemaakt. In het foutenbestand FOUTEN.LST is dan te vinden wat er verkeerd is ingevoerd.

5.3

Het rekenprogramma

Wanneer met het validatieprogramma een binair be-

stand aangemaakt is kan het rekenprogramma gestart worden door het commando ALEID te geven. De computer vraagt dan om de naam van het invoerbestand, in dit geval is dat SIMPEL.BIN.

Vervolgens wordt er gevraagd hoe de uitvoer moet heten. Hier vullen we in SIMPEL.LST.

C ALEID

Geef de naam van het binaire bestand	: SIMPEL.BIN	RET
Geef de naam van het uitvoerbestand	: SIMPEL.DAT	RET
Invoeren der stuurgegevens via terminal [J/N]: j		RET
Wilt u het itereren op het scherm volgen [J/N]: j		RET

Na de eerste twee vragen wil het programma weten of de stuurgegevens via de terminal ingevoerd moeten worden of dat ze uit een bestand worden gehaald. Dit wordt in de volgende paragraaf toegelicht.

De vierde vraag die gesteld wordt is, of de gebruiker het iteratieproces op het beeldscherm wil volgen. Op deze wijze kan de gebruiker zien of het rekenproces convergeert, met andere woorden, of de druk-correctie steeds kleiner wordt. En indien er geen convergentie optreedt, kan men zien in welke knoop het mis gaat.

Wordt op de vraag naar het volgen van het iteratieproces nee geantwoord, dan wordt er na iedere 25 iteraties op het beeldscherm vermeld met welke iteratieronde de computer bezig is om toch nog enigszins in de gaten te kunnen houden hoever de computer is.

5.4

Stuurgegevens

Meteen na de vorige vier vragen worden de stuurgegevens opgegeven. Wanneer de vraag of de stuurgegevens via de terminal ingevoerd moeten worden, met ja beantwoord is, verschijnen deze vragen één voor één op het beeldscherm. Was het antwoord nee, dan wordt gevraagd naar de naam van het bestand waarin antwoorden gevonden kunnen worden. Dit bestand dient de antwoorden te bevatten in dezelfde volgorde waarin de vragen op het beeldscherm zouden komen (zie figuur 5.3). Alle stuurgegevens die men opgeeft komen later weer in de uitvoer van de berekening terug. Hieronder worden de stuurgegevens besproken per berekeningssoort.

SIMPEL

De eerste vraag naar de eenheden waarin gewerkt wordt spreekt voor zich. Indien met ja geantwoord wordt, wordt de uitvoer in SI-eenheden gegeven. Indien het antwoord nee luidt, worden oude eenheden gebruikt (meters waterkolom en kubieke meter per uur etc.).

Wanneer er slechts één voedingsknoop (knoopsoort 73) aanwezig is, wordt gevraagd of er een knoop met een vaste druk aanwezig is. Indien hierop met ja geantwoord wordt, vraagt de computer om de grootte van deze druk en om de naam van de knoop waarin deze druk gehandhaafd moet worden. Uiteindelijk worden dan alle drukken in het net gerelateerd aan deze druk. Wanneer op de vraag naar een punt met vaste druk nee wordt geantwoord, vraagt de computer naar de minimumdruk in het net.

Geeft men die vervolgens op, dan zoekt het programma de knoop met de laagste druk. De druk in deze knoop krijgt de opgegeven waarde en de druk in alle

andere knopen wordt met een even groot verschil verhoogd of verlaagd.

Deze vragen worden overgeslagen wanneer men het net voedt met één of meer vaste drukpunten (knoopsoort 71).

Bij de volgende vraag dient het afbreekcriterium in centimeters waterkolom opgegeven te worden. Het rekenprogramma stopt wanneer de grootste drukcorrectie in één ronde van het iteratieproces kleiner is dan dit criterium. Nemen we het criterium te groot, dan is nog onvoldoende evenwicht bereikt en klopt de knooppunt-balans in de uitvoer niet. Is het afbreekcriterium te klein dan wordt er misschien te lang gerekend.

Het kan zijn dat het proces niet convergeert, dan wordt het afbreekcriterium niet bereikt en zou de computer tot in einde van dagen doorrekenen. Om dit te voorkomen wordt een bovengrens voor het aantal iteraties opgegeven. Wordt het afbreekcriterium niet bereikt binnen het maximum aantal iteraties, dan wordt het rekenproces afgebroken. De uitvoer wordt dan echter wel aangemaakt.

VERHOUDING

Er zijn bij berekeningssoort VERHOUDING meer stuurgegevens nodig dan bij SIMPEL. De vraag over de eenheden is natuurlijk hetzelfde. Hierna worden echter twee vragen over het moment waarvoor de berekening uitgevoerd moet worden gesteld. In de eerste plaats vraagt het programma om de jaren waarvoor de berekening uitgevoerd moet worden. Daarna worden de uren waarvoor de berekening uitgevoerd wordt, opgegeven:

Beginjaar, eindjaar	: 1982,1982
Beginuur, einduur	: 9,9

De berekening wordt nu uitgevoerd voor 1982 uur 9. Was het antwoord op de eerste vraag nu geweest 1982, 1983, dan zouden er twee berekeningen uitgevoerd worden, namelijk één voor uur 9 in 1982 en één voor uur 9 in 1983.

Evenzo kan bij de tweede vraag opgegeven worden: 1,24. Er worden dan 24 berekeningen uitgevoerd per opgegeven jaar.

Na deze extra vragen komen dezelfde vragen als bij SIMPEL, namelijk de vragen naar een vast drukpunt of minimumdruk, naar het afbreekcriterium en het maximum aantal iteraties.

POMPKROMME

De vragen die hier beantwoord dienen te worden zijn vrijwel hetzelfde als de vragen bij VERHOUDING, met dien verstande dat de vaste of minimumdruk niet opgegeven kan worden. Dit wordt immers door de pompkrommen bepaald.

Eventueel kan hier nog gevraagd worden of de watertoren mee genomen moet worden in de berekening. Deze vraag wordt slechts gesteld wanneer ALEID een watertoren is tegen gekomen in het invoerbestand.

Op de volgende bladzijde (figuur 5.3) is een voorbeeld van een complete validatie en berekening gegeven. De invoer is te zien in figuur 5.4, terwijl de resultaten waargegeven zijn in figuur 5.5. De stuurgegevens worden daar via het beeldscherm opgegeven. Wil men dezelfde stuurgegevens via een be-

standje invoeren, dan ziet dit bestand eruit als in figuur 5.2.

N	/ geen SI-eenheden
J	/ knoop met vaste druk
50	/ 50 meter Wk als vaste druk
6	/ knoop met vaste druk is knoop 6
1	/ afbreekcriterium in cmWk
200	/ maximum aantal iteraties

Figuur 5.2 - Voorbeeld van een bestand met stuurgegevens

C VALIDA

Geef de naam van het invoerbestand : SIMPEL.DAT
Geef de naam van het binaire bestand : SIMPEL.BIN

C ALEID

Geef de naam van het binaire invoerbestand : SIMPEL.BIN
Geef de naam van het uitvoerbestand : SIMPEL.LST
Invoeren der stuurgegevens via terminal [J/N]: J
Wilt u het itereren op het scherm volgen [J/N]: J
In- en uitvoer in SI-eenheden [J/N]: N
Knoop met vaste druk [J/N]: J
Referentiedruk : 50
Knoopnaam : 6
Afbreeknauwkeurigheid (cmWk) : 1
Maximum aantal iteraties : 100

Iteratie	1	Knoop	15	Correctie =	16.796
Iteratie	2	Knoop	8	Correctie =	2.824
Iteratie	3	Knoop	6	Correctie =	1.148
Iteratie	4	Knoop	6	Correctie =	0.940
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
Iteratie	33	Knoop	3	Correctie =	0.011
Iteratie	34	Knoop	3	Correctie =	0.009

De rekentijd bedroeg 15 seconden.

C

Figuur 5.3 - Een voorbeeld van het uitvoeren van validatie en berekening

'ZLG1982'		'SIMPEL'		/ In hoofdletters!	
'1'	1	15	2.5	9.3	/ inkoop 1#5.7 m3 hh
'2'	1	26	15	-1.9	/
'3'	1	20	7	14.0	/
'4'	1	19	7.5	62.1	/
'5'	1	40	7.5	49.7	/
'6'	73	46	6		/ zuidlaren
'7'	1	38	7.5	46.3	/
'8'	1	22	6	64.7	/ verbruik zuidlaren
'9'	0	30	10		/ aftakking schuilingssoord
'10'	1	17	10	19.6	/ schuilingssoord
'11'	1	10	10	38.1	/
'12'	0	15	10		/ annen-anloo
'13'	1	20	10	8.3	/ anloo
'14'	1	15	10	6.8	/
'15'	1	22	2.5	16.2	/
'16'	1	10	17	22.9	/
'EIND'					
/ einde knoopsesevens					
'1'	'4'	119	4710	.2	/
'2'	'3'	117	2800	.2	/
'3'	'4'	125	2600	.2	/
'4'	'5'	156	3370	.2	/
'4'	'5'	196	4070	.2	/
'5'	'6'	175	2230	.2	/
'5'	'6'	300	2450	.2	/
'5'	'14'	118	6800	.2	/
'6'	'7'	250	740	.2	/
'7'	'8'	203	1920	.2	/
'6'	'9'	238	1800	.2	/
'6'	'9'	100	2150	.2	/
'8'	'10'	150	1000	.2	/
'8'	'15'	122	15300	.2	/
'9'	'10'	190	1300	.2	/
'9'	'12'	238	3900	.2	/
'10'	'11'	108	3260	.2	/
'10'	'11'	136	2300	.2	/
'11'	'12'	190	400	.2	/
'11'	'12'	100	450	.2	/
'11'	'16'	118	3500	.2	/
'12'	'16'	190	4000	.2	/
'12'	'13'	100	1700	.2	/
'13'	'14'	125	2290	.2	/
'15'	'16'	116	6710	.2	/
'EIND'					
/ einde buissesevens					
1.4	/ Piekfactoren				
10.0	/ Lekverliezen				

Figuur 5.4 - Invoerbestand

A L E I D - NETBEREKENING - 5.10 -

Netnaam ZLG1982
Validatie 17- 9-1985 13:53:25
Berekenins 17- 9-1985 13:54: 6

Het aantal KNOPEN is: 16
Het aantal BUIZEN is: 25

De REFERENTIEDRUK is 50.00 mwk in knoop 6

Het verbruik is samengevat in een verbruikscategorie

Lekverlies: 10.0 %

Piekfactor: 1.40

Na 200 iteraties of bij een drukverandering van minder dan 1.0 mwk wordt het rekenproces afgebroken

Afbreukcriterium bereikt na 42 iteraties.
De rekentijd bedroeg 17 seconden.

Uitvoer van de KNOOPGEGEVENS op het uur 1 van het Jaar 1

KNOOP NAAM	KNOOP SOORT	DRUK mwk + NAP	DRUK mwk + MV	MAAIVELD m + NAP	VERBRUIK m3/uur	BALANS m3/uur
1	1	26.3	23.8	2.5	14.3	.0
2	1	28.6	13.6	15.0	-2.9	.0
3	1	28.4	21.4	7.0	21.6	.0
4	1	33.3	25.8	7.5	95.6	.0
5	1	46.0	38.5	7.5	76.5	.0
6	73	50.0	44.0	6.0	-548.4	.0
7	1	47.1	39.6	7.5	71.3	.0
8	1	39.6	33.6	6.0	99.6	.0
9	0	43.4	33.4	10.0	.0	.0
10	1	40.0	30.0	10.0	30.2	.0
11	1	37.4	27.4	10.0	58.7	.0
12	0	37.7	27.7	10.0	.0	.0
13	1	35.2	25.2	10.0	12.8	.0
14	1	35.5	25.5	10.0	10.5	.0
15	1	25.0	22.5	2.5	24.9	.0
16	1	34.3	17.3	17.0	35.3	.0

Uitvoer van de BUISGEGEVENS op het uur 1 van het Jaar 1

VAN	NAAR	DIAM mm	LENGTE m	K mm	SNELH m/sec	DRUKVAL mwk	DRUKGRAD mwk/km	DERIET m3/uur
1	4	119	4710	.20	-.36	-7.0	1.5	-14.3
2	3	117	2800	.20	.08	.3	.1	2.9
3	4	125	2600	.20	-.42	-4.9	1.9	-18.6
4	5	156	3370	.20	-.70	-12.7	3.8	-48.3
4	5	196	4070	.20	-.74	-12.7	3.1	-80.2
5	6	175	2230	.20	-.51	-4.0	1.8	-44.1
5	6	300	2450	.20	-.69	-4.0	1.6	-175.4
5	14	118	6800	.20	.36	10.6	1.6	14.3
6	7	250	740	.20	.96	2.9	3.9	170.5
7	8	203	1920	.20	.85	7.5	3.9	99.2
6	9	238	1800	.20	.91	6.6	3.6	145.3
6	9	100	2150	.20	.47	6.6	3.0	13.2
8	10	150	1000	.20	-.20	-.4	.4	-12.5
8	15	122	15300	.20	.29	14.6	1.0	12.1
9	10	190	1300	.20	.67	3.5	2.7	68.1
9	12	238	3900	.20	.56	5.7	1.5	90.3
10	11	108	3260	.20	.24	2.6	.8	7.9
10	11	136	2300	.20	.34	2.6	1.1	17.6
11	12	190	400	.20	-.37	-.3	.9	-37.5
11	12	100	450	.20	-.22	-.3	.8	-6.3
11	16	118	3500	.20	.27	3.1	.9	10.6
12	16	190	4000	.20	.37	3.5	.9	37.5
12	13	100	1700	.20	.32	2.5	1.5	8.9
13	14	125	2290	.20	-.09	-.2	.1	-3.8
15	16	116	6710	.20	-.34	-9.3	1.4	-12.9

Figuur 5.5 - Uitvoerbestand

6 NAUWKEURIGHEID VAN DE BEREKENDE DRUKKEN EN DEBIETEN

6.1 Inleiding

Nu het schematiseren van een leidingnet, het principe van het programma en het uitvoeren van een berekening behandeld zijn, wordt in dit hoofdstuk iets gezegd over de nauwkeurigheid van de berekende grootheden.

De uitvoer met de berekeningsresultaten suggereert een grote nauwkeurigheid. Men dient hiermee echter voorzichtig te zijn.

In de eerste plaats wordt de nauwkeurigheid van de berekeningsresultaten bepaald door de nauwkeurigheid van de invoergegevens. In de tweede plaats brengt de berekening zelf enige onnauwkeurigheid in de resultaten. Beide invloeden op de nauwkeurigheid worden in de volgende paragrafen besproken.

6.2 Nauwkeurigheid van de invoergegevens

Buisgegevens

De lengte, diameter en wandruwheid der leidingen die het programma nodig heeft voor de berekening, zijn niet altijd voldoende bekend. Vooral de wandruwheid en de diameter zijn nogal onzekere grootheden. Zeker wanneer het gaat om oudere gietijzeren leidingen, is niet bekend hoe ruw de leiding van binnen geworden is en hoeveel de diameter is afgenomen als gevolg van aangroei.

Het verhang van een nieuwe gietijzeren leiding met een diameter van 125 mm en een wandruwheid van 0.1 mm bedraagt bij een debiet van 20 m³/uur 2 m/km. Wanneer aangroei de diameter tot 110 mm teruggebracht heeft en de wandruwheid 5 mm geworden is, bedraagt het verhang 11 m/km bij hetzelfde debiet.

Schematisatie

Een andere grootheid die veel onzekerheid in zich heeft is het verbruik. Het water dat gelijkmatig verdeeld over een deel van een voorzieningsgebied wordt afgenomen, wordt geschematiseerd tot een verbruik in één knoop.

Men kan zich afvragen of:

- de verbruiken wel aan de juiste knoop toegekend worden;
- de grootte van het verbruik wel juist is;
- de invloed van de tijd op de verbruiken goed nabootst wordt (uurfactor, etmaalfactor).

Vermoedelijk beïnvloedt de fout die hiermee gemaakt wordt de nauwkeurigheid van de uitkomsten het meeste.

Bij het modelleren van een leidingnet kunnen bovendien leidingen die invloed op het stromingsbeeld hebben, ten onrechte weggelaten worden, hetgeen natuurlijk zeer grote afwijkingen van de werkelijkheid tot gevolg kan hebben.

Kortom er zijn veel onzekerheden over de grootheden die het leidingnetprogramma nodig heeft voor het uitvoeren van een leidingnetberekening. Men moet beseffen dat de nauwkeurigheid van de uitkomsten van een berekening nooit groter kan zijn dan de nauwkeurigheid van de invoergegevens. Gebruik de berekeningsresultaten niet als absolute grootheden, maar gebruik ze voornamelijk om het inzicht in wat er in het net gebeurt, te vergroten.

6.3

Nauwkeurigheid van de berekening

Drukcorrectie

De grootte van de drukcorrectie wordt berekend uit

de eerste twee termen van een Taylor-reeksontwikkeling (bijlage 3). De fout die gemaakt wordt door de resterende termen niet mee te nemen is gering en wordt steeds kleiner naarmate de berekening dichterbij de oplossing komt; de drukcorrectie wordt dan immers steeds kleiner.

Knooppuntsvergelijkingen

Tijdens het iteratieproces wordt de druk in elke knoop gecorrigeerd aan de hand van de drukken in de omringende knopen.

Enkele drukken zijn dan al gecorrigeerd, namelijk in die knopen die in de iteratievolgorde eerder aan de beurt waren. Het evenwicht in de omringende knopen die voorgingen in het iteratieproces wordt hierdoor verstoord.

Evenals bij de drukcorrectie geldt dat de invloed hiervan steeds kleiner wordt naarmate men dichterbij de oplossing komt.

Afbreecriterium

Er is een afbreecriterium nodig om het iteratieproces te beëindigen. In Aleid is dat de grootte van de drukcorrectie.

Is de grootste drukcorrectie in één iteratieronde kleiner dan het opgegeven afbreecriterium, dan wordt het proces afgebroken.

Dit houdt niet in dat de som van de debieten in iedere knoop nul is. In sommige gevallen dient de berekening herhaald te worden met een kleiner afbreecriterium. Om de balans in de knooppunten te kunnen controleren wordt de balans in de uitvoer weergegeven.

Het zal duidelijk zijn, dat de grootte van de nauw-

keurigheid der berekeningsresultaten slechts weinig beïnvloed wordt door de berekeningsmethode. De invloed van de invoergegevens op de nauwkeurigheid is veel groter. Zolang de invoergegevens dan ook zoveel onzekerheden in zich hebben, heeft het weinig zin om de rekenmethode nauwkeuriger te maken.

BIJLAGEN

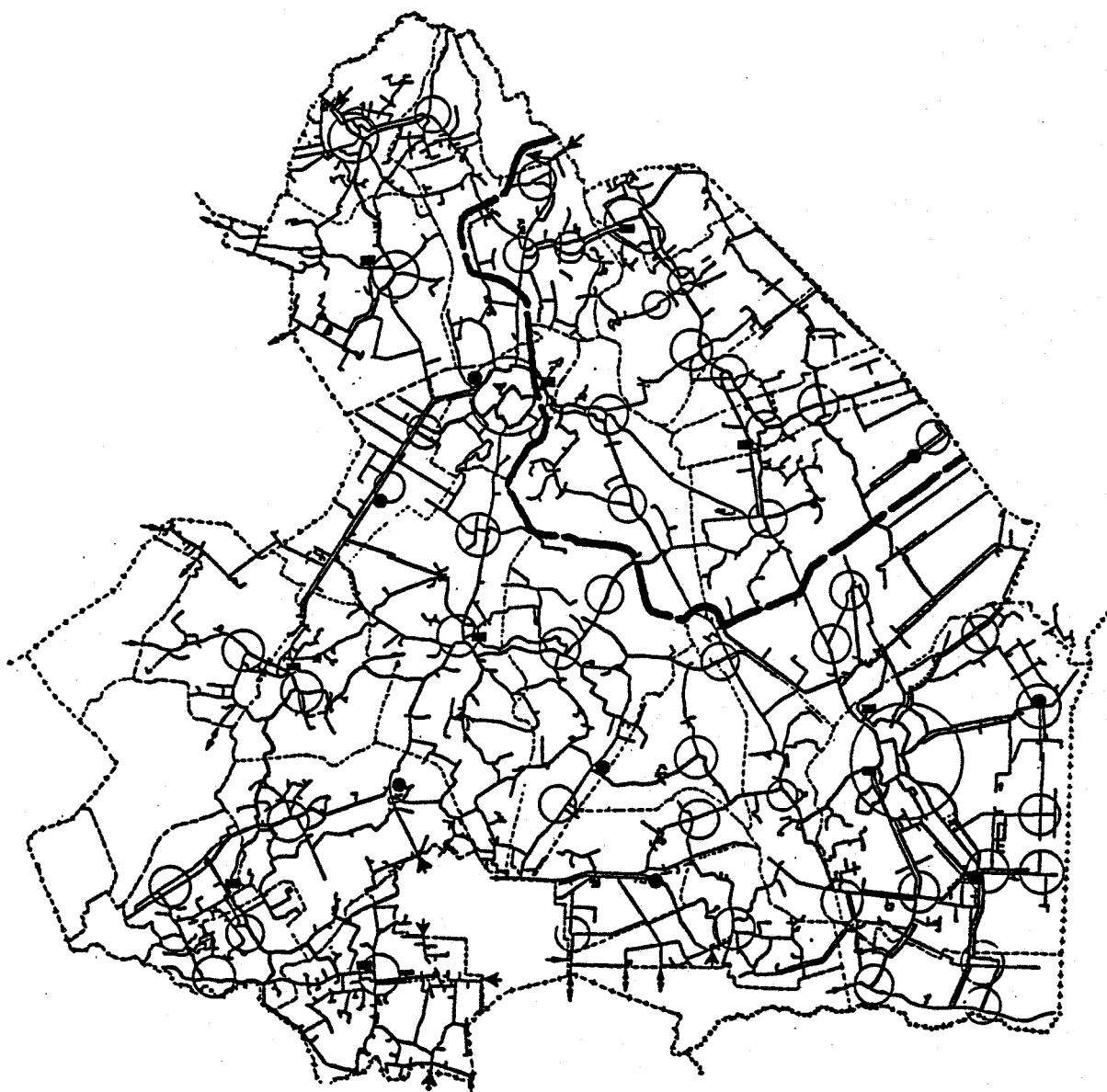
Praktijkvoorbeeld

In deze bijlage wordt aan de hand van een praktijkvoorbeeld uiteengezet op welke wijze een leidingnet vereenvoudigd kan worden tot een model.

- 1e stap: afbakenen van het gebied waarvan het leidingnet gemodelleerd moet worden.
- 2e stap: aangeven voor welke gebieden het verbruik geconcentreerd wordt in knopen.
- 3e stap: aanbrengen van de bijzondere verbruiksknopen in het leidingnet (appendages en pompstations).
- 4e stap: aanbrengen van de verbruiks- en verbindingsknopen in het model.
- 5e stap: verwijderen van alle kleine uitlopers die geen invloed hebben op het stromingsbeeld in het net.
- 6e stap: verwijderen van de voor het model overbodige transportleidingen.

Eerste stap

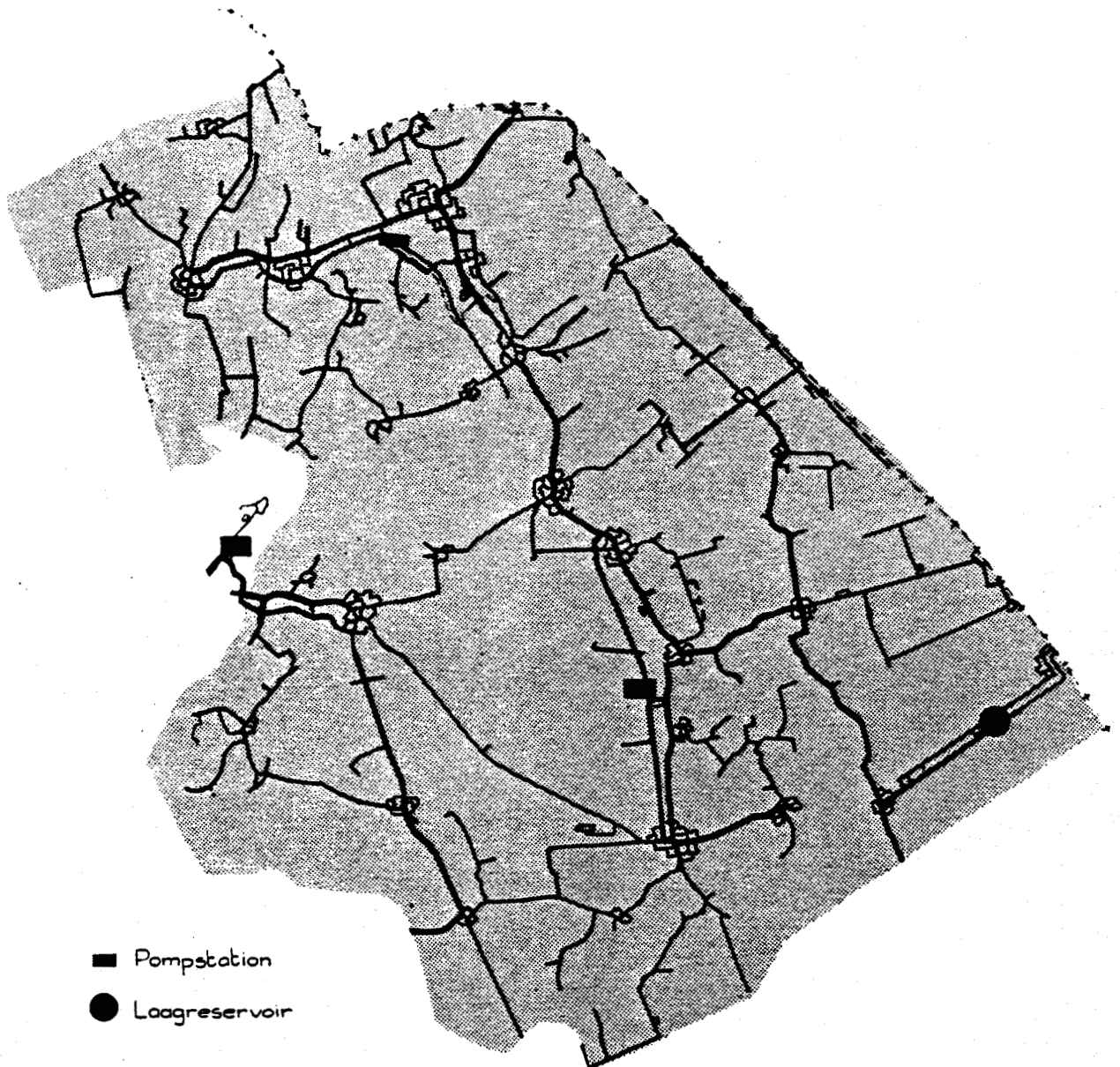
Op bijgaande kaart is aangegeven voor welk gebied van de provincie "Drenthe" een model moet worden opgebouwd. Het resterende gedeelte van de provincie blijft geheel buiten beschouwing.



Tweede stap

In deze fase van de vereenvoudiging worden gebieden aangegeven waarvan het verbruik geconcentreerd wordt in een knoop. Deze gebieden zijn schematisch op de hiernaast afgebeelde figuur aangegeven.

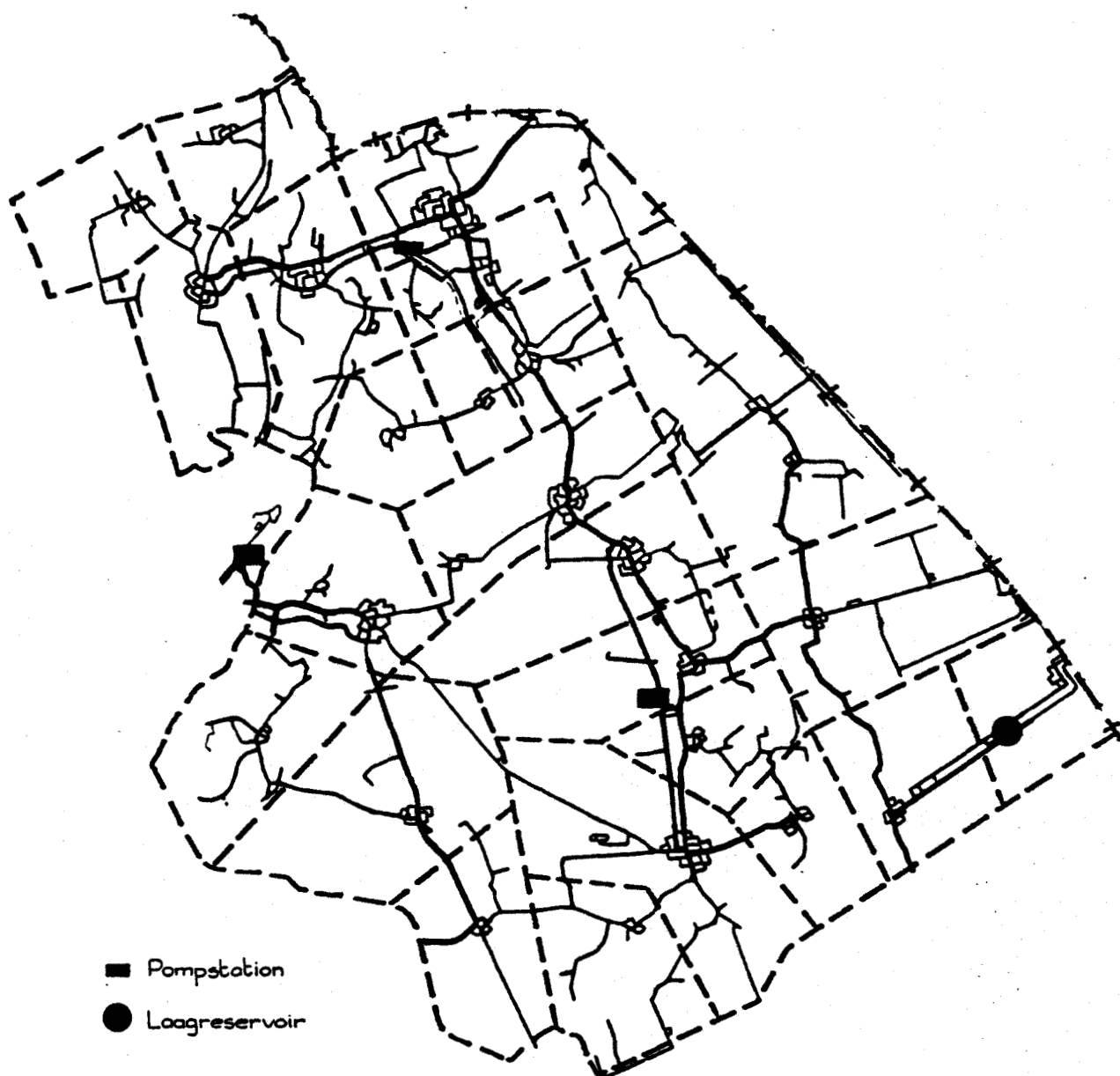
In dit model is gekozen voor concentratie van verbruiken rondom woonkernen.



Derde stap

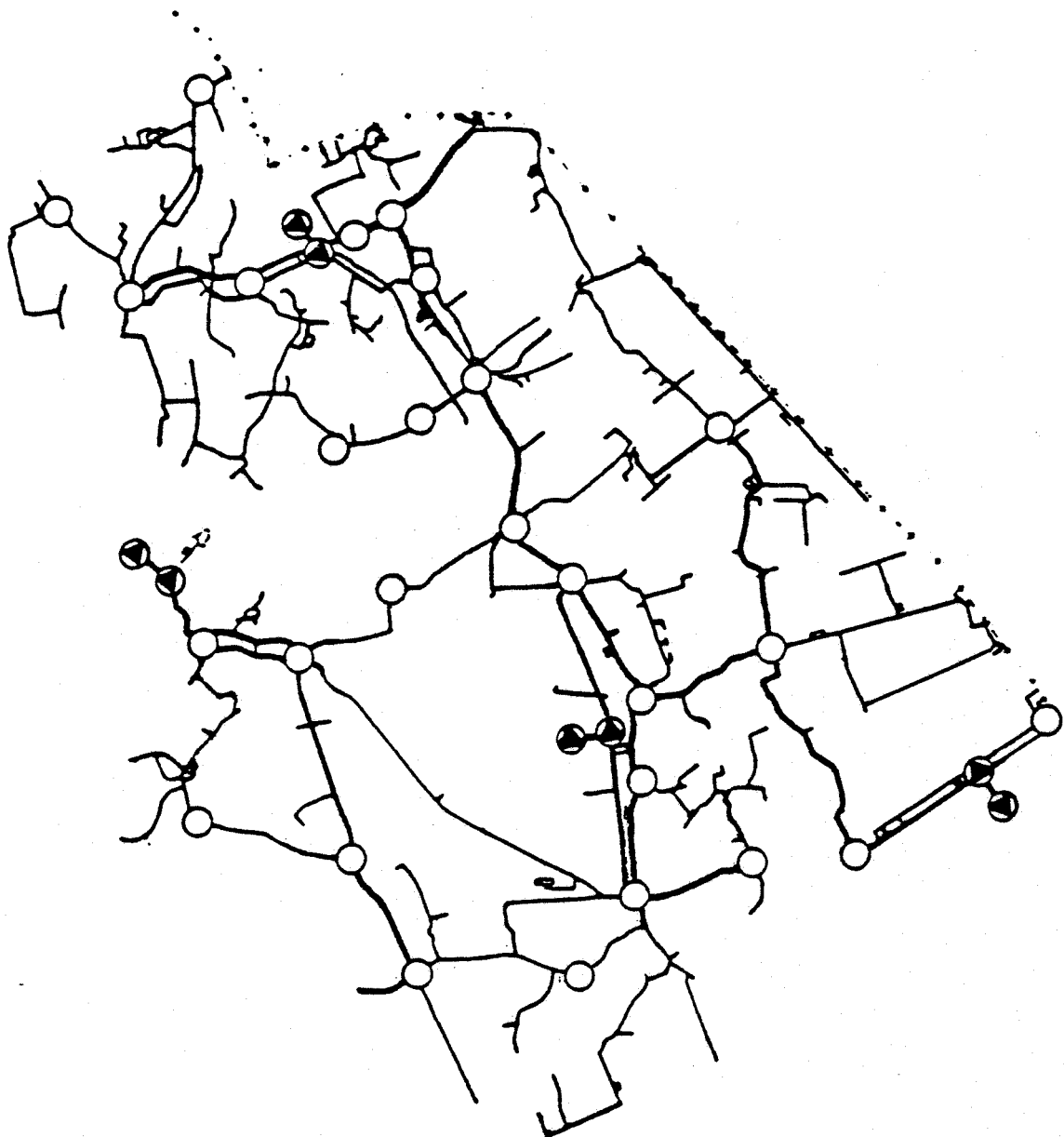
In deze stap worden bijzondere knopen zoals pompstations, watertorens, vaste drukpunten enz. in het model gebracht.

In dit voorbeeld wordt volstaan met het aangeven van de pompstations (ieder pompstation een pers- en zuigknoop).



Vierde stap

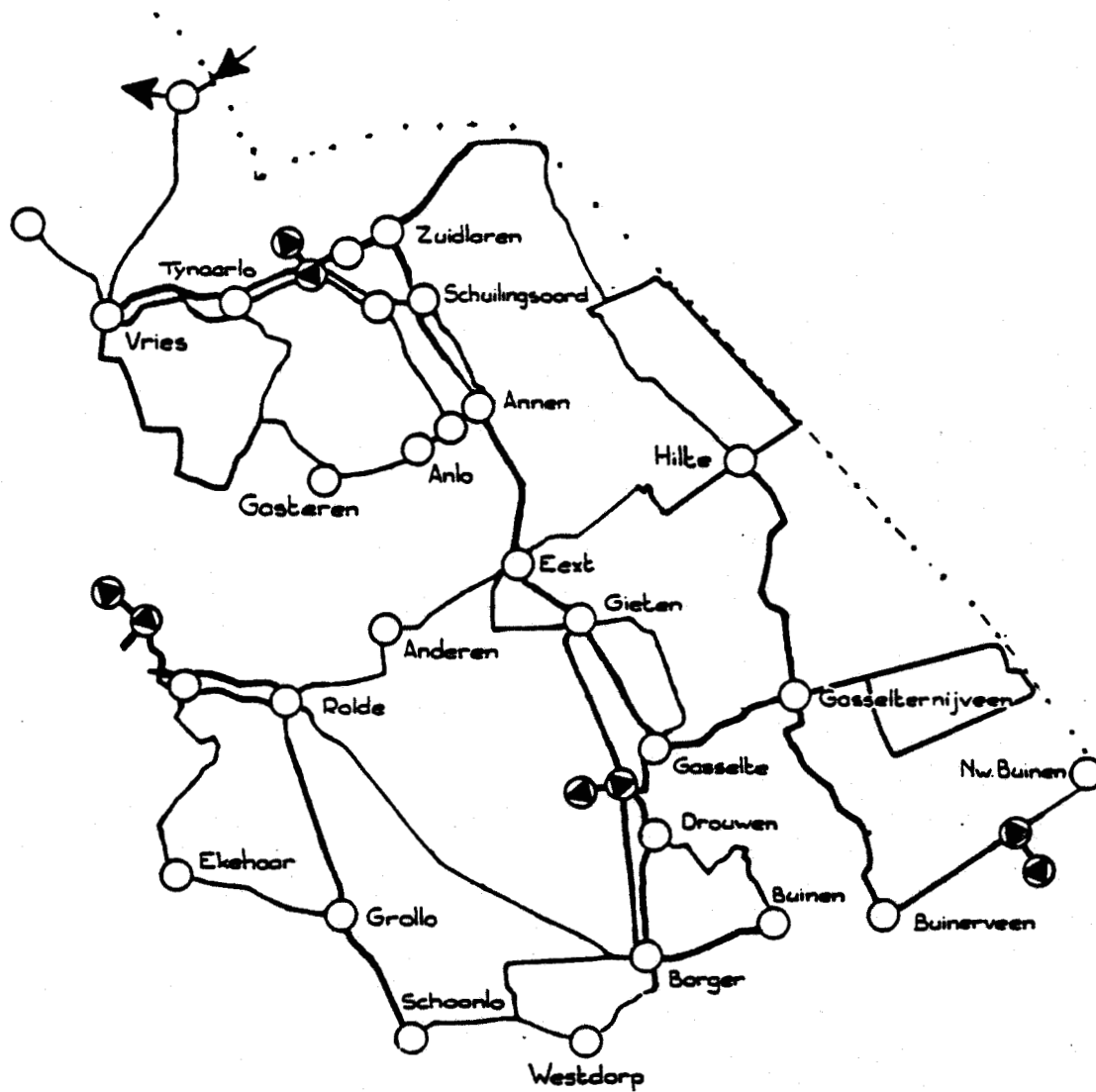
Nadat de bijzondere knopen in het model zijn aangebracht worden de verbruiken in de aangegeven gebieden geconcentreerd tot knopen. De leidingen in de woonkernen verdwijnen daarmee uit het model. Tevens worden in dit stadium verbindingsknopen aangebracht.



⬤—⬤ Pompstation of Laagreservoir

Vijfde stap

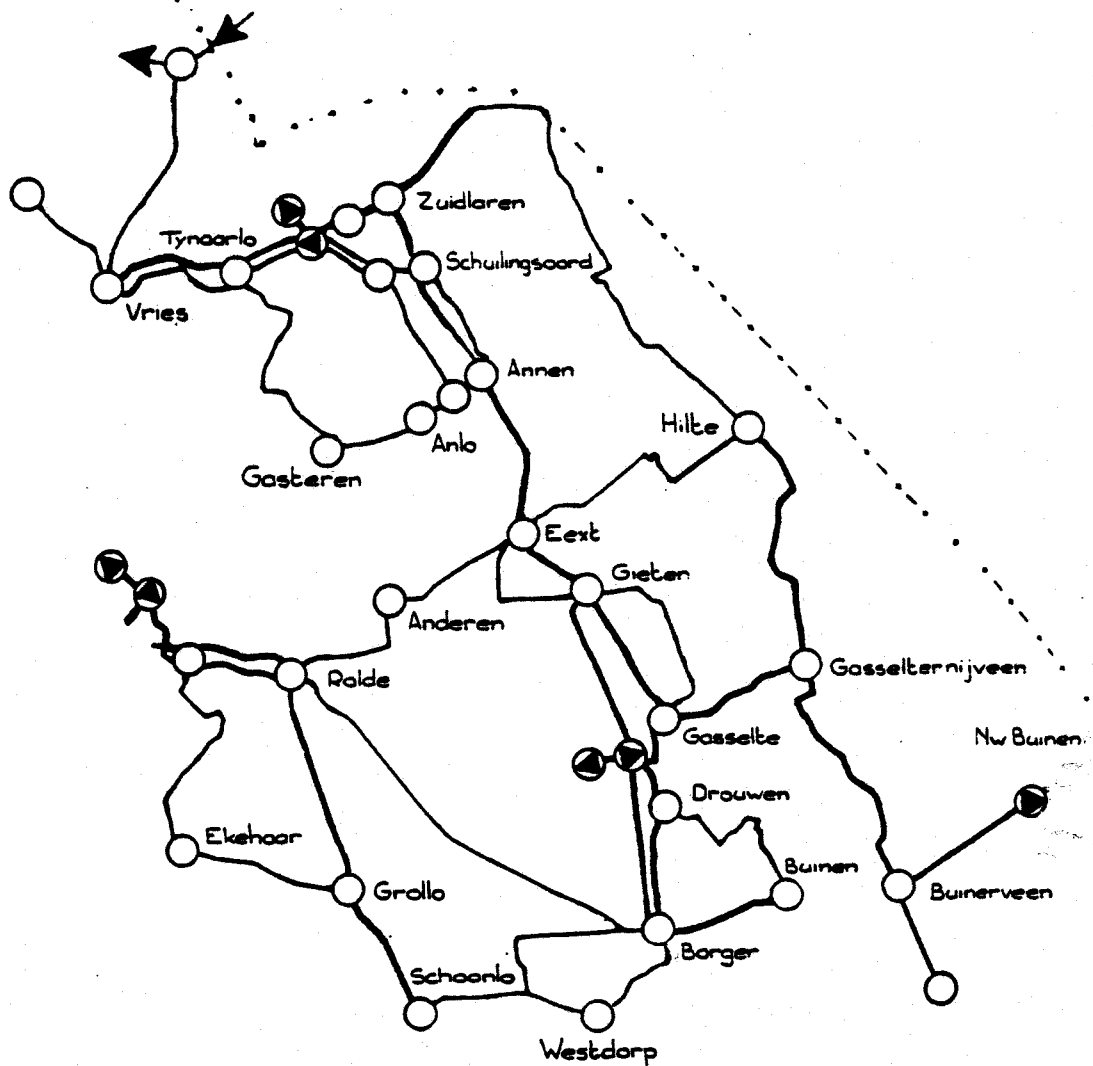
Nadat alle verbruiksknopen en bijzondere knopen in het model zijn aangebracht wordt het leidingnet vereenvoudigd door alle kleine doodlopende leidingen uit het model te verwijderen. Deze uitlopers hebben geen invloed op het stromingsbeeld in het net.



●—● Pompstation of Loagreservoir

Zesde stap

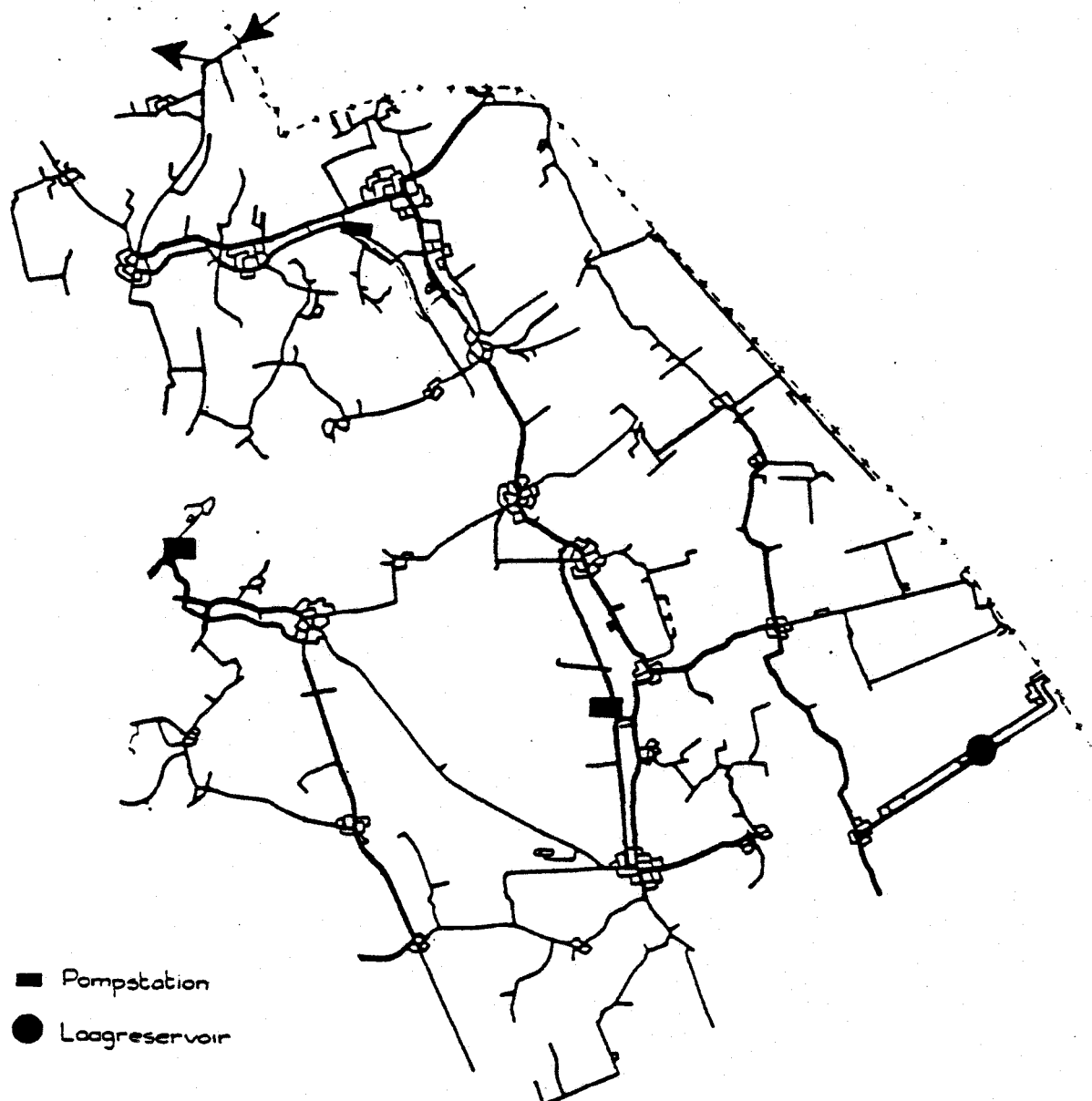
In de laatste stap worden de leidingen die geen bijdrage leveren aan het transport in het net, verwijderd. In het hiernaast weergegeven model zijn nog enkele van deze leidingen aanwezig (in de meeste gevallen leidingen met een relatief kleine diameter).

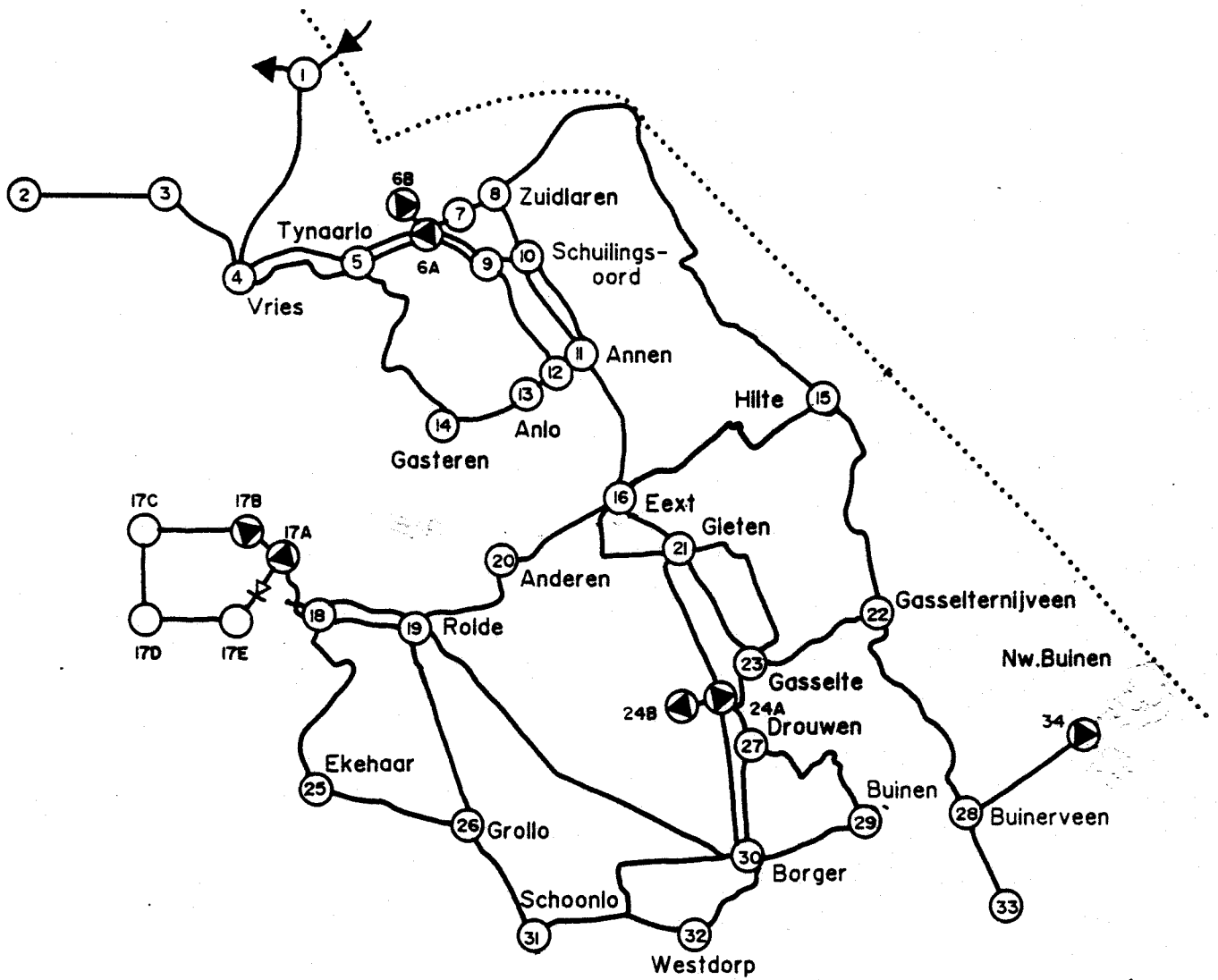


 Pompstation of Laagreservoir

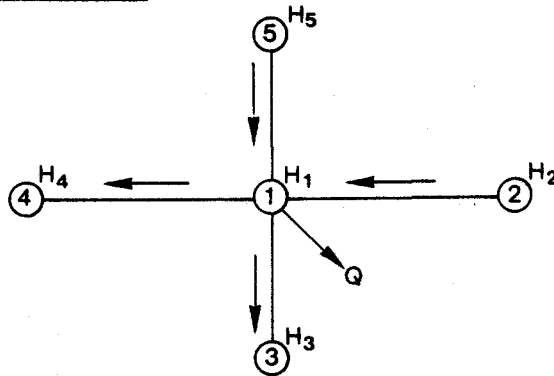
Eindresultaat

Ter vergelijking zijn het model en het leidingnet nog eens naast elkaar gelegd om de verschillen te kunnen beoordelen.





 Pompstation of laagreservoir

Bepaling knoopenwicht

Voor een sluitende waterbalans tussen knoop 1 en zijn omringende knopen moet gelden:

$$\sum_{j=2}^5 (Q_{1j}) + Q = 0 \quad (1)$$

Bij de uitgangspunten is reeds aangegeven welk verband er tussen wrijvingsverlies en stroming door buizen gehanteerd wordt in dit leidingnetprogramma, namelijk:

$$\Delta H = a \cdot L \cdot k^b \cdot D^c \cdot Q^2 \quad (2)$$

Deze formule wordt vereenvoudigd tot:

$$\Delta H = f' Q^2 \quad (3)$$

Om nu in de waterbalans (1) deze formule (3) te substitueren wordt deze geschreven als:

$$Q = f \cdot \sqrt{(\text{drukverlies})} \quad (4)$$

Algemeen geformuleerd luidt dat voor de stroming van knoop 1 naar knoop j:

$$Q_{1j} = f_{1j} \cdot \sqrt{|H_1 - H_j|} \quad (5)$$

Uit (1) en (5) volgt dan:

$$\sum_{j=2}^5 f_{1j} \cdot \sqrt{|H_1 - H_j|} + Q = 0 \quad (6)$$

waarbij wel duidelijk gelet moet worden op de tekenafspraken:

$$(H_1 - H_j) > 0 \rightarrow f_{1j} < 0$$

$$(H_1 - H_j) < 0 \rightarrow f_{1j} > 0$$

Daar voor de druk in de knoop 1 geen werkelijke waarde maar een schatting is ingevoerd, zal formule (6) niet gelijk zijn aan nul maar een restwaarde ΔQ opleveren.

$$\sum_{j=2}^5 \{f_{1j} \cdot \sqrt{|H_1 - H_j|} + Q = \Delta Q \text{ (restwaarde)} \quad (7)$$

Deze restwaarde moet nul zijn.

Dit is te bereiken door de druk in knoop 1 met ΔH , te corrigeren.

Afhankelijk van het teken van f_{1j} , wordt de correctie onder het wortelteken positief of negatief ingebracht.

Als $f_{1j} > 0 \rightarrow \Delta H_1$ positief inbrengen.

Als $f_{1j} < 0 \rightarrow \Delta H_1$ negatief inbrengen.

Deze formule (7) gaat dan over in:

$$\sum_{j=2}^5 f_{1j} \cdot \sqrt{|(H_1 - H_j) \pm \Delta H_1|} + Q = 0 \quad (8)$$

Vervang nu de term $|H_1 - H_j|$ door D_{1j} (altijd > 0).

Een term uit formule (8) zoals bijvoorbeeld:

$$f_{1j} \sqrt{D_{1j} \pm \Delta H_1}$$

kan met behulp van een reeksontwikkeling van Taylor geschreven worden als:

$$f_{1j} \left(\sqrt{D_{1j}} \pm \frac{\Delta H_1}{\alpha \sqrt{D_{1j}}} \pm \text{resttermen} \right) \quad (9)$$

Voor een redelijke benadering kan volstaan worden met de eerste twee termen van de reeks.

De berekening van de constante α wordt beschreven in bijlage 3. In veel gevallen kan voor deze constante de waarde 2.1 worden aangehouden.

Substitutie van (9) en (8) in de balansvergelijking geeft:

$$\sum_{j=2}^5 \left(f_{1j} \cdot \sqrt{D_{1j}} \pm \frac{f_{1j} \cdot \Delta H_1}{2.1 \sqrt{D_{1j}}} \right) + Q = 0 \quad (10)$$

Uit vergelijking (10) is ΔH_1 op te lossen:

$$\Delta H_1 = \pm \frac{2.1 \left(Q + \sum_{j=2}^5 f_{1j} \sqrt{D_{1j}} \right)}{\sum_{j=2}^5 \frac{f_{1j}}{\sqrt{D_{1j}}}} \quad (11)$$

Dit kan ook geschreven worden als:

$$\Delta H_1 = \pm \frac{2.1 \left(\sum_{j=2}^5 (Q_{1j}) + Q \right)}{\sum_{j=2}^5 \frac{f_{1j}}{\sqrt{D_{1j}}}} \quad (12)$$

Berekening van de constante uit de reeksontwikkeling van Taylor

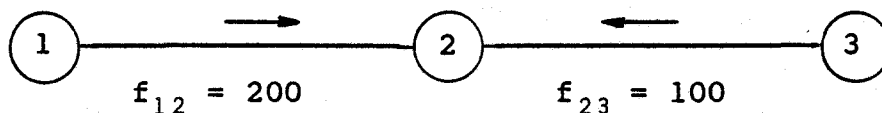
In bijlage 2 wordt bij het berekenen van de drukcorrectie gebruik gemaakt van reeksontwikkeling volgens Taylor:

$$\sqrt{|D_{1j} \pm \Delta H_1|} = \sqrt{D_{1j}} \pm \frac{\Delta H_1}{\alpha \sqrt{D_{1j}}}$$

Wanneer de drukcorrectie in een knoop klein is ten opzichte van het drukverschil met de omliggende knopen, kan voor α de waarde 2.1 aangehouden worden.

Is de drukcorrectie echter groot ten opzichte van de drukverschillen, hetgeen meestal zo is aan het begin van het iteratieproces, dan moet α berekend worden. Deze berekening wordt met een voorbeeld toegelicht.

$$H_1 = 40 \text{ m} \qquad H_2 = 18 \text{ m} \qquad H_3 = 20 \text{ m}$$



In dit voorbeeld is de balans niet gelijk aan nul (beide stromen zijn naar knoop 2 gericht).

Berekenen van de drukcorrectie met formule (11) uit bijlage 2 geeft:

$$\Delta H_2 = \frac{2.1 (f_{12} \sqrt{|H_1 - H_2|} + f_{23} \sqrt{|H_2 - H_3|})}{\frac{f_{12}}{\sqrt{|H_1 - H_2|}} + \frac{f_{23}}{\sqrt{|H_2 - H_3|}}}$$

$$\Delta H_2 = \frac{2.1 (938.1 + 141.4)}{42.6 + 70.7} = 20.0 \text{ m}$$

Verhoging van de druk in knoop 2 met deze 20 m resulteert in een nieuwe balans:

$$\Delta Q = 200 \sqrt{(40-38)} - 100 \sqrt{(38-20)}$$

$$\Delta Q = -141.4 \text{ m}^3/\text{h}$$

De correctie van de druk in knooppunt 2 heeft er dus niet toe geleid dat de balans in knoop 2 in de buurt van nul komt.

De drukcorrectie wordt nu opnieuw berekend, waarbij α per buis wordt bepaald.

Volgens de Taylor-reeksontwikkeling geldt voor buis 1-2:

$$\sqrt{(H_1 - H_2 + \Delta H_2)} = \sqrt{(H_1 - H_2)} + \frac{\Delta H_2}{\alpha_{12} \sqrt{(H_1 - H_2)}}$$

of

$$\alpha_{12} = \frac{\Delta H_2}{\sqrt{(H_1 - H_2)} \sqrt{(H_1 - H_2 + \Delta H_2)} - \sqrt{(H_1 - H_2)}}$$

Invullen van de berekende waarden voor H_1 en H_2 en de globaal berekende waarde van ΔH_2 (H_2 wordt met ΔH_2 verhoogd!) geeft:

$$\alpha_{12} = \frac{-20}{\sqrt{(40-18)} \sqrt{(40-18-20)} - \sqrt{(40-18)}} = 1.30$$

Op dezelfde wijze wordt voor α_{23} de waarde 2.50 berekend. Daarbij treedt omkering van de stroomrichting op, zie hiervoor de algemene formules aan het eind van deze bijlage.

De drukcorrectie voor knoop 2 wordt nu:

$$\Delta H_2 = \frac{938.1 + 141.4}{\frac{200}{1.30 \sqrt{22}} + \frac{100}{2.50 \sqrt{2}}} = 17.7 \text{ m}$$

Hiermee wordt opnieuw de balans in knoop 2 bepaald:

$$\Delta Q = 200 \sqrt{(40-35.7)} - 100 \sqrt{(35.7-20)} = 18.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Uit dit voorbeeld moge blijken dat het iteratieproces verkort wordt wanneer α per buis berekend wordt.

In het algemeen gelden hiervoor de volgende regels.

1. Indien er geen verandering van stroomrichting optreedt:

$$\alpha = \frac{\Delta H_{\text{cor}}}{\left\{ \sqrt{|\text{Drukverlies} + \Delta H_{\text{cor}}|} - \sqrt{|\text{Drukverlies}|} \right\} * \sqrt{|\text{Drukverlies}|}}$$

2. Bij verandering van stroomrichting

$$\alpha = \frac{\Delta H_{\text{cor}}}{\left\{ \sqrt{|\text{Drukverlies} + \Delta H_{\text{cor}}|} + \sqrt{|\text{Drukverlies}|} \right\} * \sqrt{|\text{Drukverlies}|}}$$

Beschouwing convergentiesnelheid

De drukvereffeningsmethode heeft als groot nadeel dat de convergentiesnelheid bij het oplossen van leidingnetproblemen laag is. Dit wordt veroorzaakt door de relatie:

$$Q = f \cdot \sqrt{\text{Drukverlies}}$$

De correctie vindt plaats onder het wortelteken wat het effect op de stroming in de buizen sterk reduceert.

Om binnen een redelijk aantal iteraties de oplossing van het probleem te bereiken is het nodig dat de convergentiesnelheid vergroot wordt, hetgeen te bereiken is door:

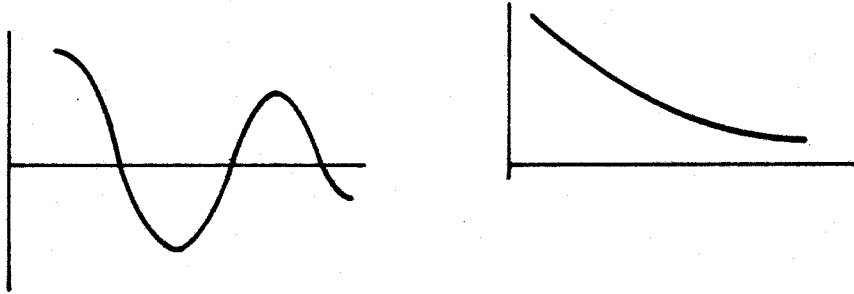
- het gebruiken van de juiste iteratievolgorde;
- het invoeren van een redelijke drukschatting;
- het beïnvloeden van de convergentie afhankelijk van de voorgaande netiteraties.

Het is van belang dat de juiste iteratievolgorde gekozen wordt bij een leidingnetberekening. De manieren waarop dit uitgevoerd kan worden zijn legio, bijvoorbeeld:

- een iteratievolgorde die de grootste volumestroom volgt;
- een iteratievolgorde afgeleid van de in- en uitgaande verbruiken in de knoop.

De drukvereffeningsmethode blinkt in zekere zin uit door zijn eenvoud. Onafhankelijk van de schatting van de begindruk in iedere knoop, wordt voor ieder netprobleem een oplossing gevonden. Indien de geschatte drukken ernstig afwijken van de drukken die uit de berekening zouden volgen, kan dit tot gevolg hebben dat erg veel iteraties nodig zijn voordat het afbreekcriterium bereikt wordt.

De beïnvloeding van de convergentie afhankelijk van de voorgaande netiteraties is de derde mogelijkheid het proces te versnellen. Dit vindt zijn oorsprong in de wiskundige benadering van het probleem (onder andere reeksontwikkeling van Taylor). In de loop van het rekenprogramma blijkt dat de correcties monotoon dalende of alternerend naar nul naderen.



Met name het laatste gedeelte van het rekenproces is erg traag. Empirisch blijkt dat dit versneld kan worden door de uitgerekende drukcorrectie te vermenigvuldigen met een versnellings- respectievelijk vertragsingsfactor. het programma ALEID maakt hier gebruik van.

Als de drukcorrectie alternerend daalt wordt deze factor:

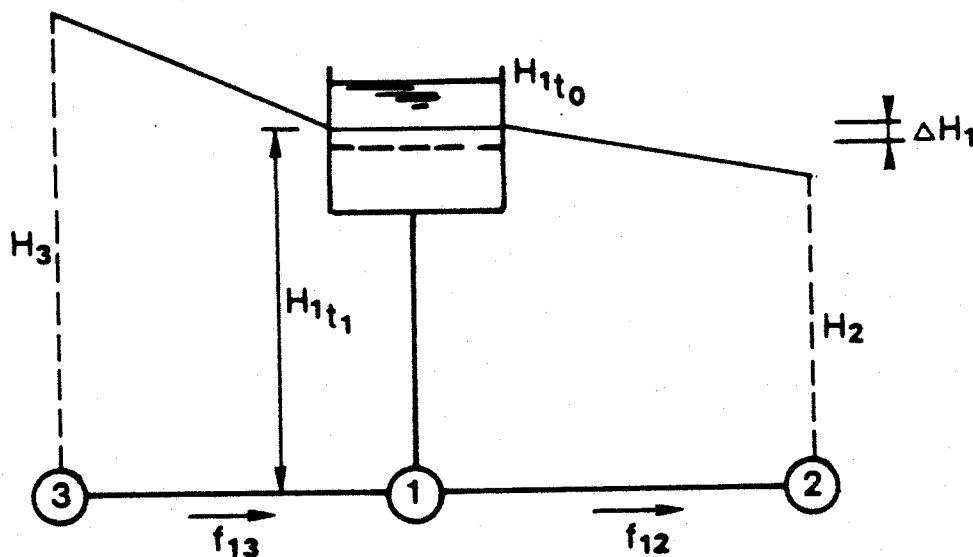
$$y = 0.3 * 2^{(A)} + 0.7 \quad (A = \frac{\text{nieuwe correctie}}{\text{vorige correctie}})$$

(Opmerking: $y < 1$ werkt vertragend.)

In het geval dat de correctie monotoon kleiner wordt (hetzelfde teken):

$$y = 2.6 * 2^{(-A)} + 0.7$$

(Opmerking: $y > 1$ werkt versnellend.)

Werking watertoren

In knoop 1 is een watertoren aangebracht met de volgende relatie tussen druk in knoop 1, inhoud toren en eventueel levering of inname van water in dit punt:

$$Q_{lev} = f(A) * (H_{1t_0} - H_{1t_1})$$

hierin is:

Q_{lev} = de voeding van de watertoren in het net

$f(A)$ = de oppervlakte/inhoud relatie

H_{1t_0} = stand watertoren op tijdstip t_0

H_{1t_1} = stand watertoren.

Ook in deze knoop geldt dat er evenwicht moet zijn tussen in- en uitgaande stromen.

$$\sum_{j=2}^3 (Q_{ij}) + Q_{watertoren} = 0 \quad (1)$$

Net zoals in bijlage 2 kan dit geschreven worden als:

$$\sum_{j=2}^3 f_{1j} \left\{ \sqrt{|D_{1j}|} \pm \frac{\Delta H_1}{2 \cdot \sqrt{|D_{1j}|}} \right\} + f(A) * (H_{1t_0} - H_{1t_1} + \Delta H_1) = 0 \quad (2)$$

Hierin is:

$$D_{1j} = H_1 - H_j$$

f_{1j} = weerstandsfactor leiding

ΔH_1 = aan te brengen drukcorrectie voor evenwicht

$f(A)$ = oppervlakte/inhoud relatie watertoren

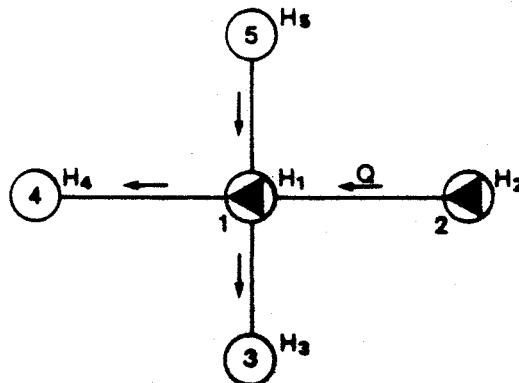
Na uitwerking van formule (2):

$$\Delta H_1 = \frac{\sum_{j=2}^3 (f_{1j} \sqrt{|D_{1j}|} + f(A) \cdot (H_{1t_0} - H_{1t_1}))}{\sum_{j=2}^3 \left\{ \frac{f_{1j}}{2 \sqrt{|D_{1j}|}} \right\} + f(A)} \quad (3)$$

Uit formule (3) blijkt dat invoeren van een watertoren in een knoopenwicht niet ingewikkeld behoeft te zijn mits de relatie waterniveau/inhoud lineair is.

Inpassen pompen in leidingnetberekeningen

Voor de duidelijkheid zal net als in hoofdstuk 2 gebruik worden gemaakt van een eenvoudig model:



Als opjager wordt ingevoerd buis 1 - 2.
Ook nu geldt weer de evenwichtsformule:

$$\Sigma Q = \Delta Q \quad (1)$$

Alleen in deze formule zal de bijzondere buis 1 - 2 nog nader omschreven moeten worden.

Pompkrommen kunnen redelijk beschreven worden met de volgende vergelijking:

$$H = a Q^2 + b Q + c \quad (2)$$

(H is de opvoerhoogte in m; Q is volumestroom in m³/h).

De oplossing van vergelijking (2) luidt:

$$Q = -\frac{b}{2a} \pm \frac{1}{2a} \sqrt{(b^2 - 4ac + 4aH)}$$

Dus bij één waarde van H worden twee Q's gevonden.
Hiervan wordt de grootste Q gekozen:

$$Q = -\frac{b}{2a} - \frac{1}{2a} \sqrt{(b^2 - 4a(c - H))} \quad (3)$$

De knooppuntsbalans zal na een eerste drukschatting niet kloppen. De druk in knoop 1 wordt dus gecorrigeerd met als gevolg dat de door de pomp te leveren volumestroom gewijzigd wordt volgens:

$$Q' = -\frac{b}{2a} - \frac{1}{2a} \sqrt{(b^2 - 4a(c - H + \Delta H))} \quad (4)$$

(Opmerking: een positieve drukcorrectie betekent verhogen van de opvoerhoogte

→ verlagen te verpompen volumestroom → $\Delta Q = 0$)

Met behulp van de reeksontwikkeling van Taylor kan ook bij deze formule de ΔH benaderd worden:

$$Q' = -\frac{b}{2a} - \frac{1}{2a} \left\{ \sqrt{(b^2 - 4ac + 4aH)} + \frac{\Delta H}{2 \sqrt{(b^2 - 4ac + 4aH)}} \right\} \quad (5)$$

Stel $(b^2 - 4ac + 4aH) = k$ en $H_1 - H_j = D_{1j}$

Samen met de stromen in de andere buizen kan nu geschreven worden:

$$Q = Q + \sum_{j=3}^5 (f_{1j} \sqrt{D_{1j}} \pm \frac{f_{1j} \cdot \Delta H}{2 \sqrt{D_{1j}}}) - \frac{b}{2a} - \frac{1}{2a} \sqrt{k} \pm \frac{\Delta H}{\sqrt{k}} \approx 0 \quad (6)$$

ZLG1982		VERHOUDING		/ In hoofdletters!					
				/ Aantal verbruikscategorieën, progn. perioden					
4	4								
1	1	15	2.5	0	0	0.3	2.5	/	inkoop 1*5.7 m3 hh
2	1	26	15	-1.9	0	0	0	/	invoer
3	1	20	7	1.4	0	0.2	2.9	/	
4	1	19	7.5	17.8	0.4	4.1	2.9	/	
5	1	40	7.5	10.7	0.9	2.6	4.9	/	
6	73	46	6					/	pers zuidlaren
7	1	38	7.5	11.4	1.3	6.3	0.7	/	
8	1	22	6	18.5	1.3	7.9	1	/	verbruik zuidlaren
9	0	30	10					/	aftakking schuilingsoord
10	1	17	10	5	0	0	2	/	schuilingsoord
11	1	10	10	11.6	0.3	0.8	2	/	
12	0	15	10					/	annen-anloo
13	1	20	10	1.5	0.5	0.6	0.8	/	anloo
14	1	15	10	1.8	0	0.1	0.6	/	
15	1	22	2.5	9.9	0	0.4	2.8	/	
16	1	10	17	9.8	1.2	1.3	3.5	/	
17	73	32	11					/	ps rolde
18	1	33	5	1.8	0	0.4	1.1	/	
19	1	18	13.5	16.9	0.3	9	1.2	/	
20	1	20	15	4.9	0	0	3.1	/	anderen
21	1	31	17.5	20.7	0.1	2.6	2.4	/	
22	1	44	4	11.7	0.1	2.3	2.6	/	
23	1	42	15	14	4.4	1.8	3.4	/	
24	73	49	17.5					/	ps gasselte
25	1	20	10	2	0.0	0.0	6	/	amen-ekehaar
26	1	10	17.5	4.9	0.9	0.8	1.8	/	
27	1	37	17.5	2	1.3	0.4	0.4	/	drouwen
28	1	38	7.5	1.9	0	0.2	0.4	/	
29	1	26	15	3.7	0	3	1.4	/	buinen
30	1	28	15	23.3	4.9	2.1	3.3	/	
31	1	15	20	-1.2	0.6	0.6	-1.4	/	inkoop 2*(1.2+1.4) m3
32	1	15	17.5	2.2	0.1	0.3	2.9	/	westdorp
33	50	38	7.5	0	0	0	0	/	inname buinen
34	1	35	7.5	6.6	0	0	0	/	
EIND								/	einde knoopgegevens
1	4	119	4710	.2	/				
2	3	117	2800	.2	/				
3	4	125	2600	.2	/				
4	5	156	3370	.2	/				
4	5	196	4070	.2	/				
5	6	175	2230	.2	/				
5	6	300	2450	.2	/				
5	14	118	6800	.2	/				
6	7	250	740	.2	/				
7	8	203	1920	.2	/				
6	9	238	1800	.2	/				
6	9	100	2150	.2	/				
8	10	150	1000	.2	/				
8	15	122	15300	.2	/				
9	10	190	1300	.2	/				
9	12	238	3900	.2	/				
10	11	108	3260	.2	/				
10	11	136	2300	.2	/				
11	12	190	400	.2	/				
11	12	100	450	.2	/				
11	16	118	3500	.2	/				
12	16	190	4000	.2	/				
12	13	100	1700	.2	/				
13	14	125	2290	.2	/				
15	16	116	6710	.2	/				

15	16	116	6710	.2	/
16	20	115	3500	.2	/
16	21	150	1600	.2	/
16	21	100	3920	.2	/
17	18	235	1890	.2	/
18	19	151	2850	.2	/
18	19	235	3440	.2	/
18	25	127	6400	.2	/
19	20	118	2750	.2	/
19	26	150	5150	.2	/
19	30	100	10435	.2	/
21	23	191	5180	.2	/
21	24	245	5955	.2	/
15	22	149	7165	.2	/
22	23	250	3200	.2	/
22	28	200	7160	.2	/
23	24	300	1750	.2	/
24	27	200	1220	.2	/
24	30	235	5000	.2	/
25	26	100	4660	.2	/
26	31	150	4010	.2	/
27	29	103	5620	.2	/
27	30	175	2590	.2	/
28	33	169	4100	.2	/
28	34	150	5000	.2	/
29	30	150	3350	.2	/
30	32	100	5150	.2	/
30	32	117	4100	.2	/
31	32	125	2800	.2	/
EIND					/ einde buisgegevens

0	0	0	0	0	0	
0	2.38	2.38	0.84	0.84	1.37	
1.04	1.04	2.04	2.04	2.04	2.24	
2.5	2.5	0.5	0.5	0	0	/ Cat. 1
0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	
1.15	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	
1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.15	
1.15	1.15	1.15	0.76	0.38	0.38	/ Cat. 2
0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	
1.15	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	
1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.15	
1.15	1.15	1.15	0.76	0.38	0.38	/ Cat. 3
0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	
2	2	2	1.51	1.51	1.51	
1.51	1.51	1.51	1.51	2	2	
2.	1.15	1.15	0.76	0.38	0.38	/ Cat. 4
12	12	12	6			/ Seizln
1	42.7		13.2	44.1		/ Inzetpercentage uur 1
2	42.7		13.2	44.1		/
3	42.7		13.2	44.1		/
4	42.7		13.2	44.1		/
5	42.7		13.2	44.1		/
6	42.7		13.2	44.1		/
7	42.7		13.2	44.1		/
8	42.7		13.2	44.1		/
9	42.7		13.2	44.1		/
10	42.7		13.2	44.1		/
11	42.7		13.2	44.1		/
12	42.7		13.2	44.1		/
13	42.7		13.2	44.1		/
14	42.7		13.2	44.1		/
15	42.7		13.2	44.1		/

Bijlage 7, blz. 3

16	42.7	13.2	44.1 /	
17	42.7	13.2	44.1 /	
18	42.7	13.2	44.1 /	
19	42.7	13.2	44.1 /	
20	42.7	13.2	44.1 /	
21	42.7	13.2	44.1 /	
22	42.7	13.2	44.1 /	
23	42.7	13.2	44.1 /	
24	42.7	13.2	44.1 /	
1980	1985	1990	2000	2010 / Prognoseperiodes
3	1.5	1.8	2.5	/ Groei cat. 1, 2, 3, 4 in 1ste periode
2.5	1.8	2.8	3	/ Groei cat. 1, 2, 3, 4 in 2de periode
2	3	4	2.1	/ Groei cat. 1, 2, 3, 4 in 3de periode
2.2	3.8	2.1	1.8	/ Groei cat. 1, 2, 3, 4 in 4de periode
1.4	1.4	1.4	1.2	/ Piekfactoren
10	10	10	8	/ Lekverliezen

A L E I D - NETBEREKENING

Netnaam ZLG1982
 Validatie 21-10-1986 14:25:40
 Berekening 21-10-1986 14:30:50

Het aantal KNOPEN is: 34
 Het aantal BUIZEN is: 53
 Het aantal POMPSTATIONS is: 3

De POMPSTATIONS zijn gelegen in knoop :

6
 17
 24

De REFERENTIEDRUK is 50.00 mwk in knoop 6

De berekening wordt uitgevoerd van 1982 tot 1982
 vanaf het 9e tot het 9e uur

De PROGNOSEPERIODEN lopen van

1980 tot 1985
 1985 tot 1990
 1990 tot 2000
 2000 tot 2010

Het verbruik is verdeeld in 4 verbruikscategorieën

Groei:	Cat.1	Cat.2	Cat.3	Cat.4	Cat.5
1980-1985	3.0 %	1.5 %	1.8 %	2.5 %	
1985-1990	2.5 %	1.8 %	2.8 %	3.0 %	
1990-2000	2.0 %	3.0 %	4.0 %	2.1 %	
2000-2010	2.2 %	3.8 %	2.1 %	1.8 %	
Lekverlies:	10.0 %	10.0 %	10.0 %	8.0 %	
Piekfactor:	1.40	1.40	1.40	1.20	

Na 200 iteraties of bij een drukverandering van minder
 dan 1.0 cmwk wordt het rekenproces afgebroken

Afbreecriterium bereikt na 119 iteraties.
De rekentijd bedroeg 75 seconden.

Uitvoer van de KNOOPGEGEVENS op het uur 9 van het jaar 1982

KNOOP NAAM	KNOOP SOORT	DRUK mwk + NAP	DRUK mwk + MV	MAAIVELD m + NAP	VERBRUIK m3/uur	BALANS m3/uur
1	1	27.2	24.7	2.5	14.3	.0
2	1	32.5	17.5	15.0	-7.4	.0
3	1	31.1	24.1	7.0	21.7	.0
4	1	34.2	26.7	7.5	95.8	-.1
5	1	46.2	38.7	7.5	76.7	.0
6	73	50.0	44.0	6.0	-552.0	-.1
7	1	47.1	39.6	7.5	71.2	-.2
8	1	39.2	33.2	6.0	99.5	-.3
9	0	43.1	33.1	10.0	.0	-.1
10	1	39.5	29.5	10.0	30.3	.0
11	1	36.6	26.6	10.0	58.6	-.5
12	0	36.9	26.9	10.0	.0	.0
13	1	34.6	24.6	10.0	12.8	.0
14	1	34.9	24.9	10.0	10.5	.0
15	1	22.4	19.9	2.5	54.7	.0
16	1	32.7	15.7	17.0	63.1	.0
17	73	39.4	28.4	11.0	-170.7	.0
18	1	29.4	24.4	5.0	13.9	.0
19	1	23.4	9.9	13.5	94.6	.1
20	1	19.2	4.2	15.0	35.9	.0
21	1	37.1	19.6	17.5	100.0	.0
22	1	34.6	30.6	4.0	65.4	.0
23	1	41.7	26.7	15.0	87.8	.2
24	73	47.5	30.0	17.5	-570.1	.0
25	1	4.2	-5.8	10.0	40.4	.0
26	1	15.7	-1.8	17.5	32.9	.0
27	1	43.2	25.7	17.5	14.0	.1
28	1	30.4	22.9	7.5	10.0	1.0
29	1	31.7	16.7	15.0	29.2	.0
30	1	34.0	19.0	15.0	125.3	.1
31	1	18.6	-1.4	20.0	-9.4	.0
32	1	19.9	2.4	17.5	25.3	.0
33	50	30.4	22.9	7.5	.0	-.1
34	1	23.4	15.9	7.5	25.6	.0

Uitvoer van de BUISGEGEVENS op het uur 9 van het jaar 1982

VAN	NAAR	DIAM mm	LENGTE m	K mm	SNELH m/sec	DRUKVAL mwk	DRUKGRAD mwk/km	DEBIET m3/uur
1	4	119	4710	.20	-.36	-7.0	1.5	-14.3
2	3	117	2800	.20	.19	1.3	.5	7.4
3	4	125	2600	.20	-.32	-3.0	1.2	-14.3
4	5	156	3370	.20	-.68	-12.0	3.6	-46.8
4	5	196	4070	.20	-.72	-12.0	2.9	-77.8
5	6	175	2230	.20	-.50	-3.8	1.7	-43.4
5	6	300	2450	.20	-.68	-3.8	1.6	-172.7
5	14	118	6800	.20	.38	11.2	1.7	14.8
6	7	250	740	.20	.98	2.9	4.0	172.8
7	8	203	1920	.20	.87	7.9	4.1	101.4
6	9	238	1800	.20	.93	6.9	3.8	149.4
6	9	100	2150	.20	.48	6.9	3.2	13.6
8	10	150	1000	.20	-.18	-.3	.3	-11.4
8	15	122	15300	.20	.31	16.8	1.1	13.0
9	10	190	1300	.20	.68	3.6	2.7	69.0
9	12	238	3900	.20	.59	6.2	1.6	93.9
10	11	108	3260	.20	.26	2.9	.9	8.4
10	11	136	2300	.20	.36	2.9	1.3	18.9
11	12	190	400	.20	-.37	-.3	.9	-37.4
11	12	100	450	.20	-.22	-.3	.8	-6.3
11	16	118	3500	.20	.30	3.9	1.1	12.0
12	16	190	4000	.20	.41	4.2	1.1	41.6
12	13	100	1700	.20	.30	2.3	1.4	8.5
13	14	125	2290	.20	-.10	-.3	.1	-4.3
15	16	114	6710	.20	-.36	-10.3	1.5	-13.6
16	20	115	3500	.20	.58	13.5	3.9	21.7
16	21	150	1600	.20	-.58	-4.5	2.8	-37.1
16	21	100	3920	.20	-.27	-4.5	1.1	-7.8
17	18	235	1890	.20	1.09	10.0	5.3	170.7
18	19	151	2850	.20	.51	6.0	2.1	32.6
18	19	235	3440	.20	.61	6.0	1.7	95.6
18	25	127	6400	.20	.63	25.3	3.9	28.6
19	20	118	2750	.20	.36	4.2	1.5	14.2
19	26	150	5150	.20	.42	7.7	1.5	26.7
19	30	100	10435	.20	-.26	-10.5	1.0	-7.3
21	23	191	5180	.20	-.37	-4.6	.9	-38.3
21	24	245	5955	.20	-.63	-10.3	1.7	-106.4
15	22	149	7165	.20	-.45	-12.2	1.7	-28.0
22	23	250	3200	.20	-.73	-7.1	2.2	-128.2
22	28	200	7160	.20	.31	4.2	.6	34.8
23	24	300	1750	.20	-1.00	-5.8	3.3	-254.1
24	27	200	1220	.20	.79	4.2	3.5	89.3
24	30	235	5000	.20	.77	13.5	2.7	120.2
25	26	100	4660	.20	-.42	-11.5	2.5	-11.8
26	31	150	4010	.20	-.28	-2.9	.7	-18.0
27	29	103	5620	.20	.39	11.6	2.1	11.6
27	30	175	2590	.20	.74	9.3	3.6	63.8
28	33	169	4100	.20	.00	.0	.0	.1
28	34	150	5000	.20	.40	6.9	1.4	25.6
29	30	150	3350	.20	-.28	-2.3	.7	-17.6

Bijlage 7, blz. 7

Vervolg van de BUISGEGEVENS op het uur 9 van het jaar 1982

VAN	NAAR	DIAM mm	LENGTE m	K mm	SNELH m/sec	DRUKVAL mwk	DRUKGRAD mwk/km	DEBIET m3/uur
30	32	100	5150	.20	.44	14.1	2.7	12.5
30	32	117	4100	.20	.55	14.1	3.4	21.4
31	32	125	2800	.20	-.19	-1.3	.5	-8.6

Bijlage 7, blz. 8

ZLG1982		POMPKROMME		/ In hoofdletters!				/ Aantal verbruikscategorieën, progn. perioden	
4	4							2.5	/ inkoop 1*5.7 m3 hh
1	1	15	2.5	0	0	0.3			/ vaste druk
2	71	26	15						
3	1	20	7	1.4	0	0.2	2.9	/	
4	1	19	7.5	17.8	0.4	4.1	2.9	/	
5	1	40	7.5	10.7	0.9	2.6	4.9	/	
6A	73	46	6						/ pers zuidlaren
6B	71	0	6						/ zuig zuidlaren
7	1	38	7.5	11.4	1.3	8.3	0.7	/	
8	1	22	6	18.5	1.3	7.9	1	/	verbruik zuidlaren
9	0	30	10						aftakking schuilingsoord
10	1	17	10	5	0	0	2	/	schuilingsoord
11	1	10	10	11.6	0.3	0.8	2	/	
12	0	15	10						annen-anloo
13	1	20	10	1.5	0.5	0.6	0.8	/	anloo
14	1	15	10	1.8	0	0.1	0.6	/	
15	1	22	2.5	9.9	0	0.4	2.8	/	
16	1	10	17	9.8	1.2	1.3	3.5	/	
17A	73	32	11						/ pers rolde
17B	72	26	11						/ zuig rolde
17C	0	29	11						/
17D	71	30	11						/ vaste druk
17E	0	40	11						/
18	1	33	5	1.8	0	0.4	1.1	/	
19	1	18	13.5	16.9	0.3	9	1.2	/	
20	1	20	15	4.9	0	0	3.1	/	anderen
21	1	31	17.5	20.7	0.1	2.6	2.4	/	
22	1	44	4	11.7	0.1	2.3	2.6	/	
23	1	42	15	14	4.4	1.8	3.4	/	
24A	73	49	17.5						/ pers gasselte
24B	71	0	17.5						/ zuig gasselte
25	1	20	10	2	0.0	0.0	6	/	amen-ekehaar
26	1	10	17.5	4.9	0.9	0.8	1.8	/	
27	1	37	17.5	2	1.3	0.4	0.4	/	drouwen
28	1	38	7.5	1.9	0	0.2	0.4	/	
29	1	26	15	3.7	0	3	1.4	/	buinen
30	1	28	15	23.3	4.9	2.1	3.3	/	
31	1	15	20	-1.2	0.6	0.6	-1.4	/	inkoop 2*(1.2+1.4) m3
32	1	15	17.5	2.2	0.1	0.3	2.9	/	westdorp
33	50	38	7.5	0	0	0	0	/	inname buinen
34	71	35	7.5					/	
EIND									/ einde knoopgegevens
1	4	119	4710	.2	/				
2	3	117	2800	.2	/				
3	4	125	2600	.2	/				
4	5	156	3370	.2	/				
4	5	196	4070	.2	/				
5	6A	175	2230	.2	/				
5	6A	300	2450	.2	/				
5	14	118	6800	.2	/				
6B	6A	200	200	.2	/	Pompbuis			
6A	7	250	740	.2	/				
7	8	203	1920	.2	/				
6A	9	238	1800	.2	/				
6A	9	100	2150	.2	/				
8	10	150	1000	.2	/				
8	15	122	15300	.2	/				
9	10	190	1300	.2	/				
9	12	238	3900	.2	/				
10	11	108	3260	.2	/				
10	11	136	2300	.2	/				
11	12	190	400	.2	/				

'11'	'12'	100	450	.2	/
'11'	'16'	118	3500	.2	/
'12'	'16'	190	4000	.2	/
'12'	'13'	100	1700	.2	/
'13'	'14'	125	2290	.2	/
'15'	'16'	116	6710	.2	/
'16'	'20'	115	3500	.2	/
'16'	'21'	150	1600	.2	/
'16'	'21'	100	3920	.2	/
'17A'	'18'	235	1890	.2	/
'17A'	'17B'	250	200	.2	/
'17E'	'17A'	175	200	.2	-999 / keerklep
'17B'	'17C'	250	200	.2	/
'17C'	'17D'	250	200	.2	/
'17D'	'17E'	175	1650	.2	/
'18'	'19'	151	2850	.2	/
'18'	'19'	235	3440	.2	/
'18'	'25'	127	6400	.2	/
'19'	'20'	118	2750	.2	/
'19'	'26'	150	5150	.2	/
'19'	'30'	100	10435	.2	/
'21'	'23'	191	5180	.2	/
'21'	'24A'	245	5935	.2	/
'15'	'22'	149	7165	.2	/
'22'	'23'	250	3200	.2	/
'22'	'28'	200	7160	.2	/
'23'	'24A'	300	1750	.2	/
'24A'	'24B'	200	200	.2	/
'24A'	'27'	200	1220	.2	/
'24A'	'30'	235	5000	.2	/
'25'	'26'	100	4660	.2	/
'26'	'31'	150	4010	.2	/
'27'	'29'	103	5620	.2	/
'27'	'30'	175	2590	.2	/
'28'	'33'	169	4100	.2	/
'28'	'34'	150	5000	.2	/
'29'	'30'	150	3350	.2	/
'30'	'32'	100	5150	.2	/
'30'	'32'	117	4100	.2	/
'31'	'32'	125	2800	.2	/
'EIND'					/ einde buisgegevens
0	0	0	0	0	0
0	2.38	2.38	0.84	0.84	1.37
1.04	1.04	2.04	2.04	2.04	2.24
2.5	2.5	0.5	0.5	0	0 / Cat. 1
0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
1.15	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.15
1.15	1.15	1.15	0.76	0.38	0.38 / Cat. 2
0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
1.15	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.15
1.15	1.15	1.15	0.76	0.38	0.38 / Cat. 3
0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
2	2	2	1.51	1.51	1.51
1.51	1.51	1.51	1.51	2	2
2.	1.15	1.15	0.76	0.38	0.38 / Cat. 4

12	12	12	6	/ Seizln			
1	+999	-999	+999	/ Schakelschema uur 1			
2	-999	-999	-999	/			
3	-999	-999	-999	/			
4	-999	-999	-999	/			
5	-999	-999	-999	/			
6	-999	-999	-999	/			
7	+999	-999	+999	/			
8	+999	+999	+999	/			
9	+999	+999	+999	/			
10	+999	+999	+999	/			
11	+999	+999	+999	/			
12	+999	-999	+999	/			
13	+999	-999	+999	/			
14	+999	-999	+999	/			
15	+999	-999	+999	/			
16	+999	+999	+999	/			
17	+999	+999	+999	/			
18	+999	+999	+999	/			
19	+999	+999	+999	/			
20	+999	+999	+999	/			
21	+999	-999	+999	/			
22	+999	-999	+999	/			
23	+999	-999	+999	/			
24	+999	-999	+999	/ Uur 24			
'6A'	1	20	160	-0.00052445	0.02038325	39.85	1 / zuidlaren 1
'6A'	2	160	330	-0.00000889	0.05715975	30.97	-1 / zuidlaren 2
'6A'	3	330	400	-0.00006310	-0.0420960	68.02	1 / zuidlaren 3
'6A'	4	400	1800	-0.00004069	-0.00396574	61.88	1 / zuidlaren 4
'17A'	1	0	750	-0.000555	-0.01666	29	1 / opjager rolde
'24A'	1	10	70	-0.00255	0.03122	35	1 / pomp 1 gasselte
'24A'	2	70	600	0.00001625	0.0360	22.81	-1 / pomp 2 gasselte
'24A'	3	600	1800	-0.00005607	0.0252180	59.59	1 / pomp 3 gasselte
'EIND'	/ einde pompkrommen						
1980	1985	1990	2000	2010	/ Prognoseperiodes		
3	1.5	1.8	2.5	/ Groei cat. 1, 2, 3, 4 in 1ste periode			
2.5	1.8	2.8	3	/ Groei cat. 1, 2, 3, 4 in 2de periode			
2	3	4	2.1	/ Groei cat. 1, 2, 3, 4 in 3de periode			
2.2	3.8	2.1	1.8	/ Groei cat. 1, 2, 3, 4 in 4de periode			
1.4	1.4	1.4	1.2	/ Piekfactoren			
10	10	10	8	/ Lekverliezen			

A L E I D - NETBEREKENING

Netnaam ZLG1982
 Validatie 21-10-1986 14:33:33
 Berekening 21-10-1986 14:34:36

Het aantal KNOPEN is: 40
 Het aantal BUIZEN is: 60
 Het aantal POMPSTATIONS is: 3

De POMPSTATIONS zijn gelegen in knoop :

6A
 17A
 24A

De berekening wordt uitgevoerd van 1982 tot 1982
 vanaf het 9e tot het 9e uur.

De PROGNOSEPERIODEN lopen van

1980 tot 1985
 1985 tot 1990
 1990 tot 2000
 2000 tot 2010

Het verbruik is verdeeld in 4 verbruikscategorieën

Groei:	Cat.1	Cat.2	Cat.3	Cat.4	Cat.5
1980-1985	3.0 %	1.5 %	1.8 %	2.5 %	
1985-1990	2.5 %	1.8 %	2.8 %	3.0 %	
1990-2000	2.0 %	3.0 %	4.0 %	2.1 %	
2000-2010	2.2 %	3.8 %	2.1 %	1.8 %	

Lekverlies: 10.0 % 10.0 % 10.0 % 8.0 %

Piekfactor: 1.40 1.40 1.40 1.20

Na 200 iteraties of bij een drukverandering van minder
 dan 1.0 cmwk wordt het rekenproces afgebroken

De BASISGEGEVENS van de POMPSTATIONS zijn:

PERSKN.	POMPNO	Qmin	Qmax	A*Q**2+B*Q+C		C
				A*1000	B*100	
6A	1	20.0	160.0	-0.524	2.04	39.85
6A	2	160.0	330.0	-0.009	5.72	30.97
6A	3	330.0	400.0	-0.063	-4.21	68.02
6A	4	400.0	1800.0	-0.041	-1.40	61.88
17A	1	10.0	70.0	-0.555	-1.67	29.00
24A	1	10.0	70.0	-2.550	3.12	35.00
24A	2	70.0	600.0	-0.016	3.60	22.81
24A	3	600.0	1800.0	-0.056	2.52	59.59

Afbreecriterium bereikt na 84 iteraties.
De rekentijd bedroeg 149 seconden.

Uitvoer van de KNOOPGEGEVENS op het uur 9 van het jaar 1982

KNOOP NAAM	KNOOP SOORT	DRUK mwk + NAP	DRUK mwk + MV	MAAIVELD m ³ /uur	VERBRUIK m ³ /uur	BALANS m ³ /uur
1	1	23.7	21.2	2.5	14.3	.0
2	71	26.0	11.0	15.0	-2.9	.0
3	1	25.7	18.7	7.0	21.7	.0
4	1	30.7	23.2	7.5	95.8	.0
5	1	43.5	36.0	7.5	76.7	.0
6A	73	47.5	41.5	6.0	-547.7	.0
6B	71	.0	-6.0	6.0	.0	.0
7	1	44.7	37.2	7.5	71.2	.0
8	1	37.2	31.2	6.0	99.5	-1.1
9	0	41.0	31.0	10.0	.0	.0
10	1	37.5	27.5	10.0	30.3	.0
11	1	35.0	25.0	10.0	58.6	-1.2
12	0	35.4	25.4	10.0	.0	.0
13	1	32.8	22.8	10.0	12.8	-1.1
14	1	33.0	23.0	10.0	10.5	.0
15	1	23.2	20.7	2.5	54.7	.0
16	1	32.0	15.0	17.0	63.1	.0
17A	73	38.6	27.6	11.0	-169.8	.0
17B	72	28.5	17.5	11.0	169.7	.0
17C	0	29.2	18.2	11.0	.0	.0
17D	71	30.0	19.0	11.0	-169.8	.0
17E	0	30.0	19.0	11.0	.0	.0
18	1	28.7	23.7	5.0	13.9	.0
19	1	22.8	9.3	13.5	94.6	.0
20	1	18.6	3.6	15.0	35.9	.0
21	1	37.6	20.1	17.5	100.0	.1
22	1	37.3	33.3	4.0	65.4	.0
23	1	43.0	28.0	15.0	87.8	.0
24A	73	48.3	30.8	17.5	-564.0	-1.2
24B	71	.0	-17.5	17.5	.0	.0
25	1	3.6	-6.4	10.0	40.4	.0
26	1	15.4	-2.1	17.5	32.9	.0
27	1	44.0	26.5	17.5	14.0	.0
28	1	36.0	28.5	7.5	10.0	.6
29	1	32.3	17.3	15.0	29.2	.0
30	1	34.6	19.6	15.0	125.3	.1
31	1	18.5	-1.5	20.0	-9.4	.0
32	1	19.9	2.4	17.5	25.3	.0
33	50	36.0	28.5	7.5	.0	-1.1
34	71	35.0	27.5	7.5	8.8	.0

Uitvoer van de BUISGEGEVENS op het uur 9 van het jaar 1982

VAN	NAAR	DIAM	LENGTE	K	SNELH	DRUKVAL	DRUKGRAD	DEBIET
		mm	mm	mm	m/sec	mwk	mwk/km	m3/uur
1	4	119	4710	.20	.36	-7.0	1.5	-14.3
2	3	117	2800	.20	.08	.3	1.1	2.9
3	4	125	2600	.20	.42	-5.0	1.9	-18.8
4	5	156	3370	.20	.70	-12.8	3.8	-48.4
4	5	196	4070	.20	.74	-12.8	3.1	-80.4
5	6A	175	2230	.20	.51	-4.0	1.8	-44.2
5	6A	300	2450	.20	.69	-4.0	1.6	-175.7
5	14	118	6800	.20	.36	10.5	1.5	14.3
6B	6A	200	1200	.20	.00	.0	.0	547.7
6A	7	250	1740	.20	.96	2.8	3.8	170.1
7	8	203	1920	.20	.85	7.5	3.9	98.8
6A	9	238	1890	.20	.90	6.5	3.6	144.6
6A	9	100	2150	.20	.46	6.5	3.0	13.1
8	10	150	1000	.20	-.20	-.4	.4	-12.5
8	15	122	15300	.20	.28	14.0	.9	11.8
9	10	190	1300	.20	.67	3.5	2.7	68.0
9	12	238	3900	.20	.56	5.6	1.4	89.7
10	11	108	3260	.20	.24	2.5	.8	7.8
10	11	136	2300	.20	.33	2.5	1.1	17.4
11	12	190	400	.20	-.37	-.3	.9	-37.6
11	12	100	450	.20	-.22	-.3	.8	-6.3
11	16	118	3500	.20	.26	3.0	.8	10.4
12	16	190	4000	.20	.36	3.3	.8	36.6
12	13	100	1700	.20	.32	2.6	1.5	9.1
13	14	125	2290	.20	-.09	-.2	.1	-3.8
15	16	116	6710	.20	-.33	-8.9	1.3	-12.6
16	20	115	3500	.20	.58	13.5	3.8	21.7
16	21	150	1600	.20	-.65	-5.5	3.5	-41.6
16	21	100	3920	.20	-.31	-5.5	1.4	-8.7
17A	18	235	1890	.20	1.09	9.9	5.2	169.8
17A	17B	250	200	.20	.00	.0	.0	-169.8
17E	17A	175	200	.20	.00	-8.6	.0	.0
17B	17C	250	200	.20	-.96	-.8	3.8	-169.7
17C	17D	250	200	.20	-.96	-.8	3.8	-169.8
17D	17E	175	1650	.20	.00	.0	.0	.0
18	19	151	2850	.20	.50	5.9	2.1	32.3
18	19	235	3440	.20	.61	5.9	1.7	94.9
18	25	127	6400	.20	.63	25.1	3.9	28.5
19	20	118	2750	.20	.36	4.2	1.5	14.2
19	26	150	5150	.20	.41	7.4	1.4	26.2
19	30	100	10435	.20	-.27	-11.8	1.1	-7.7
21	23	191	5180	.20	-.41	-5.4	1.0	-41.9
21	24A	245	5955	.20	-.64	-10.7	1.8	-108.4
15	22	149	7165	.20	-.48	-14.1	2.0	-30.3
22	23	250	3200	.20	-.65	-5.7	1.8	-114.0
22	28	200	7160	.20	.16	1.3	.2	18.3
23	24A	300	1750	.20	-.96	-5.3	3.0	-243.6
24A	24B	200	200	.20	.00	.0	.0	-564.0
24A	27	200	1220	.20	.79	4.3	3.5	89.8
24A	30	235	5000	.20	.77	13.7	2.7	120.9

Vervolg van de BUISGEGEVENS op het uur 9 van het jaar 1982

VAN	NAAR	DIAM mm	LENGTE m	SNELH m/sec	DRUKVAL mwk	DRUKGRAD mwk/km	DEBIET m ³ /uur
25	26	100	4660	4.42	-11.7	1092.5	-11.9
26	31	150	4010	4.29	-13.1	1091.8	-18.7
27	29	103	5620	4.39	11.7	1092.1	11.6
27	30	175	2590	4.74	19.4	1093.6	64.2
28	33	169	4100	4.00	11.0	1092.0	.1
28	34	150	5000	4.14	11.0	1095.2	8.8
29	30	150	3350	4.28	-2.3	1091.7	-17.6
30	32	100	5150	4.45	14.7	1092.9	12.7
30	32	117	4100	4.56	14.7	1093.6	21.8
31	32	125	2800	4.21	-1.5	1091.5	-9.3