

Computergesteunde besturing van rioolgemalen in Westfriesland-Oost (2)

1. Inleiding

De behandeling van het rioolwater uit de regio Westfriesland-Oost vindt plaats op de rioolwaterzuiveringsinrichting (rwzi) Wervershoof. Het rioolwater wordt op de rwzi aangevoerd door middel van een netwerk van rioolgemalen en persleidingen. De gezamenlijke afvoercapaciteit van deze rioolgemalen is groter dan de hydraulische capaciteit van de rwzi, hetgeen noodzaakt tot besturing van de pompen in de rioolgemalen. Hiervoor is een computergesteund besturingssysteem ontwikkeld en geïnstalleerd.

rioolgemalen tot zeer hoge kosten zou hebben geleid. Om deze redenen is een aantal rioolgemalen buiten het besturings-systeem gelaten. Dit betreft de kleinere, meest bovenstrooms gelegen rioolgemalen die relatief weinig bijdragen tot het neerslag-spreidingseffect. Het buiten de besturing laten van bepaalde rioolgemalen doet in zekere mate afbreuk aan de ideale besturingsprincipes zoals in [2] is uiteengezet. Afwijkingen ten opzichte van de ideale situatie zijn binnen bepaalde grenzen acceptabel te achten.

Hierbij is als uitgangspunt gehanteerd dat de gezamenlijke capaciteit van de buiten de besturing gehouden gemalen niet meer mag bedragen dan circa 15% van de capaciteit van het benedenstrooms gelegen rioolgemaal. De hierdoor te verwachten verhoging van de theoretische overstortingsfrequentie, die onder ongunstige omstandigheden beperkt blijft tot eenmaal per jaar, wordt door de positieve effecten van het besturingssysteem gecompenseerd.

2.2. Principe van de besturing

In [2] is ingegaan op de functies die aan het computergesteund besturingssysteem in Westfriesland-Oost zijn toegekend.

De meest relevante functie is het beperken

van de gelijktijdig door de gemalen naar de rwzi afgevoerde waterhoeveelheden, daarbij gebruikmakend van spreiding in neerslag-hoeveelheden. De besturing komt erop neer dat op geregelde tijdstippen de meest optimale bedrijfstoestand van de te onderscheiden rioolgemalen door een centraal computersysteem wordt berekend, welke bedrijfstoestanden vervolgens binnen bepaalde randvoorwaarden worden ingesteld. Hierbij wordt gebruik gemaakt van actuele gegevens omtrent de belasting-toestand van het rioolwatersysteem.

Deze gegevens worden via telecommunicatie overgebracht naar de centrale computer.

Het afleiden van de meest optimale bedrijfs-toestand vindt plaats in een aantal stappen.

Hierbij speelt de configuratie van het rioolwatersysteem een belangrijke rol.

De afvoer van een bepaalde groep gemalen dient namelijk te worden afgestemd op de ingestelde of in te stellen afvoer van het benedenstrooms gelegen rioolgemaal. Voor een aantal gemalen wordt de maximaal toelaatbare afvoer gedicteerd door de hydraulische capaciteit van de rwzi.

Dit besturingsprincipe leidt tot de volgende indeling van de rioolgemalen (zie ook afb. 1).

– Primaire rioolgemalen

Deze gemalen voeren direct af naar de rwzi.

Afb. 1 - Schematisch overzicht van het rioolwatersysteem.



IR. H. J. G. HARTONG
DHV Raadgevend
Ingenieursbureau BV



ING. C. G. VAN DE POLL
DHV Raadgevend
Ingenieursbureau BV



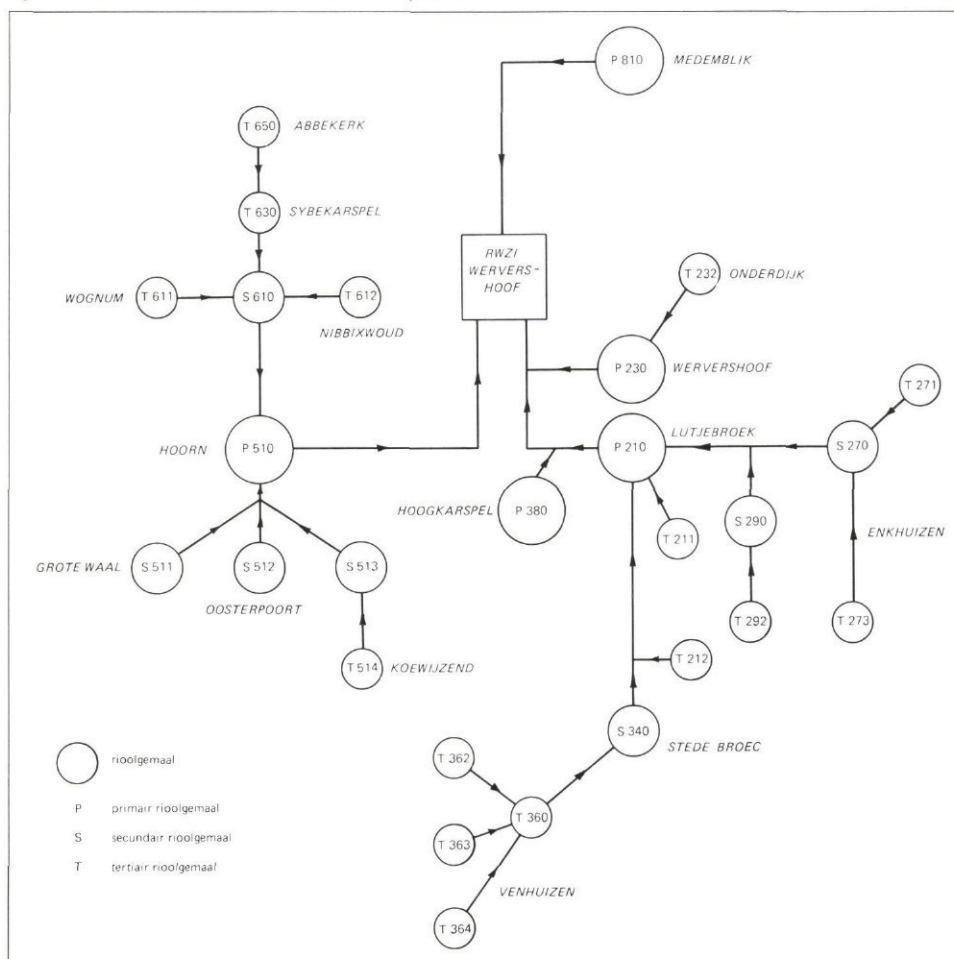
ING. J. A. SURINK
Hoogheemraadschap van de
Uitwaterende Sluizen in
Kennemerland en Westfriesland

De besturing is zodanig dat de in de regio optredende spreiding in neerslaghoeveelheden zo optimaal mogelijk wordt benut. Over de aan het besturingssysteem ten grondslag liggende principes is reeds eerder in dit tijdschrift gepubliceerd ([1]). In het onderhavige artikel wordt ingegaan op de werking en realisatie van het besturingssysteem.

2. Systeemontwerp

2.1. De in het besturingssysteem opgenomen rioolgemalen

Het rioolwatersysteem in de regio West-Friesland-Oost wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van diverse 'takken' aaneengesloten onderbemalingen, zie afb. 1. Bij een besturing van de afvoer naar de rwzi dient zorg te worden gedragen voor een juiste afstemming van de afvoer via de verschillende rioolgemalen. Voorkomen dient te worden dat tijdens het afvoeren van regenwater bepaalde bemalingsgebieden onevenredig zwaar worden belast ten gunste van andere (bovenstrooms) gelegen bemalingsgebieden. Het voorgaande impliceert dat in principe alle rioolgemalen van gemengde stelsels in aanmerking komen voor opname in het besturingssysteem. Het aantal rioolgemalen in het in beschouwing genomen gebied is echter zo groot dat opname van alle



De gezamenlijke afvoer van deze gemalen dient te worden afgestemd op de hydraulische capaciteit van de rwzi.

– *Secundaire rioolgemalen*

Deze gemalen voeren af naar een primair rioolgemaal. Per groep secundaire gemalen dient de gezamenlijke afvoer te worden afgestemd op de afvoer via het primaire rioolgemaal.

– *Tertiaire rioolgemalen*

De tertiaire gemalen voeren af naar een secundair of primair rioolgemaal. De in deze rioolgemalen in te stellen bedrijfstoestand is gelijk aan de bedrijfstoestand van het benedenstrooms liggende rioolgemaal. In plaats van tertiaire gemalen wordt wel gesproken van volggemalen. In enkele bijzondere gevallen, bijvoorbeeld bij dreigende inwerking treden van overstorten, wordt van dit volgcprincipe afgeweken.

De in te stellen bedrijfstoestand in de primaire en secundaire gemalen wordt afgeleid op basis van een prioriteitsafweging. Hierbij spelen onder meer de volgende aspecten een rol:

1. de relatieve waterhoogte in de kelder van het rioolgemaal als indicatie voor de mate waarin de aanwezige rioolberging is benut;
2. de mate waarin overstortingen van het betreffende rioolstelsel in relatie tot andere lokaties ontoelaatbaar worden geacht;
3. de ingestelde bedrijfstoestanden in de voorliggende periode.

Het laatstgenoemde heeft als doel om te bewaken dat geen onevenredig lange verblijftijden van het rioolwater in een bepaald rioolstelsel optreden. Bij de prioriteitsafweging wordt niet alleen het direct op een gemaal aangesloten rioolstelsel in beschouwing genomen, doch alle bovenstrooms gelegen rioolstelsels voor zover deze in de besturing zijn opgenomen. De prioriteitsafweging leidt tot bedrijfstoestanden die voor de heersende belastingstoestand als optimaal worden geacht. Hierbij is de maximaal beschikbare afvoer van het hogere niveau rioolgemaal (of naar de rwzi) zo optimaal mogelijk benut. Opgemerkt wordt dat ten aanzien van dit aspect beperkingen aanwezig kunnen zijn in de vorm van capaciteit van de in de rioolgemalen geïnstalleerde pompen.

Een als optimaal afgeleide bedrijfstoestand kan niet altijd (direct) worden geëffectueerd. Hierbij spelen onder meer de volgende aspecten een rol:

- storing in de gemalen;
- maximaal toelaatbare schakelfrequenties;
- minimale bedrijfstijden, minimale wachttijden;
- gemalen op handsturing (bijvoorbeeld bij onderhoud of inspectie).

Het besturingssysteem houdt rekening met bovengenoemde aspecten. Er zijn voorzieningen getroffen voor het geval spanningsuitval op de rwzi optreedt of sprake is van capaciteitsvermindering als gevolg van onderhoudswerkzaamheden aan de rwzi. Tevens is in het systeem een aantal noodstopprocedures ingebouwd en worden bij storingen calamiteitenscenario's geactiveerd.

2.3. Besturingssituaties

Ten aanzien van het besturingssysteem is onderscheid te maken in een tweetal bedrijfssituaties. Tijdens droogweersituaties vindt alleen regeling plaats van de direct naar de rwzi afvoerende primaire rioolgemalen. De regeling beperkt zich hoofdzakelijk tot het beoordelen van de aangevoerde hoeveelheden naar de rwzi. De bedrijfstoestand van de overige gemalen wordt in deze situatie lokaal geregeld door de kelderwaterstand en ingestelde inslag- en uitslagpeilen.

In neerslagperiodes waarbij de aanvoer van water naar de rwzi groter dreigt te worden dan de capaciteit van rwzi wordt overgegaan tot de feitelijke besturing van de in het systeem opgenomen gemalen. Besturing vindt ook plaats tijdens buitengewone bedrijfsomstandigheden, bijvoorbeeld een door onderhoudswerkzaamheden verminderde capaciteit van de rwzi. De besturing tijdens deze situaties vindt plaats overeenkomstig de eerder genoemde prioriteitsafweging waarbij de hydraulische rwzi-capaciteit zo optimaal mogelijk wordt benut.

Het gehele besturingssysteem is geënt op het principe van paraat en niet-paraat schakelen van pompen in de gemalen zonder direct ingrijpen in de regelkringen van de pompen. Het feitelijke aan- of uitschakelen van pompen gebeurt door de elektrotechnische installatie in het gemaal, op basis van het al of niet bereikt hebben van inslag- of uitslagpeilen. In geval van storingen in het computer- of telecommunicatiesysteem, valt het gemaal terug op een in de elektro-technische installatie vastgelegde, afvoertechnisch veilige paraat resp. niet-paraatschakeling van de te onderscheiden pompen (watchdog-functie).

3. Systeemrealisatie

3.1. Algemeen

De plaats die een gemaal in de besturing inneemt en de wijze van telecommunicatie hangen nauw samen. Bij primaire en secundaire rioolgemalen is sprake van complexe prioriteitsafwegingen, hetgeen noodzaakt tot het centraal beschikbaar hebben van gedetailleerde informatie, waaronder analoge meetwaarden en een relatief groot aantal meldingen. Voorts dienen hoge eisen te worden gesteld aan snelheid, kwaliteit en betrouwbaarheid van de gegevensoverdracht. Als communicatiemiddel tussen de primaire en secundaire gemalen enerzijds en de centrale computer-eenheid anderzijds, is de keuze bepaald op vaste PTT-lijnverbindingen. Bij de tertiaire gemalen worden minder hoge eisen gesteld aan de gegevensoverdracht en is de noodzakelijke gegevensoverdracht minder omvangrijk (≤ 8 digitale waarden). Voor deze gemalen is de keuze in principe

TABEL 1 – Overzicht type lijnverbindingen.

Nummer	Naam	Type gemaal	Type verbinding	Opmerkingen
P210	Lutjebroek	primair	vast	doorpersgemaal
S270	Enkhuizen-Noord	secundair	vast	
T271	Enkhuizen-Noord	tertiair	via S270	
T273	Enkhuizen-Zuid	tertiair	kies	toekomstig gemaal
S290	Stede-Broec-Noord	secundair	vast	
T292		tertiair	kies	toekomstig gemaal
S340	Stede-Broec-Zuid	secundair	vast	
T360	Venhuizen	tertiair	kies	
T362	Torenweg Hem	tertiair	kies	
T363	Oosterleek	tertiair	kies	toekomstig gemaal
T364	Burg. Zijpweg	tertiair	kies	
T212	Raadhuislaan	tertiair	kies	
T211	Past. Gielenstraat	tertiair	kies	
P380	Hoogkarspel	primair	vast	
P230	Wervershoof	primair	vast	
T232	Onderdijk	tertiair	kies	
P810	Medemblik	primair	vast	
P510	Hoorn	primair	vast	
S511	Grote Waal	secundair	vast	
S512	Oosterpoort	secundair	vast	
S513	Krijterslaan	secundair	vast	
T514	Koewijzend	tertiair	kies	
S610	Nibbixwoud/Wognum	secundair	vast	
T611	Wognum	tertiair	vast	meting bepalend voor S610
T612	Nibbixwoud	tertiair	vast	meting bepalend voor S610
T630	Sijbekarspel	tertiair	kies	toekomstig gemaal
T650	Abbekerk	tertiair	kies	toekomstig gemaal

bepaald op minder kostbare PTT-kiesverbindingen.

De signalering en commandering vindt plaats op het niveau van vooraf gedefinieerde bedrijfstoestanden. Per gemaal wordt onderscheid gemaakt tussen een drietal bedrijfstoestanden, te weten: DWA, DWA-2 en RWA (zie tabel II).

TABEL II - Relatie bedrijfstoestand - feitelijke pompregime.*

Bedrijfstoestand	Pompregime
DWA	1 pomp in laag toerental
DWA-2	1 pomp in hoog toerental
RWA	2 pompen in hoog toerental

* gemaal met 2 pompen met elk hoog en laag toerental.

De vertaling van een bedrijfstoestand naar het paraat resp. niet-paraat schakelen van de aanwezige pompen vindt plaats in de elektrotechnische installatie van de rioolgemalen. Eenzelfde vertaling vindt plaats binnen het centrale computersysteem.

3.2. Hardware-aspecten

Ten aanzien van de voor het besturings-systeem benodigde hardware kan onderscheid worden gemaakt tussen:

- de elektrotechnische installatie in de gemalen;
- het telecommunicatiesysteem;
- het centrale computersysteem met randapparatuur.

In afb. 2 is een overzicht gegeven van de hardwareconfiguratie.

3.2.1. Elektrotechnische installatie in de gemalen

De elektrotechnische installatie van de rioolgemalen dient afgestemd te zijn op het te installeren besturingssysteem. Relais-omschakelingen, meetwaardeveranderingen etc. dienen via het telecommunicatiesysteem te worden overgebracht naar de centrale computereenheid. Anderzijds moeten de commando's van de centrale computereenheid via het telecommunicatiesysteem worden overgebracht naar de elektrotechnische installatie van de rioolgemalen. Bij de nog te bouwen rioolgemalen is met deze aspecten bij het ontwerp reeds rekening gehouden. Voor het merendeel was echter sprake van reeds bestaande gemalen. Aanpassing van de elektrotechnische installatie bleek in alle gevallen noodzakelijk.

3.2.2. Telecommunicatiesysteem

Het telecommunicatiesysteem draagt zorg voor de wederzijdse gegevensoverdracht tussen de centrale computer en de elektrotechnische installatie in de gemalen. Het telecommunicatiesysteem bestaat uit een netwerk met vaste PTT-lijnverbindingen en een netwerk met PTT-kiesverbindingen (zie afb. 2). Het netwerk met vaste

lijnverbindingen is opgebouwd met behulp van:

- 14 Geadat 81-8 onderstations;
- modem met lijnaankoppeling;
- 3 vaste PTT-lijnen;
- Geadat 81-8 centrale (USSI).

Voor de kiesverbindingen is de volgende apparatuur toegepast:

- 12 Geatrans 23 onderstations;
- 2 lijnkiesers;
- GT 23 centrale.

Een overzicht van het telecommunicatie-netwerk kan worden ontleend aan tabel I en afb. 1.

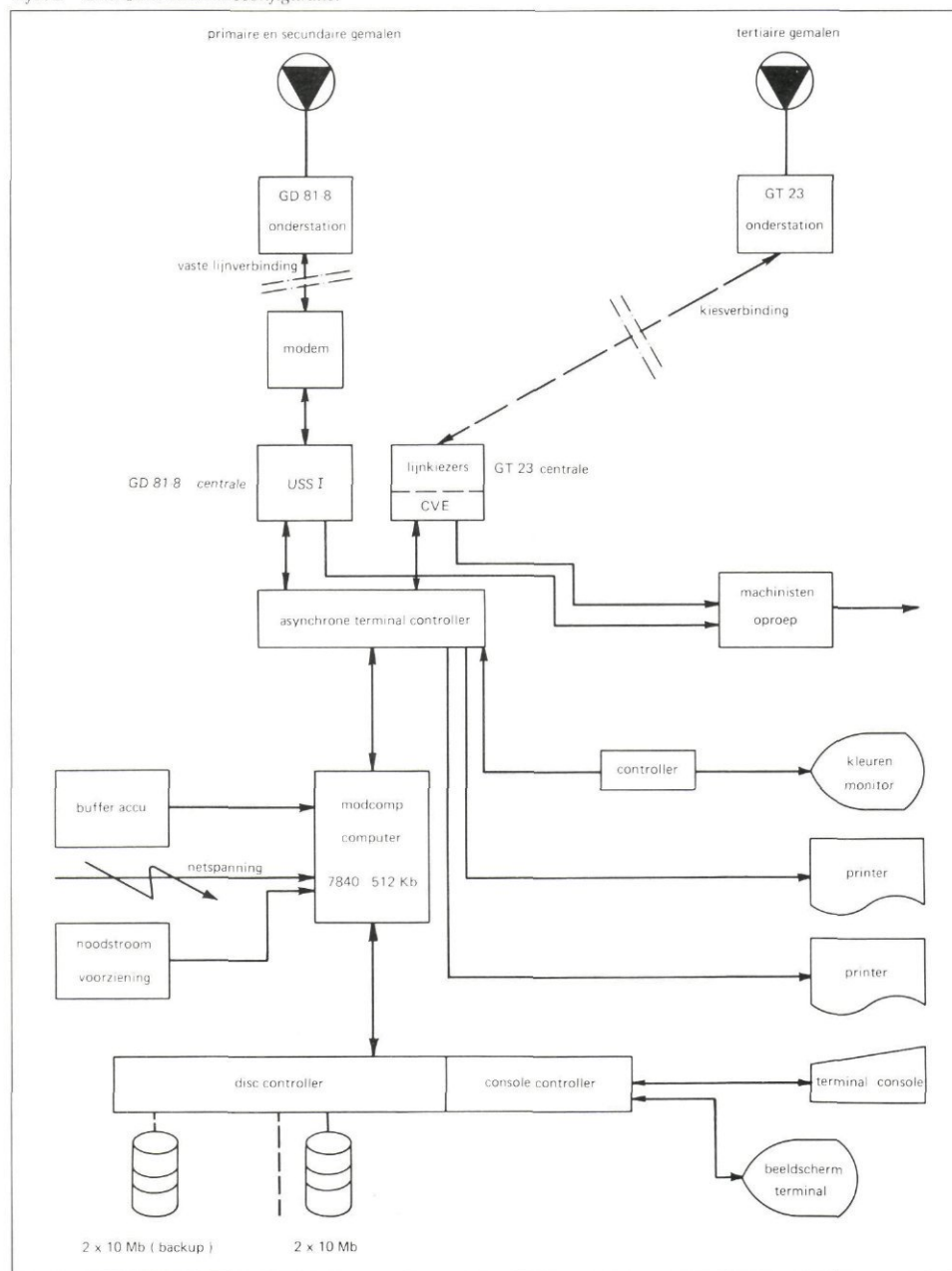
De Geadat 81-8 onderstations beschikken over een geheugen waarin meetwaarden en meldingen worden opgeslagen. Op initiatief van de centrale computer vraagt de Geadat

81-8 centrale met een cyclustijd van 10 - 20 s deze onderstations af. De gegevensoverdracht is beperkt tot toestandsvariabelen die ten opzichte van de vorige cyclus zijn veranderd. Deze cyclus kan worden onderbroken voor bevelsuitgiften. De bevelsuitgifte is afhankelijk van de beslissingen van de besturingsprogramma's.

Een kiesverbinding wordt alleen tot stand gebracht wanneer dit vanuit de besturingsfuncties noodzakelijk is. Het initiatief kan daarbij uitgaan van het Geatrans 23 onderstation in het rioolgemaal danwel vanuit de GT 23 centrale op bevel van het centrale computersysteem.

De Geadat 81-8 centrale en de GT 23 centrale zijn geïnstalleerd in het bedieningsgebouw van de rwzi Wervershoof. De onderstations van het type Geadat 81-8

Afb. 2 - Overzicht hardwareconfiguratie.

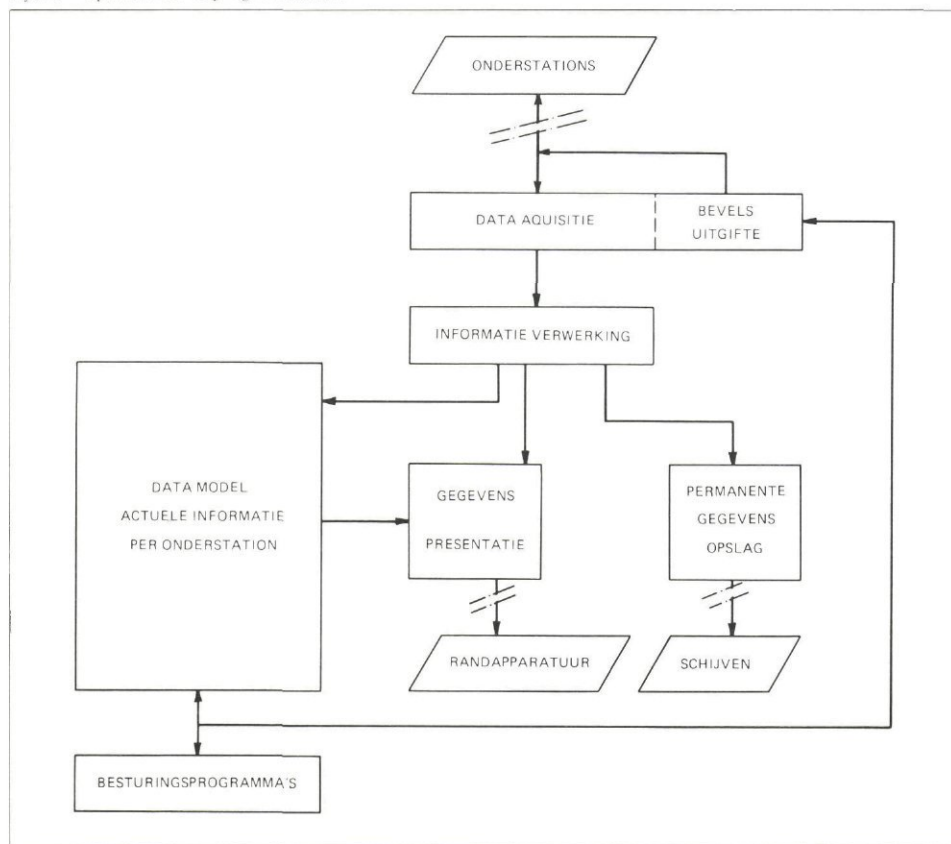


variabelen en de verwerking hiervan door het computersysteem zeer klein is. Dit stelt hoge eisen aan de programmatuur.

Een bijzondere plaats wordt ingenomen door de data-acquisitie-programmatuur die via de centrales de dialoog met de onderstations verzorgt (zie afb. 3). Bij wijziging van toestandsvariabelen, meetwaarden, etc., wordt dit doorgegeven aan informatie-verwerkingsprogrammatuur, die zorgdraagt voor vertaling en opslag van de informatie in het datamodel.

Kenmerk van het datamodel is dat dit altijd de meest actuele informatie bevat. Voor zover dit van belang is wordt de recent binnengekomen informatie direct gepresenteerd (bijvoorbeeld storingsmeldingen) en/of opgeslagen op het schijfgeheugen. Naast bovengenoemde software zijn de besturingsprogramma's die zorgdragen voor de eigenlijke besturing te onderscheiden. Deze besturingsprogramma's maken gebruik van de informatie die is opgeslagen in het datamodel. De besturingsprogramma's kunnen worden onderscheiden in programmatuur voor besturing in droogweersituaties, meer uitgebreide programmatuur voor besturing bij regenwaterafvoer en een tijdbewakingssysteem. De besturingsprogrammatuur geeft de resultaten van de diverse berekeningen en prioriteitsafwegingen door naar de programmatuur die zorgdraagt voor bevelsuitgifte. De besturings-

Afb. 3 - Opbouw van de programmatuur.



programmatuur wordt via een vooraf ingestelde cyclus geactiveerd. Voorts is de nodige programmatuur geïnstalleerd die de gebruiker in staat stelt een gebruikersvriendelijke dialoog te voeren met het besturingssysteem, zoals het opvangen van bedrijfsgegevens en het invoeren van wijzigingen ten aanzien van het te besturen systeem.

3.4. Bijzondere voorzieningen

Gelet op de betekenis van het besturingssysteem is een aantal voorzieningen getroffen ten behoeve van de bedrijfszekerheid zoals:

- een noodstroomvoorziening voor het centrale computersysteem;
- overspanningsbeveiliging van het computersysteem en de onderstations;
- airconditioning in de ruimte waar de computer staat opgesteld;
- dubbel uitgevoerde schijfveerigheid;
- watch-dog-relais in de onderstations, waardoor bij uitval van de communicatie tussen gemaal en centrale computer (om wat voor reden dan ook) het gemaal terugvalt in een afvoertechisch veilige paraat- resp. niet-paraatschakeling van de pompen in de rioolgemalen.

4. Uitvoering van het project

Voor aan de uitvoering van het project voorafgaande studies en voor het opstellen van het functioneel ontwerp en de systeemspecificaties, alsmede voor ontwikkeling en

implementatie van de besturingsprogramma's verleende het Hoogheemraadschap opdracht aan DHV Raadgevend Ingenieursbureau BV. Tevens verzorgde DHV de directie en het toezicht op de uitvoering. Aan AEG Telefunken Nederland NV werd opdracht verleend voor de levering en installatie van de hardware en de programmatuur ten behoeve van de data-acquisitie, -verwerking en -presentatie. De aanpassing van de elektro-technische installatie in de gemalen werd opgedragen aan ETB van der Veer BV. Een bijzonder aspect vormde het testen van hardware en software. Hierbij is gebruik gemaakt van een speciaal voor dit doel ontwikkelde simulatie-eenheid waarmee het gedrag van een vijftal gemalen kon worden gesimuleerd.

5. Nabeschuiving

Het besturingssysteem Wervershoof is in juli 1983 in bedrijf gesteld en is sedertdien vrijwel ononderbroken operationeel. Het systeem beantwoordt naar volle tevredenheid aan de gestelde verwachtingen. De controle van het systeem wordt verzorgd door het personeel van de rwzi Wervershoof. Daarnaast is door het Hoogheemraadschap een functionaris belast met het beheer en onderhoud van het systeem. Het besturingssysteem Wervershoof wordt gekenmerkt door een geïntegreerde toepassing van kennis op het gebied van riolering, stedelijke hydrologie, elektro-techniek, automatisering en informatie-verwerking. Deze bundeling en integratie van kennis heeft geleid tot een veelbelovende, economisch verantwoorde, toepassing van moderne technische hulpmiddelen in een tot nu toe conventionele omgeving. Een goede samenwerking tussen medewerkers van opdrachtgever, ingenieursbureau en systeemleverancier is daarbij van essentiële betekenis gebleken.

Literatuur

1. Bakker, K., Hartong, H. en Walter, J. (1983). *Verschillen in neerslaghoogte en de invloed op de benodigde capaciteit van rwzi's*. H₂O (16), 1983, nr. 1, blz. 17-21.
2. Bakker, K., Hartong, H. en Bentschap Knook, L. (1984). *Computergesteunde besturing van rioolgemalen in Westfriesland-Oost (1)*. H₂O (17), 1984, nr. 10, blz. 204-217 en 218.

H₂O (17) 1984, nr. 00: 000

U.D.C. 628.2 + 627.534-52(492.626) : 681.3

H. J. G. HARTONG, C. G. VAN DER POLL
and J. A. SURINK:

Computersystem for the management and control of sewage pumping stations in the Westfriesland region (2)

The waste water from the Westfriesland region in the Netherlands is treated in the central waste water treatment plant Wervershoof. The waste water, mostly from combined sewer systems, is transported to the treatment plant by means of a network of pumping stations and pressure mains. This network is controlled and operated