

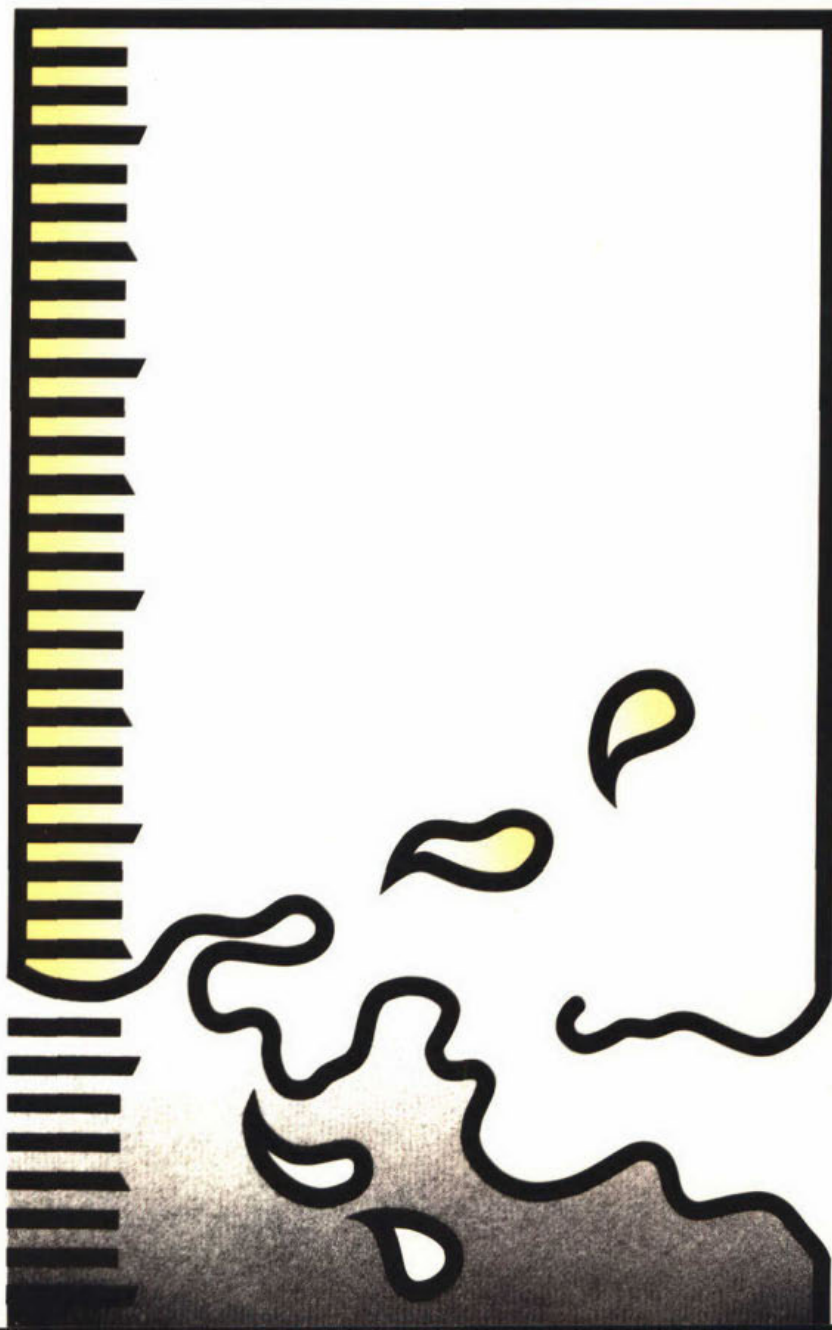
B10_automatisering-van-de-waterbeheersing

10

Automatisering van de waterbeheersing

Symposium en lezingenmiddagen

onder redactie van: ir. A.H. Lobbrecht
ir. P.P. Verbrugge



KIVI

stowa

Stichting Toegepast
Onderzoek Waterbeheer

Automatisering van de Waterbeheersing

Symposium en lezingenmiddagen

onder redactie van: ir. A.H. Lobbrecht
 ir. P.P. Verbrugge

STOWA rapporten nummer 10
Utrecht, januari 1995

ISBN: 90.74476.20.1

Trefwoorden: waterbeheer, automatisering, meten, data-transmissie,
registreren, verwerken

Deze publikatie is te bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281, 2700 AC Zoetermeer
Telefoon: 079 611188
Telefax: 079 613927

Ten geleide

Het symposium "Automatisering van de waterbeheersing" is georganiseerd door de werkgroep "Automatisering in het waterbeheer" van het KIVI / KGVl, in samenwerking met de STOWA.

Het symposium vormt de afsluiting van een door de werkgroep georganiseerde lezingencyclus. Voorafgaand aan het symposium zijn er in een periode van anderhalf jaar, vier lezingenmiddagen gehouden. De opzet was kleinschalig en bedoeld om kennisuitwisseling over automatisering van de waterbeheersing mogelijk te maken. De middagen richtten zich op circa 50 deelnemers uit de wereld van het waterbeheer. Dit aantal werd bij alle bijeenkomsten ruim overschreden, mede dankzij het enthousiasme van de sprekers en de gastvrijheid van de waterschappen waar de lezingenmiddagen werden gehouden.

Geconfronteerd met de respons, zijn de samenvattingen van de bijeenkomsten gepubliceerd in "Het Waterschap". Deze samenvattingen en de artikelen behorend bij het afsluitende symposium, zijn gebundeld in het voorliggende boekje.

Graag bedanken wij de dagvoorzitters en sprekers van de lezingenmiddagen voor hun inzet.

Arnold Lobbrecht
Peter Paul Verbrugge
Toon Segeren
Ludolph Wentholt

januari 1995

Inhoud

Voorwoord	1
1 Technische automatisering bij regionale waterbeheerders: een enquête	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Meten	3
1.3 Data-transmissie	6
1.4 Gegevenscontrole, verwerking en gebruik	7
1.5 Sturing	10
1.6 Uitgaven voor automatisch meten	10
1.7 Conclusies	12
2 Meten: de bepaling van debieten in open waterlopen	15
2.1 Inleiding	15
2.2 Handboek debietmeten in open waterlopen	16
2.3 Debietmeetmethoden	17
2.4 Stuwen voor de bepaling van debieten	18
2.5 Nauwkeurigheid en selectie	19
2.6 Aanbevelingen bij inrichting en beheer	19
3 De Digitale Waterweg	21
3.1 Inleiding	21
3.2 Land Water Impuls programma	22
3.3 De Digitale Waterweg	23
3.4 De betekenis voor de gebruikers	26
4 Van data naar informatie	27
4.1 Inleiding	27
4.2 Data-kwaliteit	28
4.3 Data-controle	30
4.4 Data-assimilatie	31
4.5 Data-correctie	33
4.6 Data-opslag, verdichting en reductie	34
4.7 Tenslotte	35
5 De informatiebehoefte van een waterbeheerder: ontwikkelingen bij Delfland	37
5.1 Inleiding	37
5.2 Verzamelen en verwerken van gegevens tot nu toe	38
5.3 Huidige en toekomstige registratie van gegevens	39
5.4 Waarom gegevens verzamelen	43
5.5 Bewerken, verwerken en aggregeren van de gegevens	45
5.6 Ervaringen uit de praktijk	45

6	Sturing op waterkwaliteit?	49
	De verversing van de stadsboezem van Amsterdam	49
6.1	Inleiding	49
6.2	Onderzoek Stadsboezem Amsterdam	50
6.3	Proef aanpassing verversingsregime	51
6.4	De toekomst	54
7	BEBOP: beoordelen en beslissen in het operationele waterbeheer	55
7.1	Inleiding	55
7.2	Conflicterende en concurrerende belangen	56
7.3	Uitgangspunten	56
7.4	De werking	57
7.5	De ontwikkeling van een complex systeem	58
7.6	Conclusie	59
8	Automatische peilbeheersing (eerste lezingenmiddag)	61
8.1	Computergestuurd boezembeheer te Nieuwe Statenzijl	61
8.2	Automatisering van de bemaling in de Noordoostpolder	64
8.3	Automatische stuwen in Salland	67
9	Meetnetten voor operationeel waterbeheer (tweede lezingenmiddag)	71
9.1	Kwantiteitsmeetnet Friese Boezem	71
9.2	Primair meetnet Roer en Overmaas	74
9.3	Monitoring Systeem Water	78
10	Automatische sturing van watersystemen (derde lezingenmiddag)	81
10.1	Automatisering gemalen; van planvorming tot uitvoering	81
10.2	Geautomatiseerde bemaling in Zuidelijk en Oostelijk Flevoland; ervaringen met een centraal gestuurd systeem	85
10.3	Sturing en betrokkenheid, automatisering van het waterbeheer op rivier de Linge	88
11	Van meten tot geautomatiseerd verwerken (vierde lezingenmiddag)	91
11.1	Meetplan waterbeheer Zeeuwsch-Vlaanderen	91
11.2	Gegevens verwerken en bewerken, een proces in ontwikkeling	94
11.3	SCARK, een geautomatiseerd systeem voor het waterbeheer	97
12	Auteursindex	101

Voorwoord

Metten is weten.

Onder dit motto zetten ouders hun kinderen op gezette tijden tegen de muur om ter hoogte van hun kruin een streepje op het behang te plaatsen, met daarnaast de naam van het kind en de datum. Deze registratie levert op den duur het overtuigende bewijs dat Pietje en Marietje vorderingen maken op de weg naar volwassenheid. De aldus verzamelde gegevens kunnen echter nauwelijks als sturingsmiddel worden gebruikt, terwijl het beheer van deze registraties pas aandacht behoeft wanneer de kamer aan een nieuw behangetje toe is.

De succesvolle lezingencyclus over automatisering van de waterbeheersing, gehouden in 1993 en 1994 en het afsluitende symposium op 19 januari 1995, leiden tot bezinning wat betreft de aanleiding tot- en zin van- het verzamelen van meetgegevens.

Metten moet niet gebeuren omwille van het meten zelf, zeker niet nu geavanceerde technieken op dat gebied bijkans onbeperkte mogelijkheden aanreiken. De explosieve groei in meet- en verwerkingsmogelijkheden leidt thans nogal eens tot een discrepantie tussen mogelijkheden en nut van gegevensverzameling.

In de praktijk blijkt tot dusver het beleid aanzienlijk minder baat te hebben bij de in het waterbeheer verzamelde meetgegevens dan het operationele beheer. Voor beleidsvorming is er behoefte aan het omwerken van meetgegevens tot relevante informatie. Dat is nog eens gebleken tijdens de lezingencyclus. Hiervoor bestond vooral veel belangstelling bij degenen die met het operationele beheer bezig zijn en veel minder bij de beleidsmakers in het waterbeheer.

De werkgroep Automatisering van de KIVI-afdeling voor Waterbeheer en de STOWA kunnen als organisatoren terugzien op een zeer geslaagde reeks van activiteiten. De grote opkomst, de gemotiveerdheid van de inleiders en de brede scope van hun voordrachten smaken naar meer.

Ik beschouw het als een eer een paar inleidende woorden bij deze verzameling te mogen noteren. Ongetwijfeld zult u er geen spijt van hebben deze voordrachten (nog eens) te bestuderen.

Beschouwt u dit boekje als een volgend streepje op het behang, onderweg naar volle wasdom van het Nederlandse waterbeheer.

ir. J.H. van der Vliet

Voorzitter KIVI-afdeling voor Waterbeheer

Dijkgraaf Hoogheemraadschap Amstel en Vecht

1 Technische automatisering bij regionale waterbeheerders: een enquête

ir. A.H. Lobbrecht DHV Water BV
dr.ir. A.G. Segeren Waterschap Roer en Overmaas
ir. P.P. Verbrugge Heemraadschap Fleverwaard
ir. L.R. Wentholt STOWA

De auteurs zijn lid van de KIVI werkgroep automatisering in het waterbeheer

1.1 Inleiding

Dit artikel is de verslaglegging en analyse van de resultaten van een onder regionale waterbeheerders gehouden enquête over meten, data-transmissie en gegevensverwerking.

Het doel van de enquête was het vaststellen van de huidige automatiseringstoestand en het schetsen van de huidige en verwachte ontwikkeling van automatisering bij deze waterbeheerders.

Op de enquête hebben waterschappen (52), all-in-waterschappen (5), zuiveringschappen (2) en één gemeente met een waterbeheersingstaak, gereageerd.

De in de tekst genoemde gemiddelden zullen over het algemeen aan de hoge kant zijn, omdat bij de bepaling van de gemiddelden de waterbeheerders die de betreffende vraag niet hebben beantwoord buiten beschouwing zijn gelaten. Bovendien kan er van worden uitgegaan dat met name die waterbeheerders die actief zijn op het gebied van automatisering, op de enquête hebben gereageerd, hetgeen de resultaten eveneens in positieve zin kan hebben beïnvloed.

De in dit artikel genoemde metingen hebben uitsluitend betrekking op oppervlaktewater en grondwater; waarnemingen in bijvoorbeeld rioleringen waren geen onderdeel van de enquête.

Indien in de tekst wordt gesproken over een automatische meting of geautomatiseerde verwerking, wordt bedoeld: het via elektronische weg verkrijgen van resultaten, zowel op digitale als op analoge wijze.

1.2 Meten

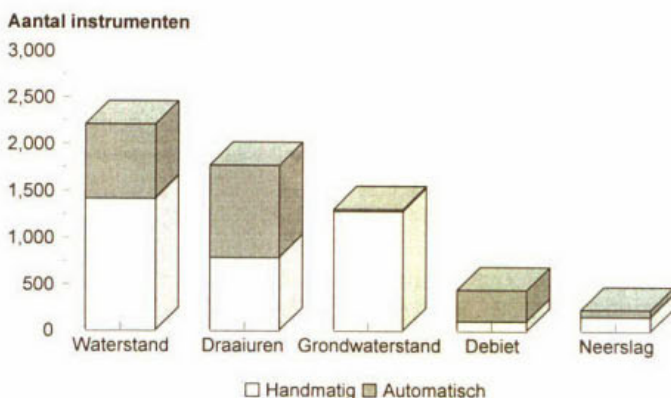
Eén van de vragen van de enquête betrof het aantal metingen dat bij de waterbeheerders wordt uitgevoerd. Afbeelding 1 geeft de totalen van de meest uitgevoerde metingen, namelijk: waterstanden, draaiuren van gemalen, grondwaterstanden,

debeten in oppervlaktewater en neerslag. De totalen zijn zowel voor handmatige als voor geautomatiseerde metingen weergegeven.

Wat in de afbeelding opvalt, is het hoge aantal waterstandsmetingen, met een gemiddelde van circa 60 per waterbeheerder, waarvan er circa 20 op automatische wijze worden verkregen.

Zoals later zal blijken, is het grote aantal automatische metingen voor het bijhouden van draaiuren op gemalen een maat voor de automatiseringsgraad van deze objecten. In vergelijking met de overige metingen is het aantal neerslagmetingen beperkt. In absolute zin echter, zijn er circa zes van deze metingen per waterbeheerder, waarvan er twee zijn geautomatiseerd. Deze metingen worden gebruikt voor het operationele waterbeheer en voor het opstellen van waterbalansen. Geautomatiseerde neerslagmetingen kunnen worden gebruikt bij de besluitvorming over het inzetten van waterbeheersingswerken, zoals gemalen, stuwen, inlaten en sluizen. Het relatief hoge aantal automatische neerslagmetingen opent mogelijkheden voor geautomatiseerd peilbeheer, waarbij de neerslag-afvoerwachting wordt betrokken in de operationele besluitvorming.

Grondwaterstandsmetingen worden praktisch alle handmatig uitgevoerd; in totaal worden door de geëquippete waterbeheerders slechts 16 grondwaterstandsmetingen automatisch uitgevoerd. Een zeer groot gedeelte van de uitgevoerde debietmetingen daarentegen wordt juist wel automatisch uitgevoerd.

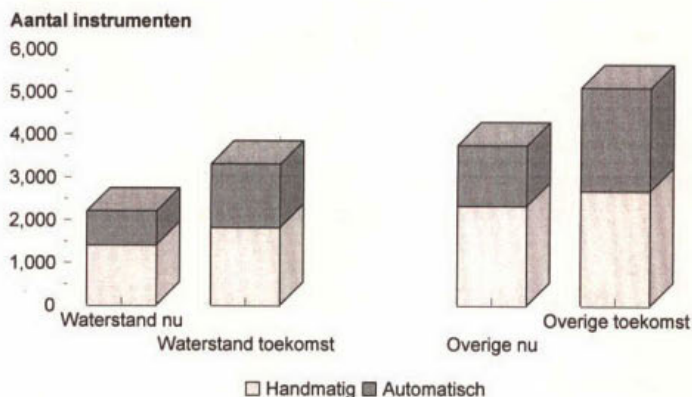


Afbeelding 1. Verdeling van de huidige metingen in het waterbeheer.

In Afb. 2 is het aantal thans uitgevoerde metingen, samen met het aantal geplande metingen, over een periode van vijf jaar weergegeven. Voor de waterstandsmetingen zijn deze aantallen apart aangegeven. De geplande uitbreidingen van de meetactiviteiten betreffen, voor zowel de waterstandsmetingen als de overige metingen hoofdzakelijk automatische metingen.

Voor een deel zullen de genoemde uitbreidingen een vervanging van de bestaande handmatige metingen zijn. De geëquippete waterbeheerders is niet gevraagd aan te

geven of de uitbreiding van geautomatiseerde metingen in werkelijkheid een vervanging van handmatige metingen is. Het is aannemelijk dat in de toekomst vooral een overgang van handmatig naar geautomatiseerd meten zal plaatsvinden. Uit het onderzoek blijkt voorts een geringe stijging van het aantal automatische grondwaterstandsmetingen met 52.



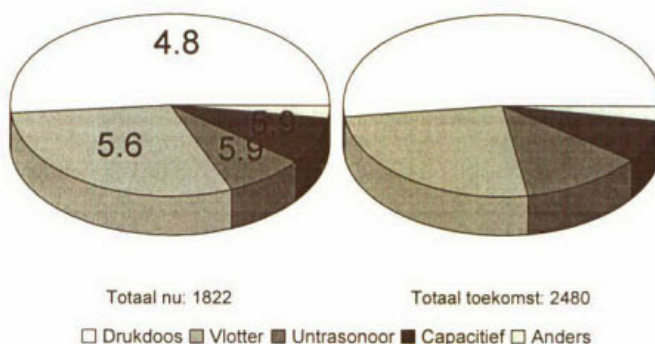
Afbeelding 2. Ontwikkelingen in het meetinstrumentarium.

In Atb. 3 zijn voor de automatische waterstandsmetingen de verdeling in de gebruikte instrumenten en de geplande situatie over vijf jaar aangegeven. Voor de huidige situatie zijn tevens waarderingen (1 t/m 10) gegeven voor de mate waarin de gebruikte instrumenten voldoen aan de gestelde eisen. Opvallend is dat men over het algemeen niet erg tevreden is over het functioneren van de gebruikte instrumenten. Veel instrumenten geven bij toepassing in oppervlaktewater nog vaak problemen. Zowel in de huidige situatie als in de toekomst (tussen nu en vijf jaar) blijven de drukdoos en de vlotter de meest gebruikte instrumenten voor het verrichten van waterstandsmetingen.

De geënquêteerde waterbeheerders zijn blijkbaar van mening dat alternatieven voor de genoemde instrumenten ontbreken of niet beter zullen functioneren; de geplande verdeling over de diverse meetinstrumenten blijft in de toekomst nagenoeg gelijk.

Van de slechtst beoordeelde meting, de drukdoos, is het dan ook opvallend dat er verhoudingsgewijze eerder een toename dan een afname in aantal is te verwachten de komende jaren. Dit houdt in dat de leveranciers van met name drukdozen, zich de komende tijd de nodige inspanningen zullen moeten getroosten om te komen tot bedrijfszekere instrumenten en opstellingen.

Naast de waterkwantiteitsmetingen worden er door 25% van de geënquêteerde waterbeheerders ook automatische waterkwaliteitsmetingen in situ uitgevoerd. Het gemiddelde van twee automatische waterkwaliteitsmetingen per waterbeheerder geeft aan dat deze ontwikkeling nog in een beginfase staat ten opzichte van waterkwantiteitsmetingen. In hoofdzaak worden elektrisch geleidingsvermogen, temperatuur en zuurstofgehalte gemeten.



Afbeelding 3. Ontwikkeling van de waterstandsmeting.

Het opstellen van een meetplan wordt door alle waterbeheerders als een belangrijke activiteit gezien. Hebben nu nog 50% van de waterbeheerders een meetplan beschikbaar, alle geënquêteerde waterbeheerders zijn voornemens de komende vijf jaar een dergelijk plan op te stellen.

1.3 Data-transmissie

Gegevens voor het operationele waterbeheer komen veelal van geografisch sterk uiteenliggende lokaties. Werden deze gegevens voorheen vrijwel uitsluitend door mensen in het veld (zoals machinisten van gemalen) verzameld, met de toenemende automatisering van objecten loopt deze taak sterk terug. Hierdoor moet op de plaatsen waar voorheen nog een machinist kwam, een station worden geplaatst dat de nodige gegevens registreert.

Zoals uit Afb. 4 blijkt, worden lokaal geregistreerde gegevens vrijwel altijd via het telefoonnet naar een centrale lokatie verstuurd. Dit kan via een huurlijn of een kieslijn.

Gegevens die via een huurlijn naar een centrale worden verzonden, worden veelal direct verstuurd, zonder lokale opslag. Gegevens die via een kieslijn worden verstuurd, worden vrijwel altijd eerst lokaal opgeslagen. Het relatief grote aantal kieslijnen hangt waarschijnlijk samen met het feit dat de kosten voor dit type verbinding, bij het eenmaal per dag versturen van gegevens, aanzienlijk lager zijn dan de kosten voor een huurlijn. De geënquêteerde waterbeheerders beoordelen zowel de kieslijn als de huurlijn als goed.

Worden meetgegevens gebruikt voor directe sturing, dan is een huurlijn echter vrijwel onontbeerlijk.

Door de geënquêteerden zijn als andere vormen van data-transmissie nog genoemd: radioverbinding, portable PC en op te halen geheugen-cards. Zoals uit Afb. 4 blijkt, wordt hiervan slechts sporadisch gebruik gemaakt.



Afbeelding 4. Media voor data transmissie.

1.4 Gegevenscontrole, verwerking en gebruik

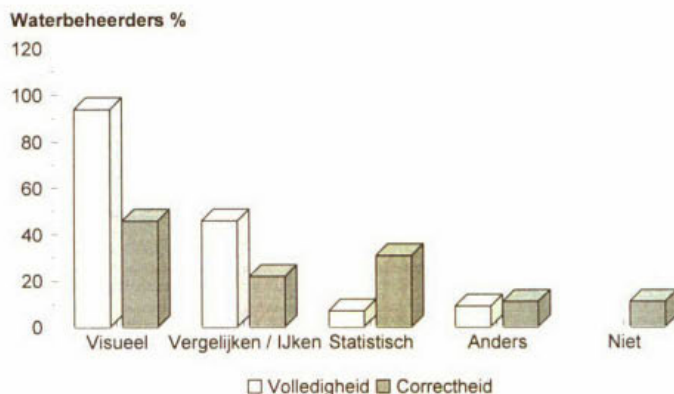
Om een indruk te krijgen van de mate waarin de waterbeheerders inspanningen verrichten voor het verkrijgen van betrouwbare meetgegevens, kreeg men de vraag voorgelegd hoe de ingewonnen gegevens worden gecontroleerd op volledigheid en correctheid. Met name sturing op basis van meetwaarden stelt hoge eisen aan de betrouwbaarheid van meetgegevens.

Onder volledigheid wordt het feit verstaan, of alle automatisch te verzamelen gegevens ook daadwerkelijk zijn binnengekomen op bijvoorbeeld een centrale post. Onder correctheid wordt de juistheid verstaan van een gegeven, bijvoorbeeld gezien de omstandigheden van het watersysteem waar gemeten is, de toestand van naburige metingen en het gemiddelde.

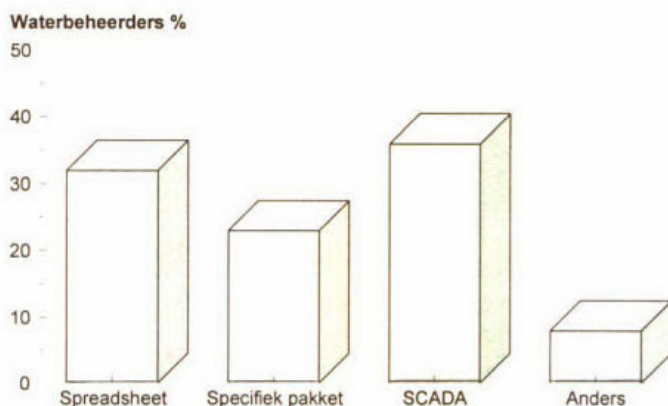
Uit Afb. 5 blijkt dat vrijwel alle geënquêteerde waterbeheerders een visuele controle uitvoeren op volledigheid. Een systematische vergelijking met andere meetpunten, of statistische analyse, wordt naar verhouding weinig uitgevoerd.

De controle op correctheid is over het algemeen lastiger uit te voeren dan de controle op volledigheid. Een meetinstrument kan immers in de loop van de tijd langzaam een systematische afwijking krijgen. Dit is wellicht de reden dat voor deze controle vaker statistische technieken worden ingezet.

Praktisch alle geënquêteerde waterbeheerders maken gebruik van een softwarepakket voor de verwerking van automatisch en handmatig ingewonnen gegevens. Zoals later zal blijken, worden de gegevens in hoofdzaak gebruikt voor het operationele beheer. Om dit te ondersteunen, worden de gegevens in rapporten en grafieken verwerkt.



Afbeelding 5. Gegevenscontrole (meer controle-vormen per waterbeheerder zijn mogelijk).



Afbeelding 6. Gebruikte software voor gegevensverwerking.

Afbeelding 6 geeft een overzicht van het software-gebruik voor gegevensverwerking. Circa 40% van de ondervraagde waterbeheerders gebruiken eigen software voor de verwerking van gegevens, waarbij naar verhouding vaak spreadsheets worden toegepast. Voorts wordt gebruik gemaakt van specifieke software hiervoor, die wordt geleverd door ingenieursbureaus en software-leveranciers die zich richten op de waterbeheersingssector. Deze software wordt gebruikt voor analyse en presentatie van gegevens. Tenslotte wordt een aanzienlijk deel van de gegevens verwerkt met

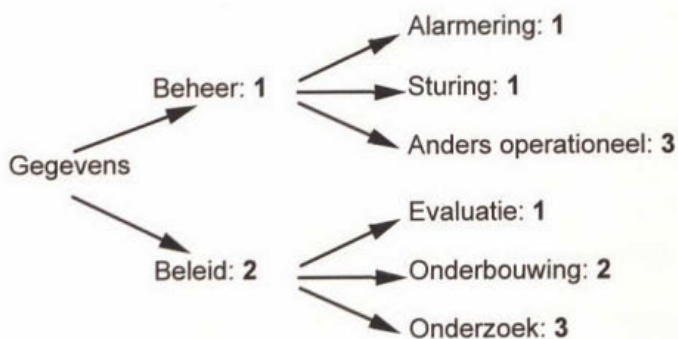
SCADA-software (Supervisory Control and Data Acquisition), welke in eerste instantie is bedoeld voor het beheersen van on-line processen.

Om inzicht te krijgen in het gebruik van de verzamelde meetgegevens, werd in de enquête gevraagd de mate van gebruik van gegevens voor beheer en beleid aan te geven en de prioriteit in gegevensgebruik: hoogste prioriteit 1, minder belangrijk 2 en laagste prioriteit 3.

Afbeelding 7 geeft een schema van de vormen van gegevensgebruik. Het schema is een compilatie van uiteenlopende prioriteiten-toekenningen, maar geeft wel het beeld dat van circa 70% van de geënquêteerden werd verkregen.

Uit analyse blijkt dat de hoogste prioriteit wordt toegekend aan het gebruik van de gegevens voor het operationele beheer van het watersysteem en dat de gegevens in beduidend mindere mate worden gebruikt ten behoeve van het beleid. Bij het operationele beheer ligt de hoogste prioriteit bij alarmering, in geval van ontoelaatbare situaties van het watersysteem / storing en voorts bij sturing.

Als gegevens worden gebruikt voor de bepaling van het beleid, worden ze in de eerste plaats gebruikt om het gevoerde waterbeheer te evalueren. Op de tweede en derde plaats komen de onderbouwing van het te voeren beleid en het gebruik van gegevens voor onderzoek.



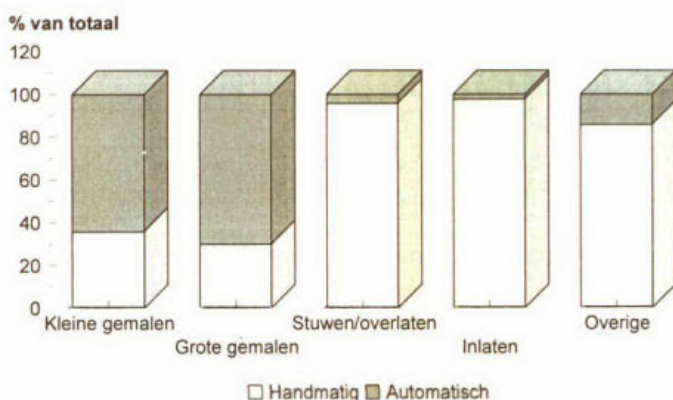
Afbeelding 7. Beoordeling gegevensgebruik (1 = hoogste prioriteit).

1.5 Sturing

Automatisering ten behoeve van sturing van watersystemen wordt door verschillende van de geënquêteerde waterbeheerders uitgevoerd. De vraag in de enquête of de geautomatiseerde systemen lokaal of centraal worden gestuurd, leidde tot interpretatieverschillen; daarom is in het onderstaande dit onderscheid niet meer gemaakt.

In Afb. 8 zijn verschillende waterbeheersingswerken weergegeven, met de mate waarin deze zijn geautomatiseerd. Uit de afbeelding blijkt dat kleine gemalen (capaciteit van 1 m³/s en minder) en grote gemalen, in vergelijkbare mate zijn geautomatiseerd. Het hoge percentage automatische metingen voor het bijhouden van draaiuren van gemalen (Afb. 1) blijkt sterk gerelateerd te zijn aan het aantal geautomatiseerde gemalen.

De automatiseringsgraad van stuwen en inlaten is het laagst. Wel dient hierbij in beschouwing te worden genomen dat verschillende waterbeheerders 300 of meer van deze beheersingsinstrumenten hebben en dat het absolute aantal geautomatiseerde stuwen en inlaten daarom nog redelijk groot kan zijn.



Afbeelding 8. Automatiseringsgraad van waterbeheersingswerken.

1.6 Uitgaven voor automatisch meten

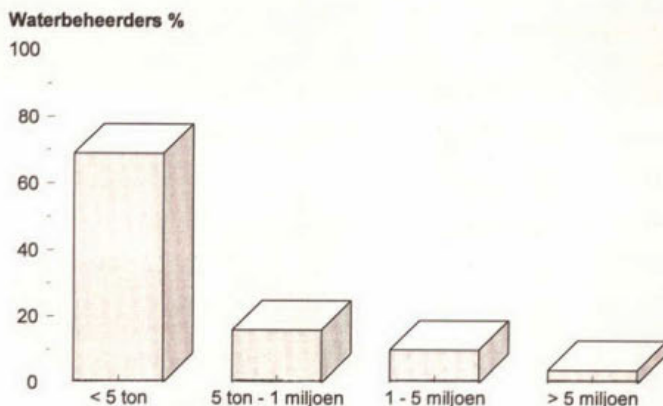
De waterbeheerders is gevraagd naar de investeringskosten voor automatisch meten tot nu toe. Ter oriëntatie moet hierbij worden gedacht aan de uitgaven voor apparatuur en software van de afgelopen vijf tot zeven jaar.

Zoals uit Afb. 9 blijkt, zijn bij het merendeel van de waterbeheerders automatische metingen gerealiseerd met een totale kostenomvang beneden 500.000 gulden.

Wellicht heeft een aantal waterbeheerders investeringen gedaan in het kader van automatisering van waterbeheersingswerken en sturing, waarbij wel is geïnvesteerd in het meten, maar waarbij deze investeringen niet als zodanig zijn herkend of weergegeven. Enkele waterbeheerders blijken grote investeringen te hebben gedaan in het opzetten van meetnetten.

Voorts werd gevraagd naar het beheren van gegevens en de hierbij behorende inspanningen.

In Afb. 10 is de jaarlijkse inspanning gegeven die bij de ondervraagde waterbeheerders wordt verricht voor het beheer van gegevens. Er is onderscheid gemaakt naar:



Afbeelding 9. Uitgaven voor automatisering tot nu toe.

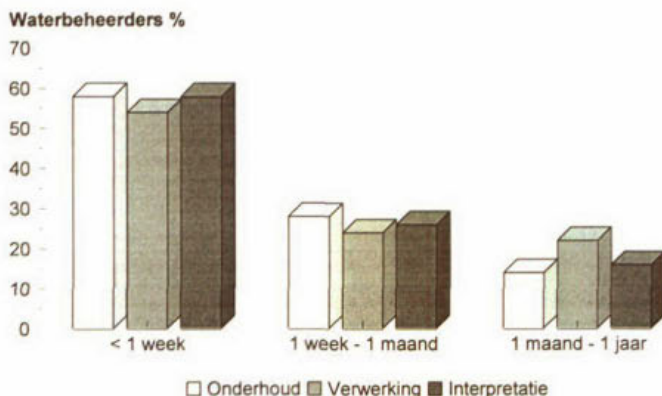
onderhoud, verwerking en interpretatie van gegevens. De totale geïnvesteerde tijd voor deze activiteiten blijkt voor de drie onderscheiden activiteiten vergelijkbaar in grootte.

De jaarlijkse inspanning is bij veel waterbeheerders voor alle drie categorieën beneden een week. Dit is nogal verwonderlijk gezien het grote aantal meetgegevens dat gemiddeld genomen jaarlijks dient te worden verwerkt.

Een aantal waterbeheerders gaf aan slechts enkele uren per jaar te besteden aan het beheer van gegevens. Gelet op de discrepantie tussen het aantal uitgevoerde metingen en de tijdsinvestering voor het beheer van deze gegevens, valt af te leiden dat de waterbeheerders of onvoldoende inzicht hebben in de tijd die daadwerkelijk wordt besteed aan het beheer van gegevens, of dat er in Nederland een aanzienlijke hoeveelheid gegevens onverwerkt en onbewerkt in de kast ligt.

Het feit dat gemiddeld genomen de waterbeheerders relatief weinig tijd besteden aan het beheer van gegevens, komt overeen met de uitkomst dat de meest uitgevoerde controles slechts visuele zijn (Afb. 5). Kennelijk worden vaak gegevens wel verzameld, maar niet of nauwelijks gecontroleerd. Geconcludeerd kan worden dat de hiervoor genoemde factoren een ontwikkeling naar het toepassen van automatische sturing in de weg kunnen staan.

Bij een toenemende inspanning ten behoeve van automatische sturing zal de inspanning voor het controleren van gegevens op volledigheid en correctheid moeten worden verhoogd. Het feit dat de waarderingen voor de gebruikte instrumenten (Afb. 3) voor waterstandsmetingen laag zijn, zou een extra reden voor deze verhoogde inspanning moeten zijn.



Afbeelding 10. Jaarlijkse inspanning voor het beheer van gegevens.

1.7 Conclusies

Uit het gehouden onderzoek blijkt dat er op grote schaal automatische metingen worden uitgevoerd binnen de beheersgebieden van de Nederlandse waterbeheerders. Het gemiddeld aantal geautomatiseerde meetpunten per geënquêteerde waterbeheerder bedraagt circa 60. Wordt het jaar 2000 als referentie genomen, dan kan worden bepaald dat op het moment het 75%-punt voor de aanschaf van meetsystemen is gepasseerd. Een belangrijk deel van de resterende toekomstige investeringen zal worden gevormd door vervanging van handmatige metingen door automatische.

Uit het onderzoek blijkt dat automatisering slechts op beperkte schaal wordt aangewend voor controle van gegevens op correctheid. Naar verwachting zal de toepassing van statistische technieken bij de overschakeling naar geautomatiseerde sturing toenemen, om zodoende meer zekerheid omtrent de betrouwbaarheid van meetgegevens te krijgen.

Er wordt bij het analyseren en beheer van gegevens naar verhouding veel gebruik gemaakt van in eigen beheer ontwikkelde software, waarbij het gebruik van spreadsheets aanmerkelijk is. Het verdient aanbeveling meer gebruik te maken van standaard software voor deze toepassing, dan wel de inspanningen op dit terrein te bundelen.

De prioriteit voor het gebruik van ingewonnen gegevens wordt door de geënquêteerde waterbeheerders gelegd op operationeel beheer, met grote nadruk op alarmering en sturing. In tweede instantie worden de gegevens gebruikt voor evaluatie van het gevoerde beheer en beleidsonderbouwing. Het is de verwachting dat deze situatie in de nabije toekomst zal veranderen, omdat door de toenemende aandacht voor geautomatiseerde sturing, de beheerder ook meer geïnteresseerd raakt in de effecten van deze sturing en de consequenties voor het waterbeheer op langere termijn.

Gelet op de ontwikkelingen, zowel op technisch als op organisatorisch gebied, valt te verwachten dat gegevens in toenemende mate ingezet zullen worden voor evalua-

tie en ondersteuning van beleid. Naast een verhoogde inspanning voor het beheer van gegevens, zal er daarom meer aandacht moeten worden besteed aan een goede presentatie van gegevens.

2 Meten: de bepaling van debieten in open waterlopen

ir. Z.C. Vonk

Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden

2.1 Inleiding

Van oudsher is de aandacht van waterbeheerders sterk gericht op de waterbeweging in open waterlopen. Deze belangstelling wordt enerzijds ingegeven door de veelheid van belangen die bij het waterbeheer een rol spelen en anderzijds de mogelijke sterke variaties in waterstanden en debieten. Daarnaast is de waterbeweging in open waterlopen en daarmee samenhangend, het transport van stoffen, van grote invloed op de kwaliteit van het oppervlaktewater.

Hydrologische grootheden zoals waterstanden en debieten, worden door de waterbeheerders sinds jaar en dag gemeten op belangrijke en representatieve lokaties in stroomgebieden en polders. Sinds het einde van de tachtiger jaren doet zich een ontwikkeling voor, waarbij individuele metingen worden opgenomen in een zogenaamd hydrologisch meetnet.

Een hydrologisch meetnet is een samenhangend netwerk van meetstations met behulp waarvan waterstanden, debieten, neerslaggegevens, windsnelheden en -richting, grondwaterstanden en waterkwaliteitsparameters, kunnen worden gemeten.

Een dergelijk integraal hydrologisch meetnet levert de benodigde informatie ten behoeve van het operationele beheer, hydrologisch onderzoek en het evalueren en ontwikkelen van beleid.

Daarnaast speelt de informatie afkomstig uit hydrologische meetnetten, een belangrijke rol in relatie tot de instrumenten uit de Wet op de Waterhuishouding, namelijk de meld- en registratieplicht, de vergunning, het peilbesluit, het beheersplan en het waterakkoord.

In Nederland is door zowel de Rijksoverheid, de provinciale diensten voor water en milieu, als de regionale waterbeheerders, veel ervaring opgedaan met het meten van waterstanden en debieten.

Van de diverse metingen is het meten van debieten zonder enige twijfel het meest gecompliceerd. De vele verschillende debietmeetmethoden en -instrumenten maken de keuze voor de meest geëigende methode, verre van eenvoudig. Voorts moet worden geconstateerd dat de uniformiteit binnen waterbeherend Nederland ten aanzien van de gebruikte debietmeetmethoden relatief gering is.

De inrichting van hydrologische meetnetten heeft in combinatie met de snelle ontwikkelingen in de technologie in het algemeen en de meetinstrumenten in het bijzonder, geleid tot de behoefte bij de waterbeheerders om te kunnen beschikken over goed gerubriceerde en inzichtelijke informatie over het meten en registreren van debieten in open waterlopen. Deze gesignaleerde behoefte is voor het bestuur van de STOWA aanleiding geweest opdracht te geven voor het opstellen van een "Handboek debietmeten in open waterlopen".

2.2 Handboek debietmeten in open waterlopen

Het "Handboek debietmeten in open waterlopen" beoogt uit de verspreid beschikbare kennis en ervaring op het gebied van debietmetingen in open waterlopen, de voor de Nederlandse situatie relevante methoden te bundelen en daarmee beter toegankelijk te maken voor de betrokken waterbeheerders. In het handboek worden alle voor het waterbeheer in Nederland relevante debietmeetmethoden beschreven, waarbij het accent ligt op de praktische toepasbaarheid.

Het handboek omvat tevens een beschrijving van de selectiecriteria die moeten leiden tot de keuze van de meest geschikte debietmeetmethode. Daarmee beoogt het uniformering te bewerkstelligen in de gebruikte meetmethoden.

Het beter toegankelijk maken van de beschikbare kennis en ervaring moet, in combinatie met het bevorderen van de uniformiteit in de gebruikte debietmeetmethoden, leiden tot efficiënt functionerende debietmeetstations.

Het meten van debieten is vrijwel altijd gerelateerd aan het meten van waterstanden. In vrij afstromende gebieden ligt het gecombineerd meten van debieten en waterstanden het meest voor de hand, vanwege de min of meer vaste relatie tussen beide grootheden. Maar ook in poldergebieden worden debieten en waterstanden in toenemende mate gecombineerd gemeten. Gezien het belang van betrouwbare waterstandsmetingen in relatie tot het meten van debieten, is in het handboek een afzonderlijk hoofdstuk gewijd aan het opnemen en vastleggen van waterstanden ten behoeve van debietmetingen.

Waterstanden worden gemeten door middel van sensoren, waarvan de meetgegevens worden verzameld door visuele waarneming ter plaatse, of worden vastgelegd met behulp van een zogenaamde recorder. In het handboek worden de navolgende sensoren behandeld: peilschalen, vlotterssystemen, drukopnemers, capacitieve elektroden en ultrasonore opnemers.

De hierboven genoemde sensoren kunnen, met uitzondering van de peilschaal, worden aangesloten op een recorder. Voor de vastlegging van de gemeten waterstanden kunnen zowel analoge als digitale recorders worden gebruikt. Bij de analoge recorders wordt de waterstand continu geregistreerd, terwijl bij de digitale recorders de waterstand met een bepaald tijdsinterval wordt vastgelegd. Van oudsher worden mechanische systemen gebruikt, terwijl tegenwoordig in toenemende mate elektronische systemen worden toegepast.

2.3 Debietmeetmethoden

Bij debietmetingen wordt onderscheid gemaakt tussen *incidentele* en *continue* meetmethoden. Incidentele debietmeetmethoden zijn gericht op het verkrijgen van informatie over debieten met een lage tot zeer lage frequentie.

Continue methoden daarentegen, zijn gericht op de behoefte aan continue informatie over debieten. Veelal worden incidentele debietmeetmethoden gebruikt voor de kalibratie van continue debietmeetmethoden. Zowel de incidentele als de continue debietmeetmethoden zijn indirecte meetmethoden, dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld het meten van waterstanden.

Incidentele debietmeetmethoden

Bij de incidentele debietmeetmethoden wordt op een bepaalde lokatie één meting uitgevoerd die in de regel een aantal uren meettijd vraagt en waarvan het resultaat slechts geldig is voor het tijdstip waarop de meting is uitgevoerd. Het meetresultaat bestaat uit één debiet met de daarbij behorende waterstand. Sporadisch komt het voor dat één incidentele meting reeds de gewenste informatie oplevert en derhalve op de betreffende lokatie geen aanvullende metingen meer behoeven te worden uitgevoerd.

In het merendeel van de gevallen zullen meer metingen worden uitgevoerd, maar dan op momenten waarop het debiet groter of kleiner is dan bij voorgaande metingen en bij voorkeur op momenten waarop de afvoer extreem hoog of extreem laag is. De tijd tussen twee opeenvolgende metingen kan daarbij variëren van enkele dagen tot enkele maanden. Op deze wijze ontstaat een meetreeks waaruit de afvoerrelatie van de betreffende lokatie kan worden afgeleid: het verband tussen het debiet en de waterstand over een bij voorkeur zo groot mogelijk bereik.

In het handboek worden de navolgende incidentele debietmeetmethoden behandeld:

- standaard velocity-area methode;
- aangepaste velocity-area methoden (moving-boat, deflectie- en drijfvermetingen);
- verhangmethode;
- verdunningsmethode.

Continue debietmeetmethoden

De meetfrequentie bij continue debietmeetmethoden wordt in principe bepaald door de variaties van het debiet in de tijd. Een veel gehanteerd meetinterval is 15 minuten, hoewel zowel hogere als lagere meetfrequenties even goed denkbaar zijn. In het handboek worden de volgende continue debietmeetmethoden behandeld:

- stage-discharge methode;
- akoestische methode;
- gemalen (vijzels of pompen);
- gestandaardiseerde meetstuwen;
- niet-gestandaardiseerde meetstuwen.

2.4 Stuwen voor de bepaling van debieten

Stuwen kunnen al naar gelang de functie worden onderscheiden in de hoofdgroepen: *regelstuw* met vaste of beweegbare kruin en *meetstuw* met vaste of beweegbare kruin.

Voor regelstuwen geldt dat tijdens het ontwerp het aspect van debietmeting niet centraal staat. Voor meetstuwen daarentegen geldt dat tijdens het ontwerp het aspect van debietmeten een primaire rol speelt bij de vormgeving van de stuw.

Meetstuwen kunnen worden geclassificeerd naar de vorm van de kruin en worden onderverdeeld naar de verschillende vormen van doorstromingsprofiel. Daarmee ontstaat de volgende classificatie:

- lange overlaten;
- scherpe overlaten;
- korte overlaten;
- meetgoten;
- onderwateropeningen.

Meetstuwen kunnen voorts worden onderverdeeld in gestandaardiseerde en niet gestandaardiseerde stuwen. Beide worden in het handboek behandeld.

In het handboek wordt speciale aandacht geschonken aan de problematiek van tot vispassages. Vanaf 1980 is in Nederland de aanleg van vispassages in kleine rivieren op gang gekomen. Vispassages worden gedefinieerd als waterbouwkundige constructies die, meestal aangelegd in een omleiding van de waterloop, de migratie van bepaalde categorieën vis weer mogelijk maken.

In Nederland is de bekkenvistrap met V-vormige overlaten een veel toegepaste vispassage in vrij afstromende waterlopen. De uitgangspunten voor het functioneren van een meetstuw of meetgoot zijn moeilijk verenigbaar met die van een vispassage. Immers, ten behoeve van vispassages zijn lage stroomsnelheden gewenst, terwijl ten behoeve van debietmetingen vaak hoge stroomsnelheden gewenst zijn.

Als is aangetoond dat de functies debietmeten en vispassage niettemin onverenigbaar zijn in één waterbouwkundige constructie, dan kunnen in bestaande situaties deze functies op één van de volgende manieren van elkaar worden gescheiden:

- De meet-/regelstuw behoudt zijn lokatie en het passeren van vis wordt gerealiseerd via een bypass, waarbij de volgende oplossingen mogelijk zijn:
 - een korte omleiding waarin een vistrap wordt ontworpen (de V-vormige bekkenvistrap is in 1990 gekalibreerd);
 - een langere omleiding zonder vistrap (ook wel nevengeul) waarvan het debiet globaal kan worden berekend.
- De passage wordt mogelijk gemaakt in de hoofdleiding door het opruimen van de meetstuw of meetgoot. Voor het meten van het debiet wordt een keuze gedaan uit één van de andere continue debietmeetmethoden onder inlevering van enige nauwkeurigheid.

Bij nieuwbouw kan worden gekozen voor een debietmeetmethode die niet leidt tot verhoging van de bestaande stroomsnelheden.

2.5 Nauwkeurigheid en selectie

In het handboek wordt ten aanzien van zowel de incidentele als de continue debietmeetmethoden bijzondere aandacht geschonken aan de nauwkeurigheid van metingen. Voor alle in het handboek behandelde methoden wordt een indicatie gegeven van de nauwkeurigheid en een overzicht van de voornaamste foutenbronnen.

In het handboek worden in een afzonderlijk hoofdstuk de selectiecriteria besproken om te komen tot de keuze van de meest geschikte debietmeetmethode. Voorafgaand aan het maken van de feitelijke keuze, dienen de randvoorwaarden en de gebruikers-eisen te worden geïnventariseerd. Voor wat betreft de randvoorwaarden gaat het om de gewenste bereiken in waterstanden en debieten, de mate van sedimenttransport en het beschikbare verval. Voor wat betreft de gebruikerseisen gaat het om de eventuele overige functies van het kunstwerk, de gewenste nauwkeurigheid in relatie tot de doelstelling van de meting, alsmede de binnen het aanwezige meetnet beoogde uniformiteit.

Na inventarisatie van de randvoorwaarden en gebruikerseisen kan de feitelijke keuze worden gemaakt.

Ten eerste vindt aan de hand van zowel technische als meer algemene criteria de *selectie* van de meest geschikte debietmeetmethode plaats. Hiertoe is naast een beschrijving tevens een stroomdiagram opgenomen.

Indien als meest geschikte methode een gestandaardiseerde meetstuw wordt gekozen, dient vervolgens het meest *geschikte type meetstuw* te worden geselecteerd. Hierbij spelen naast de eerder genoemde randvoorwaarden en gebruikerseisen, tevens de eigenschappen van de verschillende typen meetstuwen een belangrijke rol. Aspecten die hierbij aan de orde komen zijn het verval over de stuw, het meetbereik, de geschiktheid voor de afvoer van vaste stoffen, de eventuele regelfunctie en de meetnauwkeurigheid.

Als derde en laatste onderdeel dienen de *kosten* van het debietmeetstation in beeld te worden gebracht. De kosten van een debietmeetstation kunnen worden onderscheiden in inrichtingskosten en exploitatiekosten. Voor alle continue debietmeetmethoden wordt een indicatie gegeven van de inrichtingskosten. Daarnaast wordt een overzicht gegeven van de kostencomponenten die deel uitmaken van de exploitatiekosten.

2.6 Aanbevelingen bij inrichting en beheer

Bij het inrichten en het beheer van debietmeetstations zijn de volgende punten van belang.

- Debietmeetstations dienen verregaand te worden gestandaardiseerd.
- De meetfrequentie dient afgestemd te worden op de variaties in de tijd van het debiet, alsmede het type bewerking die de basisgegevens zullen ondergaan.

- De meetstations moeten periodiek worden onderhouden ten behoeve van zowel de duurzaamheid van apparatuur en constructies, als voor de kwaliteit van de basisgegevens.
- Voor een overzicht van de programmatuur ten behoeve van de be- en verwerking van de basisgegevens wordt verwezen naar de Stowa Hydrotheek.
- Bij de inrichting van een hydrologisch meetnet dient bijzondere aandacht worden geschonken aan de personele inspanning.
- Tot slot verdient het aanbeveling om na een aantal jaren ervaring te hebben opgedaan met het meetstation één en ander te evalueren.

3 De Digitale Waterweg

dr.ir. Th.L. van Stijn
Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ
E-mail: stijn@rikz.rws.minvenw.nl

3.1 Inleiding

Op vele bestuurlijke niveaus is het *integraal* water- en kustbeheer een belangrijk onderwerp geworden. Een van de factoren, die het nadenken hierover heeft versneld, is de Derde Nota Waterhuishouding. Hierin wordt als visie een geïntegreerd beheer van waterkwantiteit en waterkwaliteit uitgedragen. Dit omvat vele aspecten: het water, de stoffen in het water, de kusten, de planten en de dieren vormen één samenhangend systeem. Een afweging van de gebruiksfuncties, zoals bijvoorbeeld scheepvaart, natuur, visserij en ruimtelijke ordening, wordt integraal uitgevoerd.

Integraal water- en kustbeheer brengt onlosmakelijk met zich mee, dat relevante informatie over tenminste het hele doelgebied met elkaar in verband wordt gebracht. Daardoor wordt een goed beheer of beleid mogelijk. Een integrale visie op informatiestromen binnen het water- en kustbeheer is van groot belang. In verschillende sectoren zijn initiatieven ontwikkeld om informatiestromen in kaart te brengen. Hieronder worden twee van deze initiatieven, het Land Water Impuls programma en de Digitale Waterweg, kort besproken.

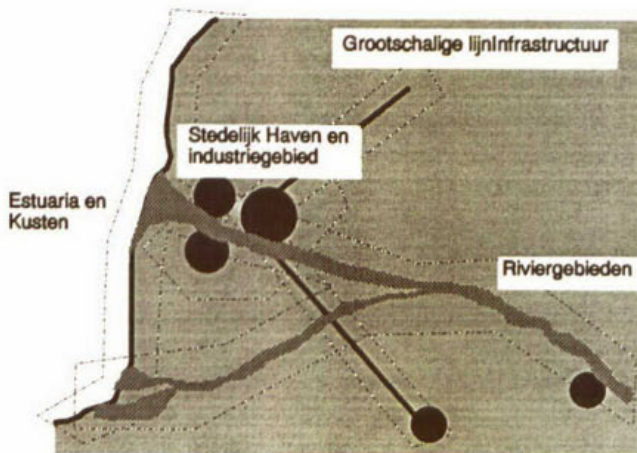
De bovengeschetste vraagkant wordt in toenemende mate ondersteund door de aanbodkant, waar techniek een hoofdrol speelt. Elektronische netwerken, zoals Internet, vormen een basis voor de communicatie van informatie. Ze zijn al zo gewoon, dat de media zich ermee zijn gaan bemoeien. Echter, veel van de huidige informatie-systemen voor het waterbeheer kennen hun oorsprong in vorige decennia. Voor vele doeleinden zijn lokale gegevensbestanden ontwikkeld en werden door individuele medewerkers modellen gebouwd. Het is daarom op het moment nauwelijks mogelijk om integrale applicaties te maken, die gebruik maken van de bestaande technologie. Alleen de samenwerking tussen de juiste technologieën kan een passend antwoord geven op de vragen van het integraal water- en kustbeheer.

3.2 Land Water Impuls programma

Het Land Water Impuls programma (LWI) speelt op het bovenstaande in. Het LWI is een publiek-privaat samenwerkingsverband. Doel is een structureel samenwerkingsverband tot stand te brengen tussen bedrijfsleven, kennisinstituten en overheid. Door de integratie van civiele techniek, milieutechniek en informatie technologie, worden nieuwe innovatieve produkten ontwikkeld voor beleid, ontwerp, uitvoering en beheer van infrastructuur. Hiermee kan de concurrentiekracht van het Nederlandse bedrijfsleven op de steeds internationaler wordende markt worden versterkt. Het programma is in 1994 gestart en heeft een looptijd van tenminste vijf jaar. De samenwerking tussen de partijen is essentieel voor het LWI. Kennisontwikkeling vindt plaats aan de hand van concrete projecten. Deze worden gekozen op basis van vier thema's:

- riviergebieden;
- estuaria en kusten;
- grootschalige lijninfrastructuur;
- stedelijke haven en industriegebieden.

De samenhang tussen de thema's wordt weergegeven in Afb. 1. Binnen de thema's zijn de projecten zo gekozen, dat deze een representatieve functie hebben voor de problematiek in buitenlandse situaties. Om het geheel beheersbaar te houden, worden in eerste instantie realistische Nederlandse cases uitgevoerd.



Afbeelding 1. De vier thema's van het Land Water Impuls programma.

Deze cases zijn:

De Waal

Dit is een voorbeeld van een rivier, die een groot aantal conflicterende gebruiksfuncties kent. Er is een hoge graad aan economische ontwikkeling. Het belang voor de scheepvaart wordt aangegeven door de 140 miljoen ton goederen die per jaar wordt

getransporteerd. Hiervoor zijn geïntegreerde informatica-systemen nodig. Het behoud van het natuurschoon van de Waal is een ander belangrijk onderwerp.

De Westerschelde en delen van de Nederlandse kust

De Westerschelde combineert een aantal belangrijke beheersaspecten. Het is een van de meest conflicterende gebieden in Europa met betrekking tot milieubescherming aan de ene kant en economische ontwikkeling aan de andere kant. De overstromingsproblematiek en de belangen van de oeverstaten maken het tot een veeleisende case voor de ontwikkeling van een Decision Support Systeem (DSS). De Nederlandse kust kan als voorbeeld worden gezien voor veel andere kustgebieden in de wereld. Verwacht mag worden, dat de toenemende bevolking en economische ontwikkeling, tot de noodzaak van gelijksoortige studies zullen leiden.

Het havengebied van Rotterdam

Dit gebied vertegenwoordigt een infrastructuur met een dicht zee- en landverkeer, (olie)industrie en stedelijke ontwikkeling. De voortdurende veranderingen aan de infrastructuur vereisen een flexibele en geïntegreerde benadering van gegevens en kennis in de vorm van informatie-systemen.

De hoge snelheidslijn

Dit is een voorbeeld van een grootschalige lijninfrastructuur. Omdat deze case een bestaand project in de beginfase behelst, geeft het de mogelijkheid om de ontwikkelde informatie-systemen in alle fasen van het project te testen.

Een concrete doelstelling van het thema Estuaria en Kusten is het ontwikkelen van een adviesinstrumentarium (DSS) voor het beheren en ontwikkelen van estuaria, delta's en kustgebieden, door de integratie van meet-, verwerkings-, ontwerp- en modellerings-, evaluatie- en presentatietechnieken.

De rode draad, die door de LWI projecten loopt, wordt gevormd door de informatietechnologie (IT). Deze zorgt voor het integratiekader van civiele techniek en milieutechnologie. De opzet is een gemeenschappelijke, integrerende IT-basis te ontwikkelen. Deze basis is van groot belang om een betere uitwisseling van gegevens mogelijk te maken en ook modellen op elkaar te kunnen aansluiten. In andere sectoren is bewezen dat daardoor een geweldige versnelling in de technologieontwikkeling teweeg gebracht kan worden. Door een werkgroep IT wordt vorm gegeven aan een gestandaardiseerde informatica architectuur.

3.3 De Digitale Waterweg

Het initiatief, de Digitale Waterweg, is ontstaan vanuit een visie op de onderlinge samenhang van informatie en informatie-systemen voor de uitvoering van integraal water- en kustbeheer door diverse overheden en maatschappelijke actoren.

Tot nu toe is door bedrijven veel aandacht geschonken aan de ontwikkeling van afzonderlijke systemen. Binnen de "natte" Rijkswaterstaat wordt echter het beheer en onderhoud van informatie-systemen sterk gestroomlijnd.

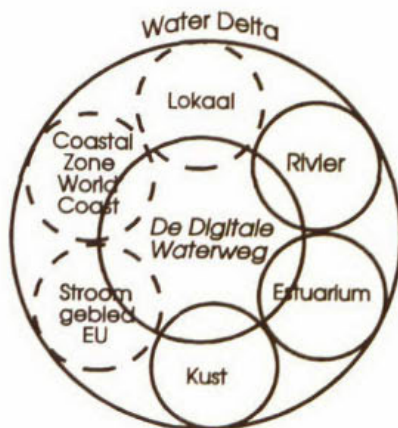
Systemen die van essentieel belang zijn voor het water- en kustbeheer, de zogenaamde missie-kritische systemen, worden centraal gestuurd, in nauwe samenwerking met de eindgebruikers.

Veel systemen zijn al gerationaliseerd en geüniformeerd. Toch is voor een efficiënte en effectieve communicatie van waterinformatie meer nodig. Integraal waterbeheer is immers van toepassing op vele stroomgebieden, waar verschillende bestuurlijke niveaus (lokaal, regionaal, nationaal en internationaal) een rol spelen. Hierbij is Rijkswaterstaat verantwoordelijk voor de Nederlandse hoofdinfrastructuur. Rijkswaterstaat zou willen participeren in het tot stand komen van een infrastructuur voor waterinformatie en -communicatie, afgestemd op de ontwikkelingen voor de volgende decennia. Dit kan alleen vorm krijgen door samenwerking van overheid, kennisinstituten en bedrijfsleven. De doelstellingen van de Digitale Waterweg en van het Land Water Impuls programma passen daarom goed bij elkaar.

Als de kern voor de integrale ondersteuning van zowel beleid- als beheerprocessen, wordt de verzameling van generieke (algemene) delen gezien. Deze kern heeft de naam De Digitale Waterweg (DDW) gekregen.

Waaruit bestaat De Digitale Waterweg?

Hieronder wordt de zogenaamde stroomgebied-benadering van de Digitale Waterweg besproken. In Afb. 2 worden met cirkels verschillende stroomgebieden aangegeven. De ononderbroken cirkels geven de LWI stroomgebieden weer. De bestuurlijke niveaus lopen door de gebieden heen. In ieder van de gebieden is het beleid en het beheer op een integrale wijze van belang. In elk stroomgebied zijn informatie-systemen aanwezig. Voor integraal water- en kustbeheer is de uitwisseling en de bereikbaarheid van informatie, kennis en applicaties noodzakelijk. Een voorbeeld is de overdracht van gegevens van lokale, regionale en nationale overheden naar de Europese Unie, zoals het Europees Milieu Agentschap te Kopenhagen.



Afbeelding 2. Stroomgebied en De Digitale Waterweg.

In Afb. 2 symboliseert de middelste cirkel het generieke deel van de informatie-systemen. Dat wordt de Digitale Waterweg genoemd. Het bevat een basis-infrastructuur, die voor alle stroomgebieden relevant is, zoals de communicatie van informatie. Voor een goede communicatie zijn afspraken van groot belang. Een voorbeeld van een dergelijke, gerealiseerde afspraak is de afstemming van het gegevensmodel voor de opslag van "natte" (meet)gegevens tussen de Unie van Waterschappen en de Rijkswaterstaat. Hierdoor is de communicatie van gegevens naar elkaar met minimale moeite mogelijk.

In principe kunnen applicaties in ieder stroomgebied verschillen. Ze moeten wel aan minimale communicatie-eisen voldoen. Dit wordt door het volgende geïllustreerd.

Op initiatief van de STOWA wordt een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar een uniform formaat voor de uitwisseling van gegevens tussen eendimensionale modellen voor waterbeweging en -kwaliteit onderling en met GIS systemen (Geografisch Informatie Systeem). In feite zouden deze afspraken een onderdeel van de Digitale Waterweg kunnen gaan uitmaken.

Door over een aantal facetten van informatie-systemen afspraken te maken, kan het generieke deel verregaand vorm krijgen. Naast communicatie valt hierbij te denken aan de gegevensmodellen van databestanden, van modellen en van geo-informatie.

Het generieke deel maakt het mogelijk dat verschillende bestuurlijke niveaus en verschillende bedrijven beter met elkaar kunnen communiceren.

De Digitale Waterweg kan ook op een technische wijze worden uitgewerkt. Voor een goede ondersteuning van beleid- en beheerprocessen is een instrumentarium nodig, dat met een vooraf bekende kwaliteit en op een reproduceerbare wijze gebruikers van dienst is. Dit instrumentarium is onder te verdelen in een aantal elementaire functies:

- *Inwinnen* van (meet)gegevens door remote sensing of in situ metingen. Dit levert gevalideerde gegevens op.
- *Analyse en archiveren* van gegevens. Dit levert informatie over de toestand van het natuurlijke systeem.
- *Modelleren*. Hiermee kan de totale situatie van een systeem worden vastgelegd, die nodig is voor het integrale beheer. Bovendien kunnen voorspellingen worden gedaan, die van belang zijn voor de operationele planning en uitvoering.
- *Beleidsanalyse*. Hierbij wordt naast milieu- en civieltechnische informatie, ook financieel-economisch, sociale en juridische informatie gebruikt. In feite levert de beleidsanalyse alle informatie die op een hoger aggregatieniveau de integrale afweging van belangen in het water- en kustbeheer mogelijk moet maken.
- *Beheersanalyse*. Dit maakt het mogelijk om projecten op een consistente manier uit te voeren.
- *Presenteren (visualiseren)* van gegevens en resultaten van applicaties. De gebruiker van een DSS communiceert met een gebruikersvriendelijke, grafische gebruikers-interface.

Een gebruiker wil graag laagdrempelig in de bovenstaande systemen de informatie en de applicaties kunnen bereiken. Hij of zij wil applicaties (laten) samenstellen voor een toepassing in het waterbeheer, eventueel over een breed bestuurs- en/of

stroomgebied. In dat geval moet er een nieuwe basis worden gelegd, die dit mogelijk maakt. Dit is de doelstelling van de Digitale Waterweg. Technisch houdt dat in, dat er een informatica architectuur ontworpen wordt, die voor "natte" toepassingen de juiste mogelijkheden biedt. Hierbij wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van internationale (EU) standaards en/of produkten.

3.4 De betekenis voor de gebruikers

Door een goede infrastructuur voor water-informatie en -communicatie en het gebruik van gemeenschappelijke, generieke delen, kan de efficiency en de effectiviteit bij de beleidsvoorbereiding en in de operationele toepassingen verbeteren.

Er ontstaat een beter zicht op de aanwezige systemen. Een gevolg hiervan kan zijn, dat er een betere beheersbaarheid van kosten voor de ontwikkeling en voor het beheer en onderhoud van informatie-systemen ontstaat. Op basis hiervan kan bovendien de kwaliteit van de systemen en het beheer nog verder verbeteren.

Ook kan de overdracht van kennis en informatie tussen de gebruikers onderling en in de relatie tussen de gebruikers en de bedrijven verbeteren.

Nederland is altijd sterk geweest in het water- en kustbeheer. De stormachtige ontwikkeling van de informatica maakt het voor vele anderen mogelijk om applicaties te ontwikkelen. Echter, om het *integraal* water- en kustbeheer op een realistische en kwalitatief voldoende wijze vorm te geven, is veel meer nodig. De boven beschreven initiatieven hebben als doel voorwaarden te scheppen om dit te bereiken.

4 Van data naar informatie

ir. H.J.G. Hartong
Waterloopkundig Laboratorium

4.1 Inleiding

Metten is van essentieel belang voor het waterbeheer. Meetgegevens zijn de basis voor de informatie die inzicht geeft of het waterbeheer op de gewenste wijze verloopt, zowel in operationele zin als in beleidsmatige zin. Om dit inzicht te verkrijgen, moeten de meetdata worden bewerkt en verwerkt tot betekenisvolle informatie. Met andere woorden: het gehele proces van meten, bewerken, verwerken, opslaan en opzoeken van informatie, moet beantwoorden aan de doelstellingen die er voor dit proces zijn gesteld. Doelstellingen voor het meten kunnen worden gesteld in het kader van bijvoorbeeld:

- de uitvoering van het operationele beheer;
- de analyse en verantwoording van het operationele beheer;
- het opstellen van beheersplannen;
- de onderbouwing en verantwoording van het beheer en het beleid;
- een wettelijke meetplicht;
- een specifiek onderzoek.

Meetdata worden pas tot informatie, wanneer ze op hun juistheid zijn beoordeeld, wanneer er inzicht bestaat in hun kwaliteit en wanneer ze zijn gevalideerd, dat wil zeggen betekenis hebben verkregen binnen het kader van de doelstellingen, die gesteld zijn aan het meetprogramma en de daaraan ontleende informatie. Onderstaand wordt nader ingegaan op dit proces van toekenning van betekenis aan data, waarbij het kader wordt gevormd door dat gebruik van meetinformatie dat in de praktijk het meest voorkomt, namelijk:

In het kader van beheer:

- voor alarmering;
- voor sturing.

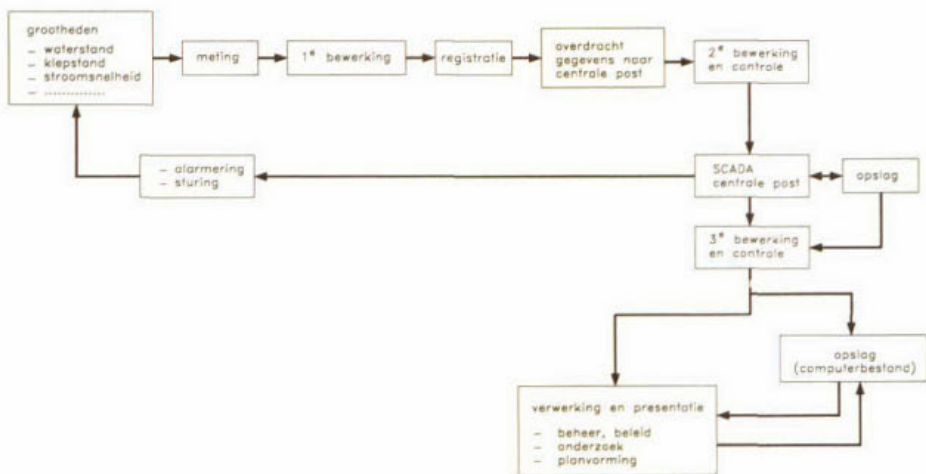
In het kader van beleid:

- voor evaluatie van het waterbeheer.

Het gaat hierbij om data-kwaliteit (wat bepaalt de kwaliteit van gegevens), data-controle (hoe is de kwaliteit van de afzonderlijke gegevens te controleren), data-assimilatie (hoe zijn meet- en modelgegevens met elkaar in overeenstemming te

brengen), data-correctie (hoe zijn gegevens aan te passen of aan te vullen) en data-opslag en -reductie (wat te doen met de berg aan meetgegevens).

Bij discussies over automatisering en informatievoorziening wordt het onderhavige onderwerp vaak geplaatst binnen het kader van het hydrologisch informatiesysteem. We bevinden ons dan binnen het traject van meten, registreren, bewerken en verwerken van hydrologische data (Afb. 1) en wel op het punt nadat de gegevens zijn binnen gekomen op de centrale computer. De hieronder beschreven controles en bewerkingen zullen op dat niveau worden uitgevoerd (2^e en 3^e bewerking). Tijdens en direct na de meting, heeft al een eerste bewerking en filtering plaatsgevonden voordat de waarneming als meting is vastgelegd. Uiteraard kan een deel van de hieronder beschreven bewerkingen in plaats van centraal ook op het meetpunt zelf worden uitgevoerd. Een en ander is afhankelijk van de gewenste functionaliteit van de systeemconfiguratie en wordt hier verder niet in beschouwing genomen.



Afbeelding 1. Schematisch overzicht van de functies van meet-, signalerings- en regelsystemen (vrij naar: Samwat rapport 1).

4.2 Data-kwaliteit

De kwaliteit van meetdata wordt ontleend aan de mate waarin de doelstelling van het meten wordt gehaald (Warmerdam, 1994). Helaas ontbreekt het in de praktijk nogal eens aan een goed geformuleerde meetdoelstelling of verandert de doelstelling in de loop der tijd. Het gevolg is een groot aantal meetopstellingen, die data leveren die geen duidelijk gedefinieerd doel dienen, maar eenvoudigweg blijven voortbestaan, omdat niemand durft te beslissen om er maar mee te stoppen en, "je weet nooit waar het later nog goed voor is".

De gegevens die gebruikt worden bij bewerkingen tot informatie, kunnen eenvoudig worden onderscheiden in gegevens die rechtstreeks afkomstig zijn van metingen uit het veld (bijv. neerslagmeting) en gegevens die vaste gebiedskenmerken vertegenwoordigen (bijv. stroomgebiedsoppervlak). De bewerking kan bijvoorbeeld zijn:

$$\text{Hoeveelheid gebiedsafvoer} = \text{Neerslagmeting} * \text{Stroomgebiedsoppervlak} * \text{Gebiedsreductie-coëfficiënt}$$

Van alle typen voorkomende gegevens moeten we de kwaliteit onder ogen zien, waarbij we dan meestal met kwaliteit de nauwkeurigheid bedoelen. Helaas worden deze twee begrippen vaak verward, waardoor onbedoeld de indruk kan ontstaan dat het toepassen van een grote meetnauwkeurigheid ook een hoge kwaliteit van de gegevens wordt verkregen. In bovengenoemde voorbeeld-bewerking is de nauwkeurigheid van het bewerkingsresultaat bovendien sterk afhankelijk van de wijze waarop het afvoerende oppervlak is geschat en in het verleden de reductie-coëfficiënt is bepaald. Verder geldt de berekening voor een zeker tijdsinterval en kan het zijn dat bepaalde waarden geïntegreerd moeten worden, afhankelijk van de dimensies van de grootheden.

Kwaliteitseisen voor meetgegevens worden zodoende mede bepaald door de wijze waarop de gegevens verder worden bewerkt, het gebruiksdoel van deze bewerkte gegevens en de relatie tot de kwaliteit van de overige grootheden die in de bewerking worden meegenomen. Naast eisen van nauwkeurigheid, worden aldus eisen gesteld aan de consistentie van de meetreeks, de volledigheid van de meetreeks en de representativiteit van de meetreeks. Data-kwaliteit is enerzijds een objectief, meetbaar begrip (nauwkeurigheid, volledigheid etc.); toepassing stelt anderzijds eisen aan "hoe nauwkeurig" en "hoe volledig".

De fouten die kunnen ontstaan bij meetdata betreffen onder meer:

- het ontbreken van metingen;
- meetfouten (nauwkeurigheid);
- afrondingsfouten bij presentatie en opslag (bijv. verwerking van grote getallen);
- systematische fouten (bijv. nulpuntsfouten);
- incidentele fouten (bijv. kortstondige defecten aan sensors);
- "fouten" ten gevolge van de hydraulische omstandigheden rond het meetpunt;
- fouten bij handmatige waarnemingen;
- administratieve fouten (bijv. aanduiding verkeerd tijdstip of meetpunt).

Alvorens meetdata verder te bewerken en verwerken is een controle nodig. Het resultaat van deze controle dient te worden toegevoegd aan het gegeven, zodat bij de verdere verwerking duidelijk is wat de kwaliteit is van het gebruikte gegeven. Een groot aantal van deze controles kunnen in een geautomatiseerd systeem eenvoudig worden opgenomen.

4.3 Data-controle

Controle van de meetdata is op vele wijzen mogelijk. De meeste systemen voor de verwerking van real-time data op een centrale post (bijv. met behulp van standaard SCADA-software) laten geheel of gedeeltelijke automatische controle toe, zoals:

- minimum en maximum grenswaarde bewaking;
- grenswaarde bewaking op het gemiddelde $\pm$ standaardafwijking bij langere meetreeksen;
- controle op de mate van verandering van de meetdata tussen twee opeenvolgende waarden in de tijd;
- automatische filtering van tijdelijke afwijkingen bijv. een peilverhoging als gevolg van voorbijvarende schepen;
- automatische correctie op hydrodynamische effecten van bemaling.

Daarnaast geven grafische trendanalyses met een SCADA-systeem op basis van bijvoorbeeld een historische reeks, snel inzicht in ontbrekende waarden en extremen. Ook kunnen deze analyses worden toegepast om gelijktijdig gemeten grootheden tegen elkaar uit te zetten en aldus afwijkingen te constateren.

Een andere groep van real-time data, de status informatie van installaties zoals van pompen, kleppen en overlaten, kan eveneens op eenvoudige wijze met SCADA-software, op consistentie worden gecontroleerd. Logische controles kunnen door middel van booleaanse verknopingen worden gekoppeld aan binnenkomende real-time data: bijvoorbeeld als "melding pomp aan" dan "peilmeting X dalend".

Om vast te stellen of meetdata ook werkelijk een betekenis hebben voor het doel waarvoor ze zijn binnengehaald, is doorgaans grondige hydrologische en/of hydraulische kennis van de lokale situatie een vereiste. Speciale software voor hydrologische gegevensbewerking is beschikbaar voor de validatie van de meetdata en voor de bepaling van hun representativiteit. Dergelijke software is gebaseerd op:

- ruimtelijke controles, zoals correlatie onderzoek, trendbreuken, etc.;
- statistische controles op homogeniteit en onafhankelijkheid van de data.

Analyse is dan mogelijk van typisch tijdgebonden hydrologische informatie en plaatsgeoriënteerde gegevens, zoals stroomgebiedskarakteristieken. Met deze laatste functie is het ook mogelijk typische "vaste" gegevens als stroomgebiedsgrootte of neerslag-gebiedsreductiefactoren te controleren.

In bijzondere gevallen kan het nodig zijn meetdata te controleren aan de hand van modelsimulaties. Een zorgvuldig gekalibreerd en representatief model kan dan worden gebruikt om bijvoorbeeld met behulp van hydrodynamische simulaties van de waterbeweging, specifieke meetpunten te controleren. Het model dient dan wel te worden gevoed met overige, voor dat specifieke meetpunt onafhankelijke, informatie. Een bijzonder geval, waarbij modelsimulaties en overeenkomstige meetdata met elkaar in verband gebracht worden voor controle en bijstelling van het model heet: data-assimilatie.

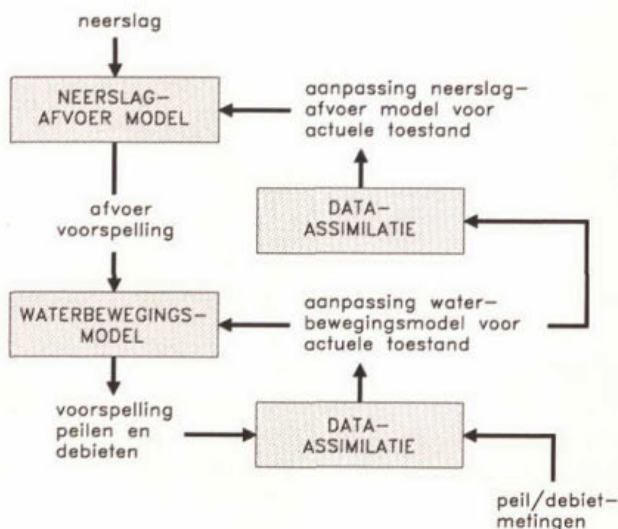
4.4 Data-assimilatie

In het operationele waterbeheer wordt data-assimilatie toegepast in het geval dat wiskundige modellen worden gebruikt om een bepaalde situatie te beschrijven of te voorspellen. Met behulp van data-assimilatie kan worden bereikt dat, iedere keer wanneer het model wordt toegepast, dit model zo goed mogelijk de actuele toestand weergeeft. Bij modellen met een voorspellend of anticiperend karakter, geschiedt dit door de resultaten van de modelberekeningen te vergelijken met de later gemeten waarden. Daarbij wordt rekening gehouden met zowel de modelfouten als de meetfouten: een relatief onnauwkeurig model zal daarom meer in de richting van de meetresultaten worden bijgesteld.

Modellen die gebruikt worden bij de sturing in het waterbeheer zijn onder andere:

- tijdreeksmodellen (bijv. ARIMA-modellen, in de meest eenvoudige vorm als: de bemalingshoeveelheid van vandaag = die van gisteren + de toename van de boezemberging);
- neerslag-afvoer modellen;
- hydrodynamische modellen.

Aangezien de werkelijke toestand in een waterbeheerssysteem voortdurend verandert en de modellen daarom steeds meer of minder representatief zijn, kan met data-assimilatie er voor worden gezorgd dat het model zo goed mogelijk de werkelijkheid blijft benaderen. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in Afb. 2.

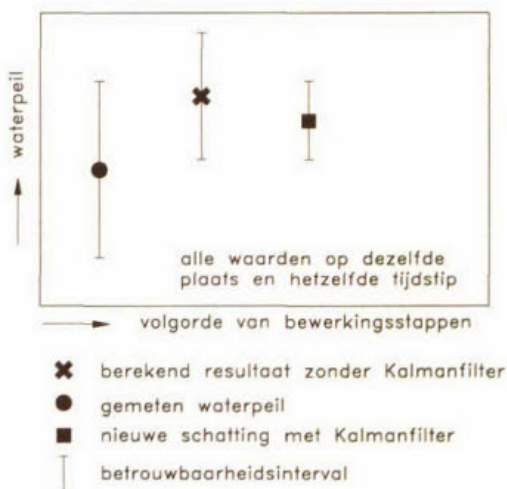


Afbeelding 2. Toepassing van data-assimilatie voor de aanpassing van modellen.

Aanpassing van de modellen geschiedt door de modelparameters aan te passen (automatische her-kalibratie) of een algehele transformatie op te leggen aan het model. De hiervoor meest toegepaste techniek is een nogal complexe wiskundige methode: het zogenaamde Kalman-filter.

Een toelichting op de voordelen van de toepassing van een Kalman-filter is weergegeven in Afb. 3 en 4: de nieuwe schatting van het waterpeil is gebaseerd op de berekende waarde, de fout in de berekende waarde, de gemeten waarde en de onnauwkeurigheid in de gemeten waarde. Indien de modeldynamica ook in het Kalman-filter wordt meegenomen, is het mogelijk ook een nieuwe schatting te maken voor lokaties waar geen meetpunten aanwezig zijn (Afb. 4).

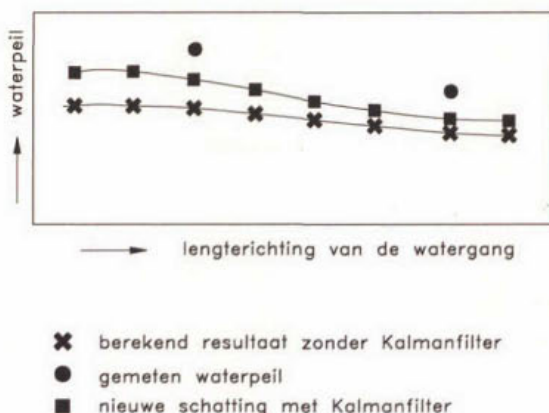
Nieuwe schatting in overeenstemming gebracht met de onzekerheden in de rekenresultaten en de meetwaarden



Afbeelding 3. Het gebruik van een Kalman-filter voor de schatting van peilgegevens.

Het gebruik van data-assimilatie technieken is essentieel voor de representativiteit van de modellen die bij de sturing in het waterbeheer worden toegepast en daarmee essentieel voor de doelmatigheid van de sturing. Bij on-line toepassing van modellen dient derhalve een regelmatige bijstelling van de modellen plaats te vinden, bijvoorbeeld iedere 24 uur. Het gebruik van Kalman-filters in dergelijke omstandigheden, is zeer rekenintensief, waarvoor de inzet van een computer met een grote rekencapaciteit nodig is.

Nieuwe schattingen gebruikmakend van de modeldynamica



Afbeelding 4. Het gebruik van een Kalman-filter voor de simulatie van peilgegevens.

4.5 Data-correctie

De beste correctie van meetdata die als fout zijn aangemerkt, is géén correctie, maar elimineren of overslaan. Dit geldt althans voor incidenteel foute gegevens. Deze gegevens dienen wel als fout "gemerkt" te zijn. Helaas kunnen de meeste automatiseringssystemen maar slecht overweg met ontbrekende of "als fout" gemerkte gegevens. Het gevolg is een gedwongen data-correctie, meestal voor de tijdstippen en het format dat dóór het automatiseringssysteem is voorgeschreven, waar menig arbeidsuur aan wordt besteed.

Metingen worden vaak aangevuld of gecorrigeerd met een voor de periode gemiddelde waarde, zodat ze niet opvallen en de computer verder kan. Ook lineaire interpolatie doet het goed. De grootste zorg in deze, gaat doorgaans uit naar bemalingsgegevens. Ontbrekende draaiuren en in/uitschakelmomenten van pompen worden zo goed mogelijk gereproduceerd om te zorgen dat het week- en jaaroverzicht van de bemaling maar blijft kloppen.

Veel software heeft niet de mogelijkheid om het handmatig toevoegen van bemalingsgegevens op eenvoudige wijze uit te voeren. Het aanvullen van gegevens wordt dan een arbeidsintensieve kwestie. Ook het achteraf nagaan welke gegevens handmatig zijn gecorrigeerd is vaak niet mogelijk.

Data-correctie vereist dikwijls een goed inzicht in het gedrag van het watersysteem. Hierbij kunnen meetgegevens van nabij gelegen meetpunten of meetgegevens met een algemeen representatief karakter (bijv. wind- of neerslaggegevens) uitkomst bieden. Diverse methoden kunnen worden toegepast, zoals het toepassen van correlatie-analyses bij een samenhangend meetnet. Een algemeen geldende aanpak is echter niet te geven.

Systematische afwijkingen in meetdata kunnen doorgaans wel op eenvoudige wijze worden gecorrigeerd (bijv. nulpuntscorrectie). Wel dient naderhand duidelijk te blijven welke data systematisch zijn aangepast en op welke wijze.

4.6 Data-opslag, verdichting en reductie

Voor het operationele waterbeheer is het noodzakelijk de beschikking te hebben over historische basisgegevens die het waterbeheer beschrijven. Dat wil zeggen: een consistente verzameling van de oorspronkelijke (eventueel gecorrigeerde) meetgegevens van het watersysteem, alsmede de bedrijfsgegevens van de werken, beide voorzien van een tijdsaanduiding en eventueel een aanduiding van de kwaliteit van het gegeven.

Met deze basisverzameling moet het mogelijk zijn de opgetreden toestanden van het watersysteem te reproduceren. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van simulatiemodellen. Tevens is het aldus mogelijk de gegevensbewerkingen te herhalen en gegevensbestanden te reproduceren dan wel nieuwe bewerkingen op de data los te laten.

De gemeten en vervolgens bewerkte data, vinden hun weg naar uurwaarden, dagwaarden, jaargegevens in dag-, week-, maand- en jaaroverzichten. Hierbij treedt een toenemende vorm van verdichting op van de gegevens en een zeker verlies aan nauwkeurigheid. De meest gecondenseerde vorm hiervan is de jaarlijkse waterbalans. Iedere m^3 water heeft daar zijn plaats gekregen en de balans dient dan ook in alle richtingen te kloppen. Vaak is dat niet het geval en worden door niet ingewijden het ontbreken van een paar m^3 (bijv. ten gevolge van afrondingen) beschouwd als het niet voldoen van het automatiseringssysteem. In plaats van allerlei kunstgrepen uit te halen om een en ander cosmetisch in orde te brengen is het beter dit gewoon te accepteren en de reden hiervan aan anderen duidelijk te maken. Dit voorkomt tevens dat de sluitpost in de waterbalans wordt misbruikt voor allerlei correcties die er niet in thuis horen.

Overigens verdient het aanbeveling om on-line bewerkingen van totalen, gemiddelden enz. op verzoek te kunnen herhalen op de oorspronkelijke data om eventuele handmatige aanpassingen naderhand te kunnen doorrekenen naar nieuwe overzichtswaarden.

Reductie van de gegevensberg is mogelijk door bijvoorbeeld het aantal meetpunten en/of metingen per punt te verminderen. Doorgaans heeft de omvang van meetnetten in de tijd een karakteristiek verloop: eerst toenemend, dan tijdelijk op maximum

omvang en vervolgens stabiliserend op een lager niveau. Een en ander is het gevolg van niet geheel duidelijke meetdoelstellingen in het begin, evaluatie van de representativiteit van het meetnet en herformulering van beheers- en meetdoelstellingen. Vaak zijn ook berekende gegevens evengoed operationeel bruikbaar als gemeten gegevens. Maar het is moeilijk afstand te doen van eenmaal ingerichte meetopstellingen.

4.7 Tenslotte

De databerg wordt als een berg gezien zolang vraag en aanbod van data niet met elkaar in overeenstemming zijn. In de praktijk zal dat ook nooit helemaal het geval kunnen zijn, gezien de voortdurende veranderingen in de doelstellingen van het waterbeheer. Dit behoeft ook niet als een probleem te worden beschouwd, zolang aan de data, informatie ontleend kan worden die representatief is voor het te voeren of gevoerde waterbeheer.

Literatuur

- Warmerdam, P.M.M. (1994). Kwaliteitsbeheersing van gegevens. PHLO-cursus "Automatische verzameling en verwerking van gegevens voor het waterbeheer". LU-Wageningen, vakgroep Waterhuishouding.
- Boiten, W. (1993). Hydrometry (collegedictaat). LU-Wageningen, vakgroep Waterhuishouding.
- SAMWAT (1987). Meet-, signalerings- en regelsystemen voor het waterbeheer. Samwat rapport 1.
- SAMWAT (1988). Kwaliteit van meetgegevens. Samwat rapport 3.
- SAMWAT (1989). Specificaties voor meetsystemen in het waterbeheer. Samwat rapport 5.
- Ogink, H.J.M en Crebas, J.I. (1994). HYMOS, een software pakket voor verwerking, bewerking en beheer van hydrologische gegevens. Waterloopkundig Laboratorium "de Voorst", Emmeloord. Tevens in: PHLO-cursus "Automatische verzameling en verwerking van gegevens voor het waterbeheer". LU-Wageningen, vakgroep Waterhuishouding.
- Vermeulen, C-J. (1994). Data-assimilation in operational water management. Waterloopkundig Laboratorium "de Voorst", Emmeloord.
- Vermeulen, C-J. (1992). Anticipatory control for a spilling sluice. Journal A: vol. 33, no.3, pp. 94-98.

5 De informatiebehoefte van een waterbeheerder: ontwikkelingen bij Delfland

ir. M.D. Sinke
Hoogheemraadschap van Delfland

5.1 Inleiding

Het Hoogheemraadschap van Delfland is met ca. 40.000 ha in oppervlakte, een middelgroot waterschap. Het waterschap wordt begrensd door de Noordzee; landinwaarts loopt de grens via de gemeentegrens Wassenaar - Den Haag langs Zoetermeer, Berkel en Rodenrijs naar Rotterdam en vervolgens via de Nieuwe Waterweg naar Hoek van Holland (Afb. 1).

De waterstaatkundige structuur van het gebied is complex met als kenmerk kleinschalig. Enkele kentallen:

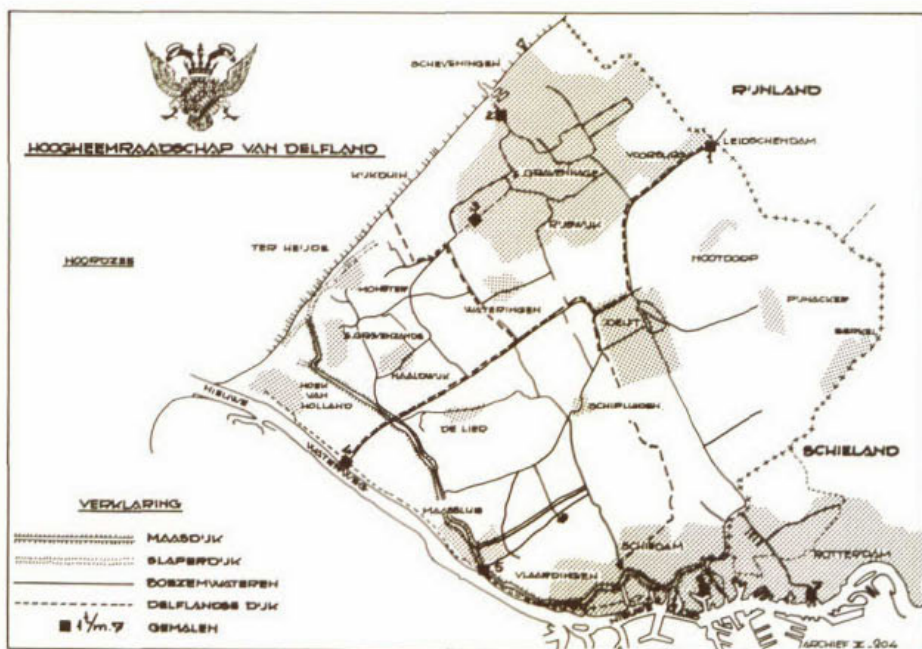
- In Delfland liggen circa 60 polders, variërend in grootte van 100 ha tot 2000 ha, die het overtollige water via circa 95 gemalen uitmalen op Delflands boezem.
- Binnen de polders functioneren in verband met peilverschillen circa 55, veelal kleine gemalen en meer dan 200 stuwen.
- In het gebied worden enkele honderden verschillende peilen gehandhaafd.

De uitmaling en lozing vanuit Delflands boezem geschiedt via zes boezemgemalen en twee spuisluizen op de Noordzee en de Nieuwe Waterweg.

Uit enkele polderdelen moet het water wel vier maal worden opgepompt, voordat het op buitenwater kan worden geloosd. Een goede onderlinge afstemming van het in werking stellen van de gemalen is dan ook vereist. Dit is handmatig mogelijk, maar op automatische wijze doeltreffender en efficiënter.

Ook is alert reageren noodzakelijk, vanwege snelle peilstijgingen tengevolge van het grote verharde oppervlak aan glastuinbouw, woningen en wegen. Circa 35% van het totale beheersgebied is verhard, hetgeen een uniek hoog percentage is en de waterhuishouding in Delfland een specifiek karakter geeft.

Om watertekorten aan te vullen in perioden van droogte, voor verversing of doorspoeling, kan water worden ingemalen uit het Brielse Meer of uit Rijnlands boezem. In een waterhuishoudkundige structuur, waarbij snelle peilstijgingen kunnen optreden, die vanwege een geringe drooglegging en geringe waakhogte van kaden, zeer beperkt dienen te zijn, is meten en registreren een vereiste.



Afbeelding 1. Beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Delfland.

5.2 Verzamelen en verwerken van gegevens tot nu toe

De methode om waterhuishoudkundige gegevens te verkrijgen was vanouds de daadwerkelijke waarneming. De dagelijkse gegevens over draaiuren van poldergemalen, het energieverbruik en het waterpeil, werden door de poldermachinist op zogenaamde maalstaten verzameld. Elke maand een staat! (Afb. 2).

Een van de oudste registratiesystemen in Delfland is een in 1887, in het Gemeenlandshuis te Delft, geïnstalleerde trommel met opgespannen registratiepapier, waarop de boezemwaterstand in de Oude Delft continu wordt geregistreerd (Afb. 3). Deze apparatuur functioneert nog en was destijds vanzelfsprekend een geweldige vooruitgang ten opzichte van de handmatige weergave van gegevens. Immers 's ochtends kon men in één oogopslag zien wat er de afgelopen nacht was gebeurd.

Het verzamelen van gegevens op handmatige wijze en via papierschrijvers, was in Delfland de afgelopen 100 jaar de methode van inwinning. De gegevens werden ingewonnen bij alle boezemgemalen en poldergemalen, op circa tien plaatsen in boezem- en polderwater en bij zes regenmeters.

De geregistreerde gegevens werden op het hoofdkantoor verzameld, verwerkt en opgeborgen. Er werd een aantal bewerkingen uitgevoerd, zoals het berekenen van de draaiuren en de verpompte of geloosde hoeveelheden water ten behoeve van overzichten, waterbalansen, rapportages e.d. Maar ook waren deze gegevens noodzakelijk om extreem natte of droge situaties te analyseren en knelpunten in de water-

DIENSTJAAR 1993 MAAND: Maart			POLDER Hoefpolder... GEMAAL Sportbloot... Lang toernaal												HOOGHEEMRAADSCHAP VAN DELFLAND TECHNISCHE DIENST			
BAGGELIJKE WAARDERING			GEMAAL IN BEDRIJF												POLDERPEIL			
DATUM	TIJD	STAND UREN TELLER													VOOR MALEN	NA MALEN	NAAL- UREN	OPMER- KINGEN
1	7.45	9													9	4	-1	4.5
2	7.45	9													9	4	0	4.5
3	7.40	6													9	5	1	4
4	7.40	6													9	4	2	5
5	7.35	7													9	4	2	4.5
6	7.45	6													9	5	1	2.5
7	7.45	6													9	4	-1	3.5
8	7.35	7													9	4	-1	4.5
9	7.40	9													9	5	-3	5
10	7.40	9													9	5	-2	5.15
11	7.40	5													9	5	-1	4.30
12	7.45	6													9	4	-1	5
13	7.40	6													9	4	1	3.40
14	7.35	7													9	5	1	6.10
15	7.40	5													9	5	-1	6
16	7.40	5													9	4	-2	6.10
17	7.45	2													9	5	-2	4.5
18	7.45	2													9	5	-1	3.30
19	7.40	6													9	4	-2	4.30
20	7.40	7													9	5	-1	3.30
21	7.40	7													9	5	-2	3.15
22	7.45	7													9	5	-2	3.15
23	7.45	7													9	5	-2	3.15
24	7.40	6													9	5	-2	3.15
25	7.40	6													9	5	-2	3.15
26	7.40	6													9	5	-2	3.15
27	7.40	6													9	5	-2	3.15
28	7.40	6													9	5	-2	3.15
29	7.40	6													9	5	-2	3.15
30	7.40	6													9	5	-2	3.15
31	7.40	6													9	5	-2	3.15
TOTAAL 106.45																		
naam poldermachinist J. Boekstijn															Z.O.Z.			

Afbeelding 2. Voorbeeld van een maalstaat.

huishouding te bepalen. Zo is bijvoorbeeld het rekenkundig hydraulisch model van Delflands boezem geijkt op perioden met veel neerslag.

De handmatige verwerking heeft als bezwaar dat het zeer arbeidsintensief is en het lang duurt voordat er resultaten beschikbaar zijn. De gegevens zijn ook slecht toegankelijk voor statische analyse: opbergkasten staan overvol met registratiestroken, maalstaten e.d.

5.3 Huidige en toekomstige registratie van gegevens

Vanoudsher was het in Delfland zo dat elk gemaal zijn eigen machinist had, die het gemaal in en uit bedrijf nam. Tijdens het functioneren van het gemaal bleef hij bij het gemaal om de werking te controleren, lagers te smeren, of kroosvuil te verwijderen.

Na 1980 is Delfland gestart met het elektrificeren en automatiseren van de poldergemalen. Het gevolg hiervan was dat bij de poldergemalen minder vaak personeel aanwezig was en dus ook minder gegevens vastgelegd werden.

Door de automatisering dreigde een verslechtering van het meten en registreren van waterhuishoudkundige gegevens. Dit is echter tegenstrijdig met de behoefte in het kader van integraal waterbeheer en waterbeheersplannen, waarbij de behoefte aan gegevens steeds nadrukkelijker wordt gevoeld.



Afbeelding 3. Registratie-apparaat uit 1887 t.b.v. boezemwaterstand Oude Delft te Delft.

Ook de intensivering van het bodemgebruik eist dat de waterkwantiteitsbeheerder steeds meer beschikt over goede informatie over bijvoorbeeld peilen en draaiuren. Klachten kunnen alleen dan goed afgehandeld worden, als het waterschap over de juiste historische informatie van het waterhuishoudkundig beheer beschikt. Snelle informatieverstrekking is daarbij noodzakelijk en wordt ook van het waterschap verwacht.

In tabel 1 zijn de overwogen methoden weergegeven. Voor het verwerken van de geregistreerde gegevens is uiteindelijk gekozen voor methode c, waarbij gegevens lokaal worden opgeslagen in het geheugen van dataloggers (Afb. 4) en via kiesverbindingen naar een centrale post kunnen worden overgeseind.

Voor het dagelijkse operationele peilbeheer van de boezem, is gekozen voor methode d, waarbij via directe lijnverbindingen de boezemwaterstanden van zes meetpunten continu beschikbaar zijn.

Op grond van de ervaringen met het keuze proces, is het advies aan andere waterschappen: neem voldoende tijd.

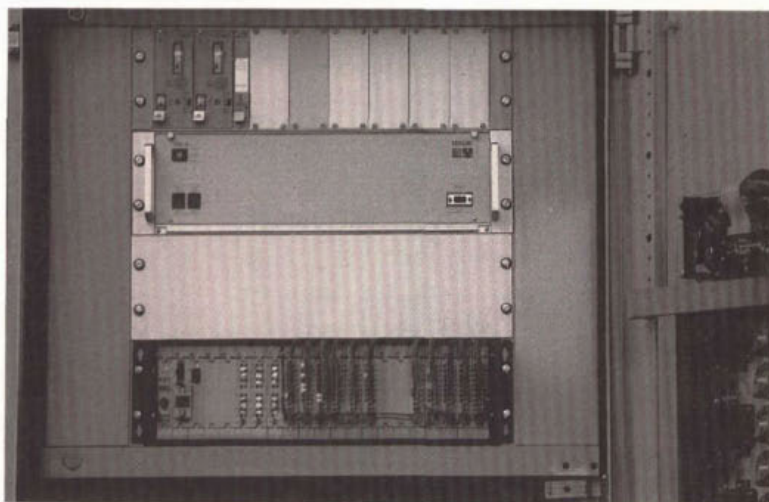
Naast de registratie van gegevens, spelen bij automatisering ook de besturing van de installatie (gemaal of stuw) en de melding van storingen een rol. Voor besturing, registratie en alarmering zijn verschillende combinaties van methoden mogelijk. De keuze is uiteindelijk gevallen op:

- lokale besturing via PLC's (programmable logic controllers);
- combinatie van registratie van gegevens en melding van storingen via dataloggers.

Deze keuze is ingegeven door het feit dat voor de besturing reeds werd gewerkt met PLC's, hetgeen goed beviel. De verwachting was voorts, dat er geen besparingen verkregen zouden worden bij combinatie van besturing en registratie van gegevens via een datalogger. Een combinatie van besturing en melding van storingen is niet

Tabel 1. Methoden van gegevensregistratie.

a.	Schrijver (analoog) en printer (digitaal) in elk gemaal.	- veel administratieve handelingen - gegevens niet actueel - regelmatige controle noodzakelijk i.v.m. storingen van bijv. papiertransport.
b.	Gegevens opslaan in een geheugen en deze gegevens periodiek centraal uitlezen.	- voor week of maand grote geheugencapaciteit nodig - geen actuele informatie beschikbaar - constatering van gebreken kan lang duren.
c.	Gegevens opslaan in een geheugen (data-logger) en dagelijks via kiesverbinding overseinen naar een centrale post.	- dagelijks actueel overzicht beschikbaar - beperkte kosten telefoon.
d.	Gegevens via directe lijnverbinding overseinen naar centrale post, waardoor continue registratie mogelijk is.	- continu actueel overzicht - kostbare directe telefoonlijn nodig.
e.	Gegevens- en statusveranderingen worden via kiesverbinding op moment van optreden doorgeseind naar de centrale post.	- wel actueel overzicht maar gelijktijdige melding van veel mutaties kan leiden tot overbezette centrale post - hoge gesprekskosten.



Afbeelding 4. Datalogger.

gewenst in verband met de bedrijfszekerheid van de installatie.

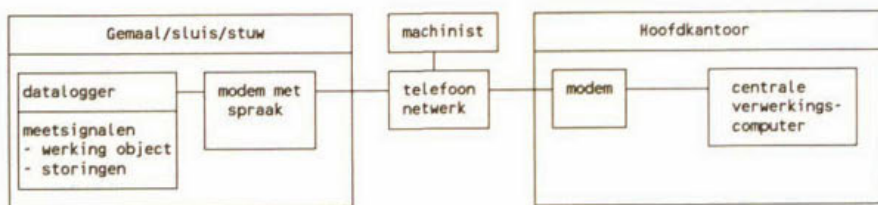
Bij Delfland wordt gewerkt met zogenaamde bedieningsclusters, met één verantwoordelijke machinist en plaatsvervanger, die zorgdragen voor de waterhuishouding in 6 à 7 polders.

Bij een storing in de bemalingsinrichting, wordt de machinist telefonisch via een semafoon gewaarschuwd. Vervolgens kan hij het betreffende gemaal terug bellen om

het bericht te bevestigen en te resetten en kan hij, in gesproken tekst, het soort storing en de actuele bedrijfstoestand uitluisteren.

Wordt het gemaal gebeld als er geen storing is, dan wordt alleen de bedrijfstoestand in gesproken tekst meegedeeld. Bij Delfland worden de registratiegegevens en de storingen via de dataloggers opgenomen en verwerkt. Het voordeel hiervan is dat op deze wijze door slechts één apparaat van de telefoonverbinding gebruik wordt gemaakt.

Schematisch ziet de gekozen oplossing eruit zoals in Afb. 5 is weergegeven.



Afbeelding 5. Gegevensoverdracht.

Op het moment zijn 50 dataloggers bij de poldergemalen en 5 dataloggers op diverse locaties in de boezem operationeel. De komende jaren zal dit aantal tot circa 80 toenemen.

Door de dataloggers worden de volgende gegevens vastgelegd:

- waterstanden voor, en in een aantal gevallen achter het gemaal (elke 5 minuten);
- tijdstip in- en uitschakelen van pompen;
- tijdstip overschakelen naar een andere bemalingscapaciteit;
- registratie en melding van storingen.

Er wordt aan gedacht om in de toekomst ook het energieverbruik bij alle gemalen vast te leggen. In enkele gevallen zal voorts de aanwezige neerslagmeting ook door de dataloggers worden geregistreerd.

Op het hoofdkantoor van Delfland vraagt de centrale verwerkingscomputer iedere morgen voor werktijd de gegevens van alle dataloggers op. Tevens kan, indien gewenst, elk object op elk moment worden gebeld ten behoeve van de actuele situatie. Na opvraag zijn alle gegevens in de database van de centrale computer (Afb. 6) beschikbaar voor verdere verwerking.

De totale investeringen voor het ontwikkelen van het systeem en het installeren van de 80 dataloggers en de centrale post, zijn begroot op 1,3 miljoen gulden.



Afbeelding 6. Centrale verwerkingscomputer (CVC) op het hoofdkantoor.

5.4 Waarom gegevens verzamelen

In deze paragraaf wordt aangegeven wat het doel is van het verzamelen van de gegevens over de waterbeheersing en wie deze gegevens nodig heeft. Er is bij Delfland behoefte aan de genoemde gegevens voor de volgende doeleinden:

- bepaling van het verloop van waterstanden;
- bepaling van draaiuren van gemalen;
- vaststellen van storingen;
- bepaling van het energieverbruik.

Waterstanden

Uit analyse van gegevens kan blijken dat de watertoevoer naar een gemaal onvoldoende is. Het gemaal slaat in een dergelijk geval bijvoorbeeld ook in natte perioden snel af.

Zeer hoge waterstanden kunnen bevestigen dat er een waterbergingstekort in een polder aanwezig is. Via statistische berekeningen kan dan inzicht worden verkregen in de kans op inundatie.

Realisatie van aanvullende waterberging is bijzonder kostbaar. De totale kosten voor grondaankoop, graven, inrichting en het gekapitaliseerde onderhoud, kunnen in Delfland oplopen tot circa 900.000 gulden per hectare.

Bij de omzetting van grasland in stedelijk gebied of glastuinbouw is vaak 2 à 3% extra wateroppervlakte nodig. Dit betekent dat bij een dergelijk project ter grootte van 100 ha, het waterschap voor investeringen van 2 à 2,5 miljoen gulden wordt geplaatst. Voor de komende 5 à 10 jaar worden binnen Delfland investeringen van 50 miljoen gulden voorzien voor de waterbeheersingstaak.

Een goede onderbouwing ten aanzien van de noodzaak van het creëren van extra boezem berging, is derhalve vereist. Met behulp van harde geregistreerde gegevens kan deze noodzaak worden onderbouwd.

Draaiuren van gemalen

Met behulp van de draaiuren van gemalen kunnen waterbalansen worden opgesteld. Deze kunnen een indicatie geven of er teveel water wordt ingelaten. In het kader van waterconservering en minimalisering van de in te laten hoeveelheid water in verband met de waterkwaliteit, kan hierop gestuurd worden.

Verder kunnen in relatie met kwaliteitsgegevens, stoffenbalansen worden opgesteld voor bijvoorbeeld chloride, fosfaat, stikstof en zware metalen.

Een andere toepassing van de geregistreerde draaiuren en waterstanden is het toetsen van rekenkundige hydraulische modellen van de boezem en de polders. Voor de kalibratie van deze modellen dient het waterschap te beschikken over de gegevens van de relevante waterbewegingen op elk moment.

Storingen

Primair is het signaleren van storingen van belang voor het alarmeren van de clustermachinist, om zodoende het gemaal weer zo spoedig mogelijk in bedrijf te kunnen nemen. Maar ook kunnen uit de analyse van het aantal en soort storingen, conclusies worden getrokken.

Registratie van de storingen geeft het inzicht of er sprake is van een structurele storing van een bepaald apparaat. De vraag rijst dan, of vervanging opweegt tegen periodieke reparatie.

Herhaalde storing van het verval over een krooshek, kan aanleiding zijn om een kroosvisinstallatie te installeren.

Energieverbruik

Een trend die wijst op een toenemend energieverbruik kan aanleiding zijn voor een nader onderzoek naar een vervuilde pomp, afgesleten waaier e.d.

De op het moment beschikbare technieken maken het mogelijk om over goede en actuele gegevens te beschikken van de waterhuishouding. Bij de beleidsvoorbereiding van besluiten, kunnen deze gegevens van grote waarde zijn. Immers, wat uit de praktijk aangetoond kan worden is overtuigender dan een theoretische of subjectieve verhandeling.

Eventuele klachten van ingelanden of ingezetenen over te hoge of te lage waterstanden kunnen op juistheid worden getoetst. Aangezien in het kader van de Algemene Wet Bestuursrecht binnen 8 weken antwoord moet worden gegeven op dergelijke klachten, is het snel beschikken over actuele gegevens noodzakelijk.

Het bestuur, maar ook de belanghebbende ingeland of ingezetene, zal een goede registratie, waarmee snel de benodigde gegevens beschikbaar komen, appreciëren.

Gebruik maken van nieuwe registratie- en verwerkingsmethoden is daarbij geen doel op zichzelf, maar een welkom middel.

5.5 Bewerken, verwerken en aggregeren van de gegevens

Vanwege het grote aantal beschikbare gegevens is het noodzakelijk dat er een reductie in omvang plaatsvindt, waardoor een samenvatting, aangevuld met bijzonderheden kan worden gepresenteerd.

De voor ogen staande verwerking van de gegevens houdt in, een *dagelijkse routinematige verwerking*:

- controle op fouten en ontbrekende waarden;
- waterstanden: daggemiddelde, minimum en maximum;
- werking gemaal: totaal aantal draaiuren en debiet per dag;
- storingen: totaal per dag en per soort;
- neerslag: millimeters per uur.

Voor de dagelijkse routinematige verwerking van de gegevens is bij Delfland nog geen kant en klaar standaard pakket gevonden: oriëntatie vindt nog plaats. Een vereiste van een dergelijk pakket is, dat de verwerking geautomatiseerd verloopt op een door de gebruiker op te geven wijze.

Naast het oorspronkelijke bestand ontstaat aldus een *gereduceerd werkbestand* waarin de bewerkte routinematige gegevens zijn opgeslagen. In het werkbestand wordt alleen die informatie bewaard, die veel wordt gebruikt. Het oorspronkelijke bestand wordt na eventuele correcties ongewijzigd bewaard.

Bij analyses waarvoor het werkbestand onvoldoende informatie bevat, kan teruggegrepen worden op het oorspronkelijke bestand.

De gegevens uit het werkbestand worden gepresenteerd in overzichten per dag, week, maand of jaar.

De analyse van gegevens valt buiten de routinematige verwerking en kan per geval verschillen. In de meeste gevallen bevat het werkbestand hiervoor voldoende gegevens. De op de markt verkrijgbare statistische pakketten bieden veelal voldoende mogelijkheden om de benodigde analyses uit te voeren.

Toen Delfland destijds startte met het automatisch registreren van gegevens, was er slechts een globaal idee over hoe de verwerking van deze gegevens zou moeten plaatsvinden. Een uitgewerkt meetplan begint op dit moment vorm te krijgen.

Wel is de principe keuze gedaan dat er zo veel mogelijk gebruik wordt gemaakt van standaard-pakketten, aangevuld met eventueel maatwerk om aan de specifieke Delflandse wensen te kunnen voldoen.

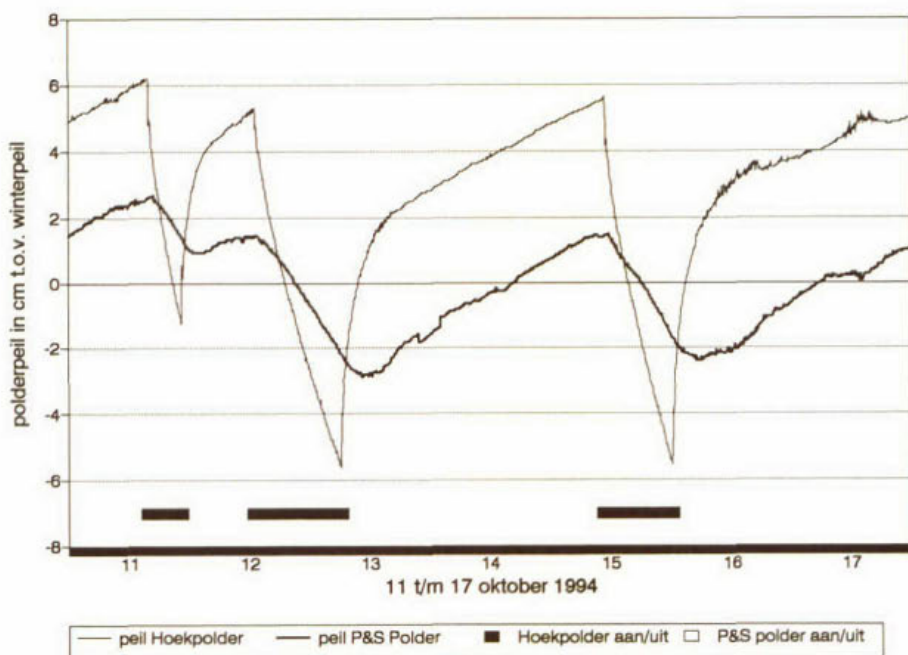
5.6 Ervaringen uit de praktijk

Elk systeem vertoont gebreken, zo ook het bij Delfland geïnstalleerde geautomatiseerde systeem. In de praktijk moet men rekening houden met hiaten in gegevensreeksen, bijvoorbeeld tengevolge van slechte telefoonlijnen, waardoor verbindingen soms niet tot stand komen. Treedt deze situatie langer dan 4 dagen achtereenvolgend op,

dan kan de toegepaste datalogger de tijdelijk opgeslagen gegevens niet meer volledig vasthouden en gaan de oudste gegevens verloren.

Voorts kunnen slechte telefoonlijnen een alarmmelding via het semafoonnet verhinderen of kan door storing of ruis op de telefoonlijn, de datalogger van slag raken en een openstaande verbinding niet op de juiste wijze afsluiten.

Het is gebleken dat het nulpunt van drukopnemers kan verlopen. Zo blijkt het nodig dat peilmetingen regelmatig op hun juiste werking worden gecontroleerd. Een goede registratie van de controlemetingen en een uitgevoerde aanpassing is dan voor de verwerking van de historische gegevens onontbeerlijk.



Afbeelding 7. Polderpeil Hoekpolder en Plaspoel- en Schaapweipolder.

Tot slot kunnen nog enkele gevallen worden genoemd waarbij de geregistreerde gegevens zijn gebruikt voor het oplossen van problemen:

- De gemalen van de Plaspoel- en Schaapweipolder en de Hoekpolder bemalen hetzelfde peilgebied. Beide polders staan met elkaar in verbinding en hebben hetzelfde polderpeil. Omdat het aantal draaiuren van het gemaal van de Hoekpolder (2000 uur/jaar) veel groter is dan dat van de Plaspoel- en Schaapweipolder (480 uur/jaar) is hiernaar onderzoek gedaan met behulp van de registratiegegevens van de polderpeilen nabij de beide gemalen (Afb. 7).

Opmerkelijk was het constante peilverschil tussen de twee registratiepunten. De polderwaterstand voor het gemaal van de Hoekpolder is volgens de registratiegegevens continu 4 cm hoger dan die voor het gemaal van de Plaspoel- en Schaaipolder. Hierdoor gaat het gemaal van de Hoekpolder altijd als eerste in bedrijf en heeft daardoor veel meer draaiuren. Deze constatering heeft geleid tot een waterpassing, waarna het nulpunt van de drukopnemer van het gemaal van de Plaspoel- en Schaaipolder met 4 cm is verhoogd.

Voor een kleine polder van 50 ha met glastuinbouwbedrijven, zijn de peilstijgingen, de uitgemaakte hoeveelheid en de gevallen neerslag geanalyseerd. Aan de hand van deze gegevens kan een inschatting worden gemaakt van de berging van neerslag in de waterbassins op de glastuinbouwbedrijven.

6 Sturing op waterkwaliteit?

De verversing van de stadsboezem van Amsterdam

ing. H. Grotenbreg
ir. W.J. Potthoff
Riolering en Waterhuishouding Amsterdam

6.1 Inleiding

Voor het operationele waterkwantiteitsbeheer van de polders, de boezem en het rioolstelsel, beschikt de gemeente Amsterdam over een geautomatiseerd meetsysteem en een data-verwerkingseenheid. Op 72 lokaties wordt verder de waterkwaliteit bemonsterd. Dit meetnet wordt gebruikt voor beleid en trendonderzoek.

Dit artikel concentreert zich op het onderzoek naar- en de methode van sturing van de stadsboezem van Amsterdam.

De stadsboezem is een watersysteem dat met een zeer grote regelmaat doorgespoeld en verversst moet worden, willen er geen kwaliteitsproblemen ontstaan, zoals stank, zuurstofloosheid en drijfslagen. De verversing van de grachten stond in de late middeleeuwen regelmatig op de politieke agenda en ook nu nog vergt de sturing van de waterkwaliteit aandacht en onderzoek.

Historie

In de tijd dat de grachten van Amsterdam in open verbinding stonden met de Zee, werd met behulp van de eb en vloed gezorgd dat het vuil naar zee werd afgevoerd. Door bij opkomend tij de sluisdeuren in het centrale deel van de stad te openen, kon schoon (maar brak) water binnen stromen. Bij afgaand tij werden de deuren aan weerszijde van dit centrale deel geopend en stroomde het vervuilde water richting Zee. Om dit systeem goed te laten functioneren werd het peil op een aantal plaatsen in de stad elk uur gemeten. Door de aanleg van het Noordzeekanaal in 1872, verviel deze mogelijkheid om van het getij gebruik te maken. Dit maakte het noodzakelijk een gemaal te bouwen in het oostelijke deel van de boezem, bij het IJmeer. In 1880 is dit hulpgemaal vervangen door een stoomschep-radgemaal, dat ook voor hoogwaterbemaling kon dienen.

In 1943 is het huidige gemaal Zeeburg gebouwd. Dit gemaal, verbonden met het IJmeer door een sifon onder het Amsterdam-Rijnkanaal, wordt ingezet voor zowel de verversing, als de hoogwaterbemaling van de stadsboezem.

Tot 1992 is 's nachts IJmeer water ingemalen door gemaal Zeeburg, dan wel onder vrijval ingelaten op de grachten. Om een oost/west stroming te krijgen werd het Amstelfront (kering ten zuiden van het centrum) en een gedeelte van het IJ-front (kering aan de noordkant) gesloten. Het vervuilde stadswater werd op deze manier via het Noordzeekanaal naar de Noordzee afgevoerd. Overdag vindt er een netto noordwaartse stroming plaats van de Amstel door de stad naar het Noordzeekanaal. De sanering van lozingen op de Amstel en de aanleg van een rioolstelsel in de binnenstad van Amsterdam in de jaren zeventig, is aanvankelijk geen rede geweest om het verversingsregime nader te bekijken.

6.2 Onderzoek Stadsboezem Amsterdam

Eind 1989 is gestart met het, bij nader inzien tamelijk ambitieuze, project "Onderzoek Stadsboezem Amsterdam" (OSA). Dit onderzoek is uitgevoerd door de gemeente Amsterdam (RWA/Waterbeheer) in samenwerking met het zuiveringschap Amstel- en Gooiland (ZAG), het hoogheemraadschap Amstel en Vecht en de provincie Noord-Holland. De doorslaggevende reden om met dit project te starten was de verwachting dat met een eenvoudiger, dus goedkoper, verversingsregime een acceptabele kwaliteitsniveau in de stad te handhaven moest zijn. Daarnaast liep voor het gebied ten zuiden van Amsterdam (Amstelland-west) een vergelijkbaar onderzoek waardoor meer bekend werd van de invloed van de Amstel op het stadswater. Het projectvoorstel OSA bevatte de volgende doelen:

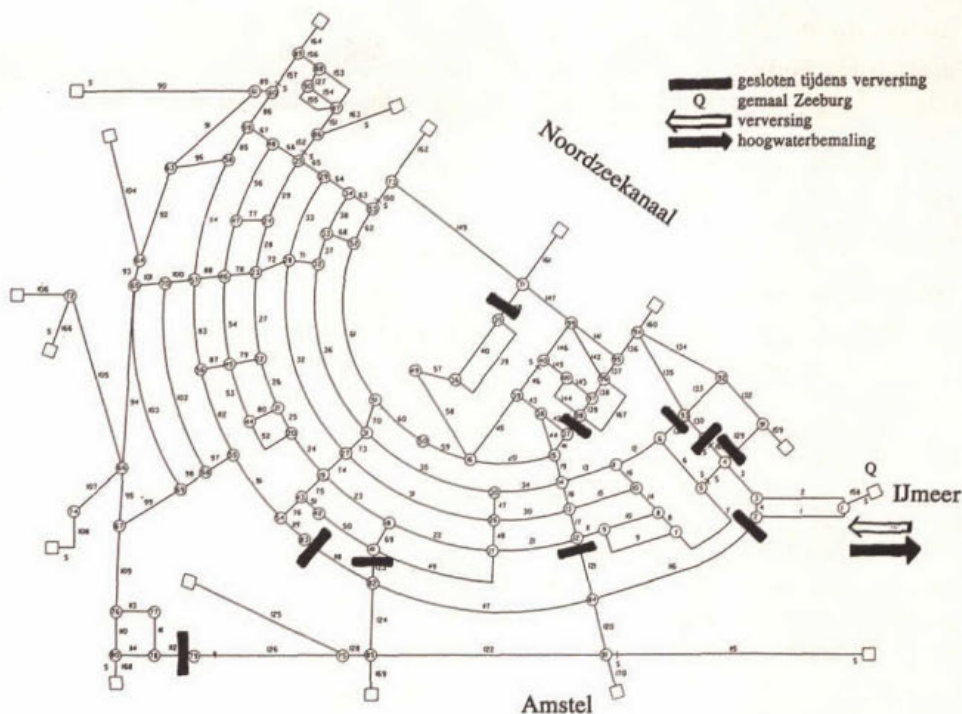
- Meer inzicht verwerven in het functioneren van het systeem van de stadsgrachten. Dit zowel voor de waterbeweging als voor de kwaliteit (zuurstofhuishouding).
- Het effect bepalen van de riooloverstorten op de waterkwaliteit
- Knelpunten lokaliseren bij de hoogwaterbemaling.
- Het bepalen van de meest efficiënte en effectieve verversingsscenario's.

Als middel is gekozen voor de bouw van een computermodel (het stadsboezem-model). Hiervoor is gebruik gemaakt van software van het Waterloopkundig Laboratorium (Wendy/Delwaq). De schematisatie van de stadsboezem heeft een kleinschalig complex netwerk opgeleverd (Afb. 1).

Voor de kalibratie en validatie van het model zijn drie kwantiteits- en drie kwaliteits-meetcampagne's gehouden. De eerste kwaliteits-meetcampagne betrof twee momentane opnames, voor- en tijdens verversing, van het chloridegehalte in vrijwel het gehele systeem. Door de significante verschillen van het chloride gehalte van het IJmeer en de Amstel, kon hiermee een beeld verkregen worden van de invloed van de Amstel op de verversing.

Tijdens de tweede kwaliteits-meetcampagne, in het voorjaar van 1991, is gedurende vijf achtereenvolgende nachten wel, en vervolgens gedurende vijf nachten niet, ververst. Tijdens deze meetcampagne is op zes lokaties (semi-)continu gemeten en zijn op 15 lokaties steekmonsters genomen. Alle monsters zijn op de voor de zuurstofhuishouding relevante stoffen geanalyseerd.

De derde meetcampagne betrof een langere periode (2 maanden) met een minder intensief monsterprogramma.



Afbeelding 1. Model-schema van de stadsboezem van Amsterdam.

De kalibratie van het model heeft aanzienlijk meer tijd gevergd dan voorzien. De voornaamste oorzaak hiervan lag in de omvang van de schematisatie. Door het zeer grote aantal elementen bleek de verwerking en interpretatie van de data zeer tijdrovend. Pas zeer onlangs is de validatie afgerond en is het model beschikbaar voor de bepaling van kwaliteitsscenario's.

6.3 Proef aanpassing verversingsregime

Uit de tweede meetcampagne van OSA bleek dat de waterkwaliteit langzaam achteruit ging als er niet werd verversd. Na vijf dagen daalde het zuurstofgehalte plaatselijk onder 3 mg/l. Hieruit is geconcludeerd dat waarschijnlijk met minder nachten verversen per week, volstaan zou kunnen worden.

Mede uit kostenoverwegingen is besloten niet de resultaten van OSA af te wachten, maar met een praktijkproef na te gaan hoe het doorspoelen van de grachten met IJmeer-water verminderd kon worden.

De proef is uitgevoerd in samenwerking tussen de waterkwaliteitsbeheerder, het Zuiveringsschap Amstel en Gooiland, en de waterkwantiteitsbeheerder, gemeente Amsterdam.

Nadere randvoorwaarden

Uitgangspunt bij het onderzoek was dat het zuurstofgehalte niet lager zou mogen komen dan 3 mg/l (AMK-norm voor stedelijk water). Evenmin mocht een significante verslechtering van andere waterkwaliteit-parameters op treden. Tijdens de proef zou gestuurd worden op het zuurstofgehalte, maar uiteindelijk zou de proef moeten leiden tot een vast regime. Dit in verband met de capaciteitsplanning van het bedienend personeel en afstemming op scheepvaartbewegingen.

Inrichting meetnet

De inrichting van het meetnet werd mede bepaald door enkele waterkwaliteitsparameters van de watersystemen IJmeer - Amstel - Noordzeekanaal (Tabel 1).

De geleidbaarheid (chloride) is een indicator voor het vaststellen van de herkomst van het aanwezige water in de stadsboezem: de Amstel of het IJmeer.

Gekozen is om op tien punten dagelijks een handmeting uit te voeren van het zuurstofgehalte en op zes punten wekelijks monsters te nemen voor de overige parameters.

Bij de Berlagebrug en in de Keizersgracht zijn continu-metingen ingericht (zuurstof en temperatuur) om het zuurstofgehalte van het inkomend Amstelwater en het dag/nachtritme in de zuurstofhuishouding te kunnen bepalen en om de handmetingen te kunnen controleren.

Tabel 1. Waterkwaliteitsparameters.

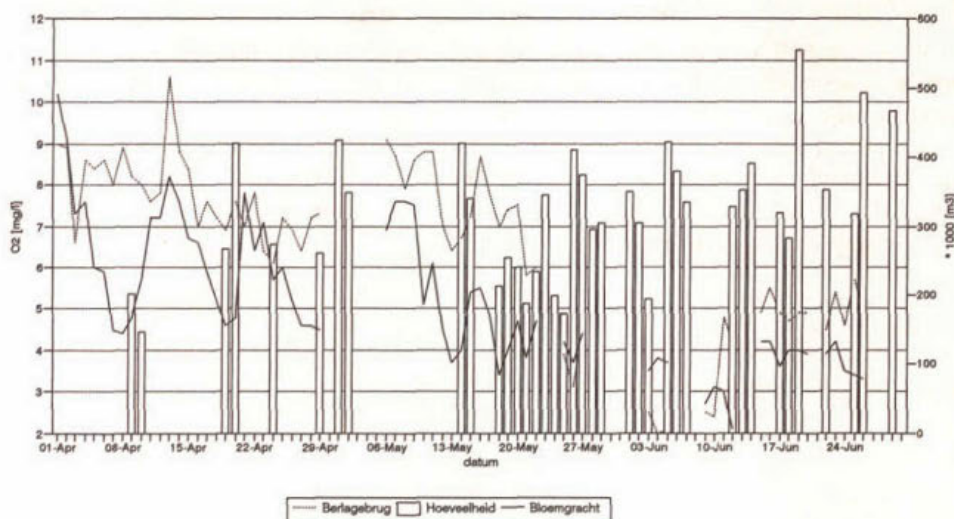
	zuurstof mg/l	chloride mg/l
IJ-meer	5-8	200-300
Amstel	2-8	500
Noordzeekanaal	3-7	1000-2000

Resultaat in cijfers

In Afb. 2 is het zuurstofverloop van de Amstel, van het meetpunt Brouwersgracht, gelegen aan het einde van het verversingscircuit en de ingelaten hoeveelheden IJmeer water aangegeven. De luchttemperaturen in april tot half mei lagen tussen 5 en 10 graden en in de periode half mei tot eind juni tussen 15 en 23 graden.

De uitvoering werd verstoord door problemen bij de bediening van de Amstelschutsluis. Door het onklaar raken van deze sluis kon er niet ververs worden tussen 8 en 11 juni, juist op een moment dat het zuurstofgehalte in de Amstel zeer laag was.

Tijdens de proef is geprobeerd om via een modem met autotelefoon de data van de continuumetingen op afstand in te lezen. Door storingen in het telefoonnet bleek het echter niet goed mogelijk om lange meetreeksen van bijvoorbeeld een dag, over te seinen. Daarnaast bleek het noodzakelijk om de continue zuurstofmeters wekelijks te reinigen, omdat anders door aanslag van de elektroden de meet-betrouwbaarheid snel achteruitliep.



Afbeelding 2. Proef waterverversing stadsboezem Amsterdam
(zuurstof en verversingshoeveelheden).

Resultaat en conclusies

Het beschreven onderzoek heeft aangetoond dat een beperkt doorspoelregime mogelijk was, maar tevens dat doorspoelen van de Amsterdamse grachten noodzakelijk blijft.

Bij een evenwichtssituatie zonder verversen, zal het zuurstofgehalte ver beneden de norm van 3 mg/l liggen. Uit operationele overwegingen is gekozen voor een winterregime van twee opeenvolgende nachten verversen per week en een zomerregime van twee maal twee dagen. De overgang tussen winter- en zomerregime wordt bepaald door het zuurstofverloop en is gecorreleerd aan de luchttemperatuur.

Ter bepaling van het zuurstofverloop wordt maandelijks op tien punten het zuurstofgehalte bepaald. Verder worden, indien daar aanleiding toe is, bijvoorbeeld door temperatuur stijgingen, in de meest kwetsbare hoek aan het eind van het verversingscircuit, extra zuurstofmetingen uitgevoerd ter ondersteuning van het maandelijks programma.

Teruggang van de waterkwaliteit ten opzichte van de overige parameters, is tijdens de proef niet geconstateerd. In het periodieke meetprogramma wordt aan dit aspect verder aandacht besteed.

6.4 De toekomst

In het eerste halfjaar van 1995 zullen met het stadsboezemmodel diverse scenario's worden doorgerekend. Gekeken wordt onder andere, of betere verversingsregimes denkbaar zijn dan het huidige. Door enkele randvoorwaarden, zoals scheepvaart en personeel, zal real-time sturing op waterkwaliteit ook in de toekomst niet mogelijk zijn, omdat dit een directe actie inhoudt. De gehanteerde verversingsregimes zullen onder alle omstandigheden beperkt in aantal zijn en er zal ook in de toekomst uitsluitend 's nachts ververst kunnen worden.

7 BEBOP: beoordelen en beslissen in het operationele waterbeheer

dhr. B. Zweverink
Rijkswaterstaat Directie Oost-Nederland

Een betrouwbaar en efficiënt beheer van watersystemen is van essentieel belang voor Nederland. Een aantal directies van Rijkswaterstaat werken samen met een aantal bureaus aan de ontwikkeling van het informatie systeem BEoordelen en Beslissen in het OPERationele waterbeheer: BEBOP.

Dit op de computer werkend systeem verzamelt data en maakt voorspellingen van eventueel voorkomende beheersituaties. Het zal de beheerder van een watersysteem ondersteunen bij het nemen van beslissingen over het inzetten van gemalen, stuwen en sluizen.

7.1 Inleiding

De afgelopen jaren heeft zich een belangrijke verandering voorgedaan in het omgaan met water. Met name de implementatie van de Tweede en de Derde Nota Waterhuishouding, heeft bijgedragen aan een veranderd waterbeheer met een meer integrale benadering van watersystemen.

Voorheen beperkte het waterbeheer zich met name tot het beheersen van debieten en de controle over de waterstanden. Een integrale benadering van watersystemen, zoals bijvoorbeeld meren, rivieren en kanalen, vraagt van de beheerder dat het watersysteem in een optimale toestand gehandhaafd blijft, rekening houdende met de belangen van alle gebruikers.

In de praktijk worden de politieke doelstellingen van de regering vertaald naar regels en wetten voor operationeel waterbeheer. Eén van de problemen waar het eerst een oplossing voor gevonden moet worden, is het gebrek aan informatie. Waterbeheerders hebben betrouwbare en actuele gegevens en informatie nodig, over de toestand van watersystemen om operationele beslissingen te kunnen nemen. Hiervoor is een (semi) on-line monitoring systeem van essentieel belang.

Verder is het belangrijk te weten op welke gronden een beslissing wordt genomen: met welke aspecten is rekening gehouden en wat krijgt prioriteit?

De waterbeheerder fungeert als rechter en weegt de belangen van alle betrokken partijen.

7.2 Conflicterende en concurrerende belangen

Vroeger beperkte de taak van de waterbeheerders zich voornamelijk tot het voorkomen van overstromingen in het gebied waarvoor zij verantwoordelijk waren. De aanleg van dijken en het gebruik van pompen en sluizen om het teveel aan water te verwijderen was hiervoor meestal toereikend.

Gedurende de laatste decennia hebben zich steeds vaker additionele gebruikersfuncties van de water systemen voorgedaan, zoals bijvoorbeeld:

Landbouw. Het voorkomen van zoutinfiltratie is van cruciaal belang voor de landbouw. Men dient te beschikken over voldoende water van voldoende kwaliteit.

Schepen. Naast de feiten/voorspellingen over de toestand van de watersystemen, willen schippers tegenwoordig meer en sneller informatie over onder meer de te verwachten waterhoogten.

Drinkwater. De kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater is steeds meer gebonden aan strenge eisen en de vraag naar drinkwater neemt toe.

Milieu. Natuurgebieden moeten beschermd worden tegen verontreinigd water uit aangrenzende kanalen, meren en rivieren. De waterstanden moeten zodanig zijn dat de ecologische inrichting van bijvoorbeeld de oevers en uiterwaarden zich goed kan ontwikkelen.

Gebouwen. De duurzaamheid van funderingen van gebouwen in sommige delen van Nederland zijn afhankelijk van een constant grondwaterniveau.

Energiecentrales. Thermische lozingen van water in kanalen en rivieren, moeten nauwkeurig gedoseerd worden, om te voorkomen dat de watertemperatuur te hoog wordt en het aquatisch milieu hieronder lijdt.

Recreatie. De meeste meren en rivieren in een zo dichtbevolkt land als Nederland, vervullen tevens een recreatieve functie. Dit vraagt om speciale metingen om de kwaliteit van het water te controleren.

Het is duidelijk dat de combinatie van de diverse gebruiksfuncties in één watersysteem soms tegenstrijdige belangen tot gevolg heeft. De waterbeheerder is degene die de prioriteiten stelt en de operationele beslissingen neemt, gebaseerd op deze prioriteiten.

Het BEBOP-project is gestart in 1991 met de doelstelling een computersysteem te ontwerpen dat informatie verschaft ter ondersteuning van operationele waterbeheerders bij het nemen van die beslissingen.

7.3 Uitgangspunten

BEBOP combineert veel van de traditionele hulpmiddelen op het gebied van hydro-informatica. De essentie van het systeem is niet de verscheidenheid van hulpmiddelen, maar juist een samenvoeging van de volgende onderdelen:

Monitoring systeem. Dit onderdeel meet elke 10 minuten de waterkwaliteit en -kwantiteit, door middel van verschillende parameters.

Database. Dit onderdeel bevat twee verschillende typen data opslag:

- gemeten data die van essentieel belang zijn voor verschillende functies van het systeem;
- mogelijke voorkeursoplossingen.

Wiskundige modellen. Om de beheerder zo goed als mogelijk van adviezen te voorzien, moet het systeem kunnen voorspellen wat de uitkomst is van een gesuggerende beheersstrategie, door deze door te rekenen. Dit kan gerealiseerd worden door het gebruik van een 1-D simulatie model.

Beslisboom. Door het trapsgewijs gestructureerd kiezen van een scenario (toestand watersysteem, zoals hoog- of laagwater), strategie (wat te doen), tactiek (hoe), inzet (waarmee) en bediening (wanneer), kan uiteindelijk een instructie worden gekozen voor het te beheren object.

Optimalisatie. Met behulp van optimalisatie algoritmen kan ervoor worden gezorgd dat het systeem in staat is te zoeken naar een zo goed mogelijke oplossing.

Motif-based grafische user interface. Hiermee wordt gezorgd voor een gebruikersvriendelijk systeem.

7.4 De werking

Met de volgende stappen wordt de werking van BEBOP aangegeven.

1. Het meetsysteem monitort de status van het watersysteem en verzamelt elke tien minuten meetgegevens;
2. Gebaseerd op deze meetgegevens, wordt een globale typering van het watersysteem, het scenario (de toestand van het watersysteem), op een grafische manier aan de gebruiker getoond.
3. Door het gebruik van de meetgegevens en te veronderstellen dat de instellingen voor de verschillende infrastructurele werken (sluizen, pompen) onveranderd blijven, kan een voorspelling worden gedaan voor uren en zelfs dagen vooruit. Het systeem heeft diverse andere gegevens nodig om te kunnen verzekeren dat een voorspelling betrouwbaar is, bijvoorbeeld de hoeveelheid regen die in het gebied is gevallen en de hoeveelheid water (debiet) of concentraties verontreiniging afkomstig van andere watersystemen.
4. Gedurende het voorspellingsproces kan het systeem de aanbeveling doen de huidige strategie te veranderen in een nieuwe. Dit kan door het gebruik van de database met gewenste oplossingen of door het gebruik van optimalisatie algoritmen om een zo gunstig mogelijke oplossing te verkrijgen.
5. Gedurende het hele proces zal de waterbeheerder om feedback worden gevraagd, als er geen optimale oplossing is gevonden. De waterbeheerder is in staat invloed op dit proces uit te oefenen, door de limieten of aannemelijke waarden voor de diverse gebruikersfuncties te veranderen, bijvoorbeeld door scheepvaart een hogere prioriteit te geven dan recreatief gebruik.
6. Van de uiteindelijke strategie, zal een lokale tactiek voor elk sluizencomplex worden bepaald.
7. Gebaseerd op deze tactiek zal het systeem suggesties doen voor de optimale instellingen voor een enkel apparaat (bijv. schuifinstelling) op een object. De

meeste lokaties bestaan uit diverse technische instrumenten en elk van deze instrumenten moet zodanig ingesteld worden, dat ze gezamenlijk de tactiek kunnen implementeren.

8. Gedurende de gehele cyclus, zullen diverse technieken worden ingezet om het optimalisatie-proces te sturen en de verschillen tussen een optimale oplossing en een werkbare oplossing te verkleinen. Het systeem is bedoeld om werkbare adviezen te verschaffen. Een voorbeeld: als het systeem een marginale verandering aan de instelling bepaald, kan het advies volgen dat er geen wijziging dient te worden doorgevoerd, of dat er beter later een meer substantiële wijziging doorgevoerd kan worden.
9. Aan het eind van de cyclus zal elke gebruiker geïnformeerd worden over de aanbevolen instellingen. Op dit moment is nog niet duidelijk of en hoe het een lokale waterbeheerder is toegestaan af te wijken van de gedane suggestie.

7.5 De ontwikkeling van een complex systeem

Het project BEBOP wordt kent een aantal complicerende factoren. Deze factoren worden weergegeven in de volgende vragen:

- Zijn alle beleidsregels te vertalen in een informatiesysteem?
- Wordt het te ontwikkelen systeem een kennissysteem in een complexe omgeving of beperkt het zich tot een gestructureerde beslisboom (geautomatiseerd draaiboek)?
- Uitgangspunt is om een systeem op te zetten, welke universeel op alle bedienbare objecten te implementeren. In hoeverre is dit haalbaar?

Een risico-analyse heeft een aantal maatregelen aangereikt om de risico's te beheersen met name:

- In de projectorganisatie een permanente kwaliteitsbewaking met audits op te nemen.
- Het uit te voeren project in stappen te realiseren, met toenemende complexiteit, en daarbij voldoende ruimte voor evaluatie en bijstelling.
- Op een proeflokatie te beginnen en vandaar uit de nodige ervaring op te doen.

BEBOP is , zowel voor de ontwikkelaars als voor de gebruikers, een complex systeem. Het is onmogelijk om het gehele systeem te ontwikkelen door alleen gebruik te maken van de conventionele technieken. Daarom is een evolutionaire benadering gekozen. Aanvankelijk wordt een relatief klein deel van het systeem ontwikkeld voor de parameters waterstanden en debieten en op één locatie geïmplementeerd (het sluizencomplex bij Eefde). Dit systeem zal alleen de voorkeursoplossingen aangeven en gebruik maken van 1-D simulatiemodellen, een database en een grafische user interface.

Tijdens de volgende ontwikkelingsfasen zal het systeem qua functionaliteit worden uitgebreid en geschikt worden gemaakt om een groter aantal parameters te verwerken. Het is niet uitgesloten dat gedurende deze fasen geëxperimenteerd zal worden met verschillende kunstmatige intelligentie technieken (AI) om zo de beste techniek

te selecteren voor een optimaal werkend BEBOP systeem. Daarna zal het systeem geïntroduceerd worden op verschillende lokaties, waaronder een aantal lokaties langs de Nederlandse kust.

Deze benadering vergemakkelijkt de invoering. In elke fase zal een relatief beperkt aantal problemen moeten worden opgelost, zodat er voor de specifieke punten voldoende aandacht is.

Problemen die op dit moment te ingewikkeld zijn om op te lossen, of beslissingen die nu nog niet duidelijk zijn zullen in een later stadium in de ontwikkeling worden aangepakt als er voldoende kennis is vergaard.

De gebruikers hebben op diverse terreinen voordeel van deze benadering. Ze krijgen tijdig werkbare oplossingen en hoeven niet te wachten op het afgeronde produkt. Omdat het beginprodukt niet de totale beoogde functionaliteit heeft, zal het minder moeilijk zijn ermee te werken. Dit verhoogt de acceptatie van het produkt voor de gebruiker en vergemakkelijkt het leerproces.

Gedurende de ontwikkelingsfasen zullen zoveel mogelijk componenten van het systeem gebaseerd zijn op gemakkelijk verkrijgbare produkten. Dit zorgt ervoor dat men zich kan toelekken op de echte problemen in plaats van op de problemen die al opgelost zijn door anderen.

Nieuwe ontwikkelingen bij Rijkswaterstaat zullen worden gebruikt, bijvoorbeeld de DONAR database en de SIMONA infrastructuur voor wiskundige modellen. Standaard interfaces, zowel intern, als met de buitenwereld scheppen de mogelijkheid te switchen tussen componenten waardoor de flexibiliteit wordt verhoogd.

Het BEBOP ontwikkel-team bestaat uit deskundigen uit diverse vakgebieden, waaronder computer experts, wiskundigen, civiel ingenieurs, interface-experts (ergonomen) en opleidingsdeskundigen. De meest belangrijke teamleden zijn echter de gebruikers. Zij brengen hun kennis over het waterbeheer in. Zonder deze kennis kan het systeem niet gebouwd worden. Door deze gecombineerde inzet zal een systeem gemaakt worden dat optimale support levert.

7.6 Conclusie

BEBOP is een ingewikkeld systeem omdat ten behoeve van de ontwikkeling, diverse expertises bij elkaar moeten worden gebracht. Deze benadering zal resulteren in een beslissingsondersteunend systeem, dat de waterbeheerder zal assisteren om zijn werk op een zo economisch, ecologisch en technisch optimaal mogelijke manier te doen. Automatisering van het beslissingsproces zal betere oplossingen opleveren op zowel de korte als de lange termijn en op den duur resulteren in een optimaal gebruik van de Nederlandse watersystemen.

Alleen een geautomatiseerd hulpmiddel is in staat de continue stroom van gegevens te verwerken en voldoende snel de gegevens combineren om werkbare oplossingen te creëren. Zolang de vraag naar het optimaliseren van gebruik van het water en van de watersystemen blijft groeien, zal ook de behoefte aan een beslissingsondersteu-

nend informatiesysteem voor het operationele waterbeheer blijven groeien. BEBOP kan hier een oplossing voor zijn.

Literatuur

Basisontwerp BEBOP. Rijkswaterstaat / EDS (ICIM)

Projectplan BEBOP. Rijkswaterstaat / EDS (ICIM) / HEC / IBAS

Computer Aided Operationeel waterbeheer. EDS (ICIM) / Rijkswaterstaat

8 Automatische peilbeheersing (eerste lezingenmiddag)

8.1 Computergestuurd boezembeheer te Nieuwe Statenzijl

ing. J.W. Kok
Waterschap Dollardzijlvest

De verbetering van het primaire waterhuishoudkundige stelsel van het oosten van Groningen en het zuidoosten van Drenthe, gelegen binnen het waterschap Dollardzijlvest, nadert zijn voltooiing. Er is de laatste decennia gewerkt aan de aanleg van nieuwe kanalen, stuwen en de verruiming van de Westerwoldse A. Aan de laatste flessehals, de Pekel A, wordt thans gewerkt. Dit alles met het doel het neerslagoverschot van een gebied van 86.000 ha snel en veilig naar de Dollard af te voeren (Afb. 1).

Een belangrijke schakel binnen het geheel aan verbeteringswerken was de vernieuwing van het sluizencomplex aan de Dollard te Nieuwe Statenzijl (Afb. 2). Mede in het kader van de Deltawerken zijn aldaar door Rijkswaterstaat een nieuwe schut- en spuisluis gebouwd, en in 1991 opgeleverd. Na het gereedkomen van het complex is het eigendom, beheer en onderhoud overgedragen aan het waterschap.

Automatisering

Bij de oude spuisluis werd het spuien handmatig uitgevoerd. Het werk van het bedienend personeel te Nieuwe Statenzijl bestond voornamelijk uit het - twee keer per dag bij eb - openen en sluiten van de sluisdeuren en/of de schuiven in de deuren.

In 1987 kreeg het waterschap van Rijkswaterstaat de wens gehonoreerd om het gehele spuiproces te automatiseren. Naast de besparing op de personele lasten was de verfijning van het peilbeheer een belangrijk doel. Peilfluctuaties tengevolge van de handbediende wijze van spuien kunnen met behulp van automatisering worden afgevlakt. Het gevolg van de reductie van de peilfluctuaties is ondermeer dat honderd kilometer oever, minder wordt belast.

Het Operationele Beheers Systeem

In opdracht van het waterschap werd een zogenaamd operationeel beheerssysteem gebouwd, dat is onder te verdelen in de volgende elementen:

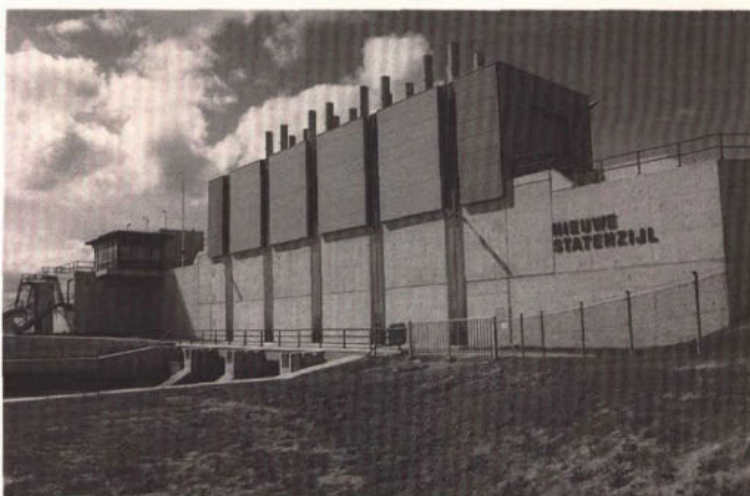
- Een centrale computer op de sluis. De kern van het besturingssysteem wordt gevormd door een neerslag-afvoermodel en een hydrodynamisch stromingsmodel. De uitkomsten van modelberekeningen worden gepresenteerd met een software-



Afbeelding 1. Beheersgebied Dollardzijlvest.

pakket voor procesvisualisatie en bediening. De computermodellen berekenen het waterbezwaar en stellen vast welke schuiven in de sluis geopend dienen te worden. Deze informatie wordt verstuurd naar een besturings-PLC die het openen en sluiten van de schuiven regelt.

- Een meetnet voor de bepaling van waterstanden, neerslag en debieten, in het veld, langs de boezem en op zee.
- Een telemetriesysteem te Nieuwe Statenzijl, dat met behulp van een PC zorgdraagt voor het verzamelen van meetgegevens via het openbare telefoonnet. Voorts wordt gebruik gemaakt van het Monitoring Systeem Waterstanden van Rijkswaterstaat, waarmee de informatie over de te verwachten zee-waterstand wordt verkregen.
- De besturings-PLC, die tevens de taak heeft de veiligheid van de werktuigbouwkundige en elektrische installaties te bewaken. Hiermee wordt een serie van controles uitgevoerd voordat het openen of sluiten van schuiven werkelijk wordt gerealiseerd.



Afbeelding 2. De geautomatiseerde spuisluis van Nieuwe Statenzijl.

8.2 Automatisering van de bemaling in de Noordoostpolder

ing. M.V. Keijzer
Waterschap Noordoostpolder

De Noordoostpolder (48.000 ha) bestaat uit twee afdelingen die door middel van een aflaatswerk met elkaar zijn verbonden (Afb. 3). De lage afdeling wordt bemalen door 2 gemalen: elektrisch gemaal Buma en dieselgemaal Vissering.

Om reden van waterkwaliteit is de huidige waterbeheersing erop gericht de vaarten van de hoge en lage afdeling met behulp van het aflaatswerk door te spoelen met overtollig water van de hoge afdeling. De gemiddelde uit de polder gemalen hoeveelheid water bedraagt 400 miljoen m³/jaar.

Sedert de ingebruikname van de gemalen is alleen op gemaal Vissering één van de motoren vervangen door een half-automatische dieselmotor. De overige installaties zijn ongewijzigd gebleven. Alle gemalen konden voorheen uitsluitend bemand functioneren.

Automatisering van het gemaal Buma

Bij het instellen van het waterschap Noordoostpolder in 1986, was een van de eerste taken het automatiseren van het elektrische gemaal Buma in Lemmer (capaciteit 1710 m³/minuut verdeeld over 3 pompenheden).

Acceptatie van de automatisering door het bedienende personeel werd als zeer belangrijk ervaren. Niet alleen om een hoog rendement van de investeringen te bereiken, maar ook ten behoeve van de motivatie van het personeel, waardoor een goed werkklimaat kan worden behouden.

Het personeel is vanaf het begin bij de automatiseringsplannen betrokken. De uitwerking vond zoveel mogelijk plaats in eigen beheer. Het opstellen van de plannen duurde door de inbreng van het personeel mogelijk wat langer, maar door de betrokkenheid, het meedenken en het meewerken bij de uitvoering, kon ervaring worden opgedaan met de nieuwe installatie.

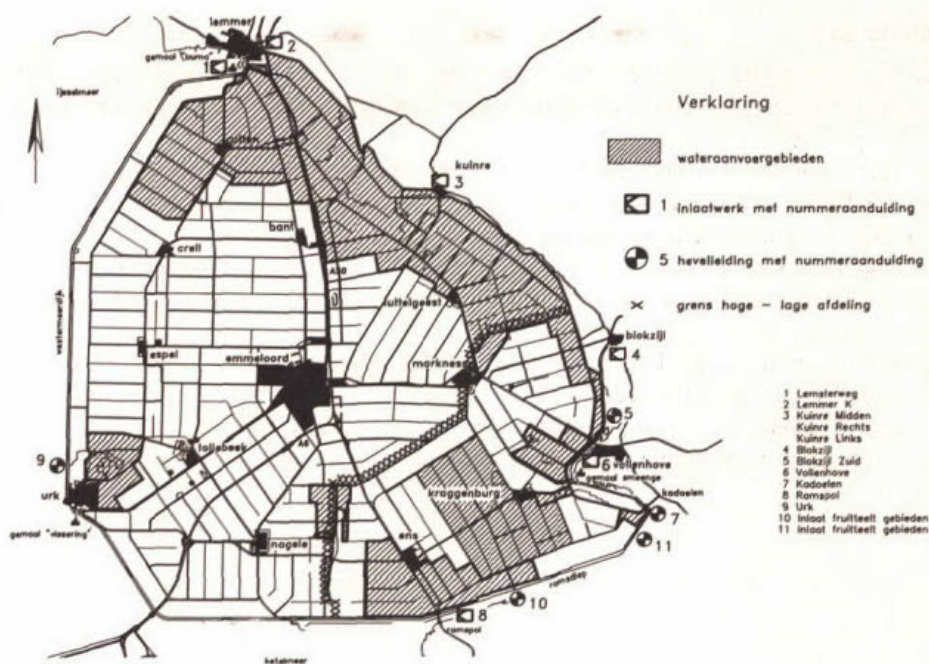
Systeemconcept

De automatisering van het geheel aan hoofdgemalen, de onderbemalingen en de inlaatswerken van de Noordoostpolder, zal over meerdere jaren plaats vinden. Uiteindelijk zullen vanuit een hoofdpst alle installaties worden aangestuurd.

Bij de aanvang van de automatisering is als uitgangspunt gekozen dat de geautomatiseerde installaties als zelfstandige eenheden werken. Is voldoende ervaring opgedaan, dan worden de installaties gekoppeld en kan de hoofdpst de bediening overnemen.

De besturing van de pompen op Buma vindt plaats met behulp van een PLC. De actuele status, storing en registratie worden door middel van een telemonitoringsysteem opgevraagd, gemeld en opgeslagen.

Het telemonitoringsysteem is via het openbare telefoonnet bereikbaar en daarmee relatief kwetsbaar. Om een grotere veiligheid te verkrijgen, is gekozen voor een



Afbeelding 3. Beheersgebied Noordoostpolder.

splitsing tussen besturing en doormelding.

Speciale aandacht is besteed aan de beveiliging van de lagers in de elektromotoren en de tandwielkasten. De beveiliging vindt plaats via een schokpulsmeting. Te grote trillingen in de pomp en de aandrijving worden eveneens bewaakt. Met dit systeem kan de conditie en de smering van de lagers worden bepaald, waarmee informatie ten behoeve van het onderhoud beschikbaar komt.

Er zijn voorts verschillende beveiligingen van de op het gemaal opgestelde installaties. Indien zich ontoelaatbare situaties voordoen, wordt dit aan de huidige centrale post gemeld.

Veranderingen in de bedrijfsvoering

Na de automatisering van gemaal Buma is het bemalingsregime in het beheersgebied gewijzigd. Werd eerst hoofdzakelijk overdag bemalen, nu kan worden geprofiteerd van het goedkopere nachstroom-tarief. De besparing op de energiekosten is aanzienlijk.

Automatisering van de overige installaties zal de energiekosten verder verminderen, maar belangrijker is dat de flexibiliteit van het gehele bemalings- en waterinlaatsysteem wordt vergroot en er snel en automatisch wordt gereageerd op neerslagsituaties.

Resultaten

Het omgaan van het personeel met de geautomatiseerde systemen is zonder veel problemen verlopen. De gewijzigde werkomstandigheden - meer werk in eigen beheer - werden positief ervaren.

Het betrekken van het personeel bij de voorbereiding, het ontwerpen en de uitvoering, heeft een verdieping van hun kennis opgeleverd, die bij de automatisering van de andere installaties kan worden aangewend.

Vermindering van de kosten zijn opgetreden door gebruik te maken van het goedkope nachstroomtarief en de situatie dat er nu minder overuren gemaakt behoeven te worden.

De peilbeheersing is duidelijk verbeterd, ondanks het feit dat er slechts een van de drie gemalen is geautomatiseerd.

Verdere optimalisatie van het systeem kan worden bereikt door in de toekomst in te spelen op de te verwachten weersituatie en ook andere lokaties aan te sluiten op de centrale post.

8.3 Automatische stuwen in Salland

ir. C.J.H. Griffioen
Waterschap Salland

Het waterschap Salland heeft circa 200 klepstuwen en 100 overlaten in het beheersgebied.

Ter plaatse van de lozingspunten van de drie grote hoofd-afwateringseenheden van het beheersgebied bevinden zich grote hoofdstuwen (Afb. 4). Omdat de berging van kanalen en weteringen gering is, reageert de afvoer, met name in natte perioden, snel op neerslag.

In het Overijssels Kanaal - van Hankate naar Zwolle - zijn een drietal stuwen in serie opgenomen. Via dit kanaal watert een gebied van circa 14.000 ha af. In het verleden werden deze drie stuwen handmatig bediend. Het stuwbeheer werd uitgevoerd door een uitvoerder, met de nodige kennis over het afwateringsgebied en inzicht in de relatie tussen de hoeveelheid neerslag en de te verwachten afvoer. Ook de invloed van de wind (opwaaiing) werd in het stuwbeheer betrokken.

De drie hoofdstuwen zijn opgenomen in het provinciale oppervlaktewatermeetnet. Het waterschap is verplicht de uitgaande en eventueel inkomende waterhoeveelheden nauwkeurig te meten.

Automatisering

In 1986 zijn de genoemde stuwen geautomatiseerd en is tegelijkertijd meet- en registratieapparatuur aangebracht. In eerste instantie is de regeling van de stuwen gebaseerd op het handhaven van een constant bovenstrooms waterpeil. Dit betekent dat de stuwklep continu in beweging is. De hoeveelheid water die in een bepaalde periode tot afstroming komt wordt bepaald op grond van de continue registratie van de klepstand en boven- en benedenstroomse peilen. Met behulp van een geijkte Q-h relatie, wordt vervolgens het debiet berekend.

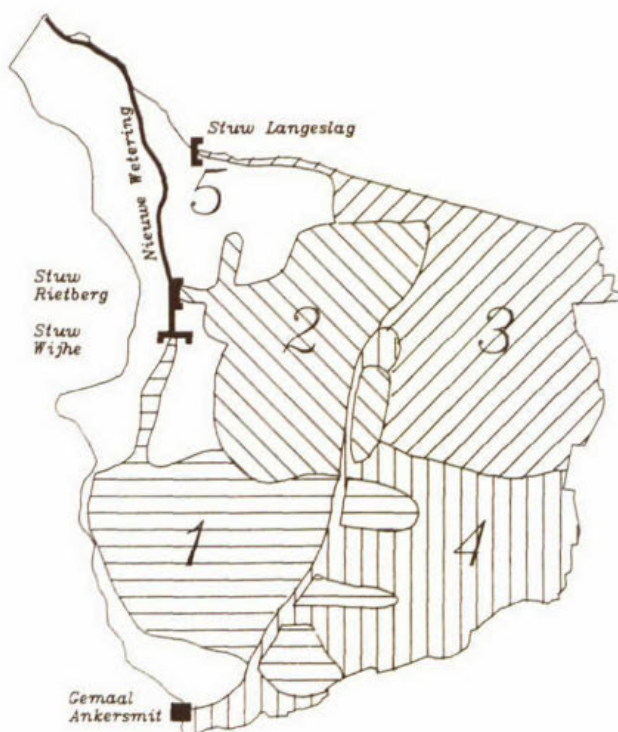
Speciale aandacht is besteed aan de nauwkeurige meting van het waterpeil. Hiertoe wordt gewerkt met drukdozen die automatisch worden gekalibreerd met behulp van peilnaalden.

Resultaat

Een positief gevolg van de automatisering van de stuwen is dat de verschillende afvoeren bij lagere peilen tot stand komen dan voorheen. Hiermee is de kans op het overschrijden van het maatgevend peil beduidend afgenomen.

In tijden van waterschaarste is het stuwbeheer erop gericht om zoveel mogelijk water te bufferen en in geval van wateraanvoer geen water uit het gebied te laten stromen. Dit wordt gerealiseerd door wateraanvoer naar het beheersgebied en het tot boven het oppervlaktewater regelen van de stuwen.

Door klimatologische- en grondwaterstandsgegevens te combineren met de gemeten peilen en de berekende afvoeren bij de stuwen, is aanzienlijk meer inzicht verkregen in het aan- en afvoerproces binnen het gehele beheersgebied.



Afbeelding 4. Afwateringseenheden beheersgebied waterschap Salland.

Toekomstbeeld

Met behulp van de opgedane kennis en de inzet van stromingsmodellen voor oppervlakte- en grondwater, is het in de toekomst mogelijk het beheer van de stuwen vast te stellen op grond van de neerslagverwachting, de actuele neerslag en de gemeten stand van het grondwater. Voor extreme situaties met hoge afvoergolven is het met deze werkwijze mogelijk om optimale stuwscenario's vast te stellen.

Een voorwaarde voor een dergelijke sturing is dat er op een centrale hoofdpost (het waterschapshuis) een sturingsprogramma actief is, dat continu wordt gevoed met gegevens van de meet- en registratieapparatuur en de te besturen stuwen.

De inspanningen en kosten die gemaakt moeten worden om de huidige lokale regeling op de genoemde wijze te verfijnen, zullen moeten worden afgewogen tegen het te verwachten resultaat: een beter peilbeheer.

De grootste verbetering ten opzichte van de oorspronkelijke situatie met handbediende stuwen, is reeds gerealiseerd door de automatisering en een eenvoudige regeling op een constant bovenwaterpeil.



Afbeelding 5. Automatische klepstuw in de Soestwetering (afwateringsgebied 10.000 ha).

9 Meetnetten voor operationeel waterbeheer (tweede lezingenmiddag)

9.1 Kwantiteitsmeetnet Friese Boezem

ing. M. Hallema
Waterschap Friesland

De Friese boezem wordt gevormd door de meren, kanalen en vaarten in de provincie Friesland, die in open verbinding met elkaar staan. De oppervlakte van de boezem bedraagt 14.000 ha. Het totale afwateringsgebied heeft een oppervlakte van 305.000 ha.

Tot 1 januari 1993 werd het peilbeheer van de boezem uitgevoerd door de provincie. Per 1 januari 1993 is deze taak, alsmede het kwaliteitsbeheer van het oppervlaktewater, opgedragen aan het hiervoor opgerichte Waterschap Friesland.

Voor het beoordelen van het waterbeheer en voor het ontwikkelen van nieuw beleid, is het noodzakelijk om over voldoende gegevens te kunnen beschikken. Het gaat hierbij om waterhuishoudkundige informatie zoals: meteorologische omstandigheden, waterstromen, waterstanden en infrastructuur. Daarnaast is veelal informatie nodig over de bij het waterbeheer betrokken belangen. Hiervoor ligt de verantwoordelijkheid over het algemeen bij andere instanties dan de waterbeheerder.

Registratie vanaf het jaar 1825

Om over voldoende gegevens voor het kwantiteitsbeheer van de boezem te kunnen beschikken, is er in de loop der jaren een uitgebreid kwantiteitsmeetnet ontwikkeld. De oudste gestructureerd verzamelde informatie over het boezembeheer in Friesland dateert van 1825. Dit zal geen toeval zijn. In dat jaar werd Friesland namelijk geteisterd door overstromingen, waarbij mensen en veel vee omkwamen. De schade aan gebouwen en landerijen was groot.

Tot ongeveer 1970 zijn de waarnemingen handmatig geweest. Het betrof waterstanden en tijden van afstroming. Bij het totstandkomen van het eerste boezemgemaal, het Ir. D.F. Woudagemaal bij Lemmer (een stoomgemaal), zijn rond 1910 de gegevens gebruikt om balansberekeningen te maken ten behoeve van de capaciteitsbepaling van het gemaal. Dit stoomgemaal is nog steeds functioneel. Ten behoeve van de totstandkoming van het tweede boezemgemaal is in de vijftiger jaren een uitgebreide balansstudie uitgevoerd uitmondend in het rapport "Bemaling Frieslands boezem". Ten behoeve van de balansberekeningen waren toen reeds alle (lozings- en inlaat)kunstwerken als meetstation geijkt.



Afbeelding 1. Hulpeilschaal Nesserzijl.

Gegevensopslag

Begin zeventiger jaren is, om meer en betere informatie over het waterbeheer te verkrijgen, begonnen met het continu registreren van de variabele informatie. Dit geschiedde op papier, terplaatse van de waterstandsm Meetpunten. Om ook van de aan- en afvoerkunstwerken meer variabele informatie vastgelegd te krijgen en de verwerking ervan tot aan- en afgevoerde hoeveelheden minder arbeidsintensief te doen zijn, werd in 1972, aan een bureau opdracht verstrekt tot het ontwerpen van een automatisch registratiesysteem. In die tijd waren er geen op het waterbeheer toegesneden systemen op de markt. De eerste PLC-bestuurde installatie, waarbij alle variabele gegevens op magneetband werden vastgelegd, werd geplaatst op de sluizen te Dokkumer Nieuwe Zijlen.

De ervaringen waren goed. De boezembeheerder beschikte over meer en betrouwbaardere informatie die computermatig werd verwerkt. Dit was aanleiding om over te gaan op geautomatiseerde registratiesystemen op alle lozings- en inlaatmiddelen en op de drie belangrijkste stuwen in de Zuidoosthoek van de provincie.

Deze systemen, die geheel programmeerbaar zijn, zijn gering van omvang en de registratie vindt in geheugens plaats; eerst in EPROM-geheugens, nu in RAM-geheugens met een eigen energievoorziening. Ook Dokkumer Nieuwe Zijlen is later met een dergelijk systeem uitgerust.

De programmeerbaarheid van de installaties maakt het mogelijk op betrekkelijk eenvoudige wijze structuur aan te brengen in bijvoorbeeld de informatievastlegging en ook signaleringen op te nemen.

In 1979 werden ten behoeve van het dagelijks peilbeheer op 6 plaatsen in de boezem telefonische waterstandsmelders geplaatst. De peilbeheerder werd daardoor minder afhankelijk van het wel of niet aanwezig zijn van dienstdoend personeel in het veld; veelal brugwachters.

Het huidige meetnet

De omvang van het huidige kwantiteitsmeetnet op de boezem bedraagt:

- 10 geautomatiseerde meetstations voor de aan- en afvoerbepaling
- 11 waterstandsmeetstations waar continu wordt geregistreerd (geheugen, papier)
- 8 telefonische waterstandsmelders
- 17 waterstandsmeetpunten waar dagelijks om 12.00 uur de waterstand wordt opgenomen
- 7 stuwen (automatisch gestuurd) met een continue stuwstandregistratie (op papier)
- 2 stuwen (handbediend) waarvan de registratie handmatig plaatsvindt.

Alle informatie wordt computermatig verwerkt en vastgelegd in bestanden. Er worden etmaalbalansen opgesteld van zowel het boezemgebied als de boezem. Afhankelijk van het doel waarvoor de informatie benodigd is, kunnen de basis- of verwerkte gegevens, verder worden bewerkt, ook ten behoeve van statistische analyse.

9.2 Primair meetnet Roer en Overmaas

dr.ir. A.G. Segeren

ing. P.H.J. Hulst

Waterschap Roer en Overmaas

Het waterschap Roer en Overmaas is een kwantiteitswaterschap met een beheersgebied van circa 95.000 ha., gelegen in het zuidelijke deel van Limburg. In Afb. 2 is het beheersgebied van het waterschap weergegeven alsmede de belangrijkste watergangen.

Het noordelijk deel van het beheersgebied bestaat voornamelijk uit hooggelegen zandgronden, het zuidelijke deel voornamelijk uit sterk hellende löss gronden. In het beheersgebied liggen enkele grote stedelijke kernen zoals Heerlen, Geleen, Sittard, Roermond en Maastricht.

Met name de in het gebied voorkomende hellingen, al dan niet in combinatie met stedelijk gebied, zorgen voor een sterk fluctuerende afvoer, met duidelijke pieken. Voor het waterbeheer is tevens het gegeven van belang dat een groot gedeelte van de stroomgebieden van een aantal watergangen, in Duitsland en België is gelegen.

Inrichting geautomatiseerd meetnet

Het waterschap heeft in 1988 besloten over te gaan tot de inrichting van een volledig geautomatiseerd primair meetnet. De uitvoering van het meetnet is in dat jaar gestart en volgens de huidige planning wordt het meetnet in 1994 voltooid. Dan zal het meetnet bestaan uit 26 debietmeetstations, 25 waterstandsmeetstations en 33 neerslagmeetstations.

De debietmeetstations zijn uitgevoerd als meetstuw, open profiel meting, akoestisch debietmeetstation of als meetgoot. De meetgoten (Afb. 3) zijn gebruikt vanwege de specifieke afvoercharacteristieken van een aantal watergangen en het grote slibtransport. Een voorbeeld van een sterk fluctuerend debiet is gegeven in Afb. 4, het betreft hier een afvoergolf in de Geleenbeek in november 1992.

Het waterschap heeft besloten op een groot aantal lokaties neerslag te meten, omdat de afvoer in de meeste watergangen snel, binnen enkele uren, reageert op neerslag en de variatie in neerslag binnen het beheersgebied groot is. Dit betekent dat de beschikbare KNMI-gegevens niet voldoende zijn om een goed inzicht te krijgen in het neerslag-afvoerproces in de diverse stroomgebieden. De neerslag wordt gemeten met behulp van tipping buckets.

Gegevensinzameling, alarmering en regeling

Debeten en waterstanden worden geregistreerd met een interval van 15 minuten en opgeslagen in de op de meetlokaties aanwezige veldmonitoren. De centrale post verzamelt eenmaal per dag - via het openbare telefoonnet - de in de veldmonitoren aanwezige gegevens.

Naast registratie wordt het meetnet gebruikt voor alarmering in geval van extreme situaties, zoals bij hoge of juist lage afvoeren. De centrale post evalueert de binnen-



Afbeelding 2. Beheersgebied waterschap Roer en Overmaas.

gekomen meldingen en geeft deze, indien nodig, door aan de dienstdoende waterschapsmedewerker. Met behulp van het systeem wordt tevens een beperkt aantal kunstwerken geregeld.

Gegevensverwerking

Na registratie zijn de gegevens nog niet gecontroleerd op fouten en volledigheid. Bovendien zijn niet alle gegevens beschikbaar in een vorm die geschikt is voor rekenkundige en statistische bewerkingen, of voor presentatie. De gegevens worden eerst gecontroleerd op volledigheid en correctheid en indien mogelijk en nodig, aangevuld. Vervolgens worden de gegevens bewerkt en definitief opgeslagen. Controle en bewerking van de gegevens gebeurt met behulp van het software-pakket HYMOS.

De wijze van inzameling, controle, bewerking, opslag en presentatie van de gegevens heeft voortdurend de aandacht van het waterschap. Controle, bewerking en



Afbeelding 3. Meetgoot in de Geleenbeek.

opslag van de gegevens wordt volgens een gestandaardiseerde procedure uitgevoerd. Deze procedure is goed gedocumenteerd om de kwaliteit van de gegevens en de continuïteit van de verzamelde en nog te verzamelen gegevens, te kunnen waarborgen. Het waterschap stelt jaarlijks een rapportage van het meetnet op.

Onderhoud

Voor kwalitatief goede metingen is goed onderhoud van de meetconstructies en apparatuur absoluut noodzakelijk. Aan dit onderhoud wordt door het waterschap de nodige aandacht besteed. Met goed onderhoud worden foutieve metingen zoveel mogelijk voorkomen. Daarom wordt er jaarlijks een onderhoudsplan voor het meetnet opgesteld.

Gegevensgebruik

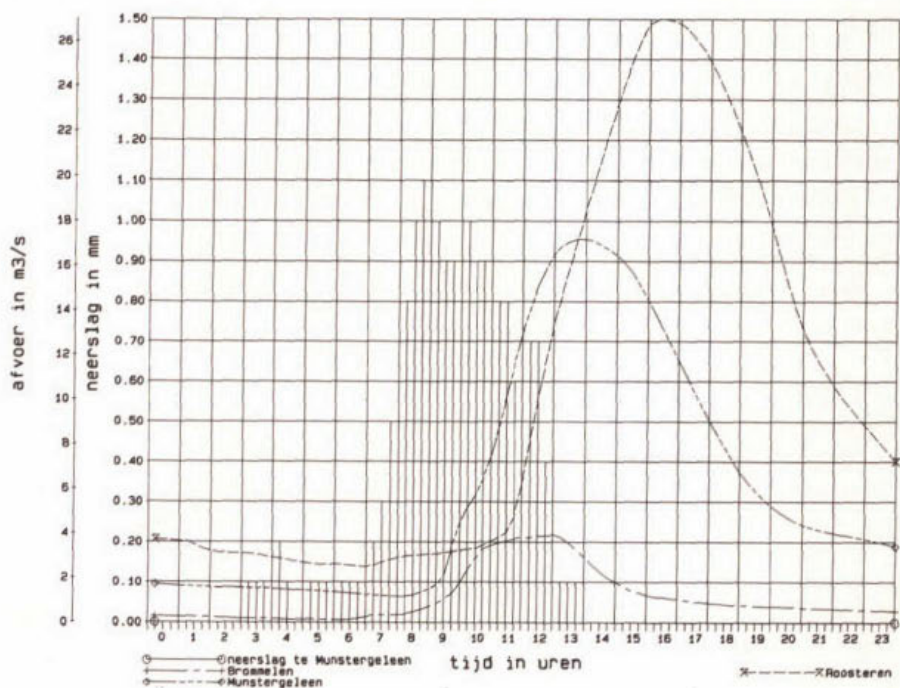
Meetgegevens zijn nodig voor beheer en onderzoek. Bij beheer dient gedacht te worden aan zowel het dagelijkse beheer, als aan de door het waterschap uitgevoerde of uit te voeren maatregelen. Ook in het kader van het opstellen van beheersplannen en het formuleren van beleid zijn meetgegevens nodig.

Gegevens voor onderzoek worden zowel door het waterschap als door derden gebruikt. Zo zijn meetgegevens bijvoorbeeld gebruikt bij het formuleren van het beleid van het waterschap ten aanzien van onttrekkingen.

In het kader van het opstellen van de beheersplannen wordt, mede op basis van beschikbare meetgegevens, bepaald welke maatregelen op welke lokatie noodzakelijk zijn.

De verzamelde meetgegevens worden voorts gebruikt bij het opstellen en actueel houden (kalibratie en validatie) van de bij het waterschap gebruikte rekenmodellen.

Er is bij het waterschap een groeiende vraag naar meetgegevens, zowel intern als extern. Het primair meetnet blijkt dan ook van groot belang voor het kwantiteitsbeheer in Zuid Limburg.



Afbeelding 4. Afvoergolf Geleenbeek, gemeten te Munstergeleen op 17 november 1992.

9.3 Monitoring Systeem Water

ir. H.W.M. Bots

Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren

Eén van de taken van de Rijkswaterstaat is het vastleggen van de waterstaatkundige toestand van het land (monitoring). Deze taak omvat zowel de waterkwantiteit (waterstanden, golven, afvoeren) als de waterkwaliteit. De meest recente ontwikkeling in het monitoringprogramma is de toevoeging van diverse biologische parameters.

Bij de Rijkswaterstaat wordt de monitoring uitgevoerd door de specialistische directies Dienst Getijdewateren en RIZA. Er wordt gemeten in de hoofdinfrastructuur van de rijkswateren.

Monitoring Systeem Water

Voor het meten van de waterstanden en debieten beschikt de Rijkswaterstaat sinds 1987 over een geautomatiseerd informatiesysteem: het Monitoring Systeem Water (MSW). Van het waterstandsmetnet, dat ca. 110 meetpunten omvat, zijn ca. 100 meetpunten volledig geautomatiseerd. De resterende punten bestaan nog uit peilschalen. Van het debietmetnet, met ca. 21 meetpunten, zijn 11 meetpunten volledig geautomatiseerd.

Het Monitoring Systeem Water is onder te verdelen in 3 delen: inwinning, centrale verwerkingseenheid en distributie.

Inwinning

Voor het meten van de waterstand wordt gebruik gemaakt van de digitale niveau-meter, een vlottergetijmeter die iedere 10 seconden een gemiddelde waarde afgeeft, die rechtstreeks op een telefoonlijn kan worden gezet. Voor de meting van debieten wordt gebruik gemaakt van de akoestische debietmeter, die eveneens iedere 10 seconden een gemiddelde waarde afgeeft. Voor de inwinning wordt gebruik gemaakt van telefoon-huurlijnen, die in verbinding staan met de centrale verwerkingseenheid. Om de kosten van de telefoon-huurlijnen beperkt te houden, wordt gebruik gemaakt van een systeem van knooppunten. Een aantal meetpunten wordt aangesloten op een knooppunt. Dat knooppunt is vervolgens verbonden met de centrale verwerkingseenheid.

Op deze wijze wordt bereikt dat er een netwerk ontstaat van ca. 100 relatief goedkope huurlijnen van maximaal 25 km lengte tussen de meetpunten en knooppunten, en 16 duurdere huurlijnen tussen de knooppunten en de centrale verwerkingseenheid. In een knooppunt worden de signalen voorzien van een zgn. rugnummer, ter identificatie op de centrale verwerkingseenheid.

Centrale verwerkingseenheid

In de centrale verwerkingseenheid wordt uit de 10-seconden gemiddelde waarden, de waterstand en de afvoer berekend. Deze zijn gedefinieerd als 10-minuten gemiddelden. Voorafgaande aan de berekening worden controles uitgevoerd op ondermeer:

- het minimum aantal waarden om een waterstand te kunnen berekenen;
- de minimum en de maximum waarde;
- het verschil tussen 2 opeenvolgende waarden.

De berekende 10-minuten gemiddelden worden opgeslagen in een cyclisch bestand van 30 dagen.

Vanwege het belang van de gegevens voor zowel de vorming van complete meetreeksen, als voor operationele doelen, is het centrale systeem dubbel uitgevoerd. Beide systemen winnen continu 10-seconden waarden in en slaan waterstanden op in elk een eigen bestand. De bestanden van beide systemen worden permanent met elkaar vergeleken op volledigheid.

Distributie

Het uitgangspunt bij de distributie van gegevens naar de gebruiker is, dat de gebruiker zelf het initiatief moet nemen om de gewenste waterstanden of debieten gepresenteerd te krijgen. Via kiesverbindingen zoekt de gebruiker contact met de database van het centrale systeem. In totaal beschikt het MSW over 12 uitgangen.

In de praktijk blijkt dat ca. 200 gebruikers informatie opvragen via het MSW. Om te voorkomen dat iedere gebruiker een eigen programma ontwikkeld om de gegevens uit het MSW op te vragen en te presenteren, heeft de Rijkswaterstaat het Multi Functionele Presentatie Station (MFPS) ontwikkeld, dat aan iedere gebruiker ter beschikking wordt gesteld.

Uitbreidingen en standaardisatie

In 1993 zal het MSW worden uitgebreid met een aantal modules, zoals:

- een faciliteit voor berichtenpagina's;
- astronomische waterstanden;
- via Q-h relaties berekende debieten;
- voorspellingen.

Het ontwikkelen van informatiesystemen is een kostbare aangelegenheid. Verschillende directies van de Rijkswaterstaat beschikken over automatische meetsystemen. Om te voorkomen dat bij iedere vervanging opnieuw het wiel moet worden uitgevonden, is het Rijkswaterstaat Meetnet Infrastructuur (RMI)-project gestart. In dit project worden standaard modules ontwikkeld die voor ieder afzonderlijk meetnet bruikbaar zijn. Tevens wordt hiermee de noodzakelijke standaardisatie in gegevensverwerking, opslag en distributie gerealiseerd.

10 Automatische sturing van watersystemen (derde lezingenmiddag)

10.1 Automatisering gemalen; van planvorming tot uitvoering

ir. G.J. de Nooy
Waterschap Groot-Haarlemmermeer

Het waterschap Groot-Haarlemmermeer is kort geleden overgaan tot automatisering van bemalingseenheden en andere kunstwerken. Doel van deze automatisering was een optimalisering van de waterbeheersing en het registreren van een aantal kenmerkende parameters.

De nadruk in dit verhaal zal liggen, naast een aantal technische aspecten, op de besluitvorming en het proces voorafgaande aan de daadwerkelijke installatie van het (telemetrie-)systeem bij het waterschap Groot-Haarlemmermeer.

Het waterschap voert het kwantiteitsbeheer over een gebied ter grootte van ca. 23.400 ha. De jaarlijkse exploitatie bedraagt ca. f 13.500.000,- waarvan f 6.000.000,- ten laste komt van de waterbeheersing. Ten laste van de bemaling komt f 2.400.000,- waarvan f 560.000,-

Planvorming

Het vertrekpunt van het waterschap in 1986 was dat de registratieplicht, zoals verwoord in de Wet op de Waterhuishouding en de verdere uitwerking hiervan in de (latere) Verordening Waterhuishouding en Waterkeringen van de provincie Noord-Holland, ertoe heeft geleid dat het waterschap zich moest gaan bezinnen op welke wijze aan deze plicht uitvoering kon worden gegeven.

Met behulp van een telemetriesysteem is het zeer goed mogelijk om op een automatische wijze de benodigde gegevens te registreren. De aan een dergelijk systeem verbonden kosten werden destijds ingeschat op ca. f 800.000,-. Om louter gegevens te registreren werd een dergelijke investering niet verantwoord geacht. Ten einde de aanschaf van een telemetriesysteem te rechtvaardigen dienden de eventuele meerwaarden gezocht te worden in het operationele beheer.

Het gegeven dat de bemalingseenheden reeds als stand-alone eenheden volledig automatisch werkten, in de alarmering was voorzien via een centrale post en de waterstanden werden geregistreerd maakte het probleem niet eenvoudiger. Een andere bron van zorg was dat het waterschap de know-how niet in huis had om de verschillende op de markt zijnde systemen te kunnen beoordelen.

De oriënteringsfase

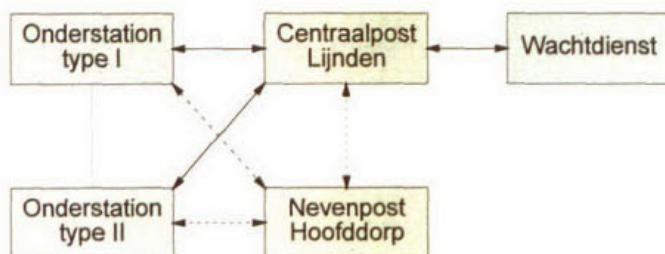
Onder het motto "om een auto te kopen heeft je zelf geen automonteur te zijn" werd besloten de uitdaging zelf aan te gaan. Voordeel van deze aanpak is dat de materie gaande weg eigen wordt, hetgeen in latere fasen veel voordelen biedt. In de periode 1986 - 1988 zijn diverse bedrijven benaderd met het verzoek hun producten te omschrijven, nader toe te lichten en te voorzien van een prijsindicatie. Tegelijkertijd werd een literatuurstudie uitgevoerd, waarbij de diverse publikaties van SAM-WAT een belangrijke rol speelden.

Aan het einde van deze periode zijn diverse collega-waterschappen bezocht teneinde opgedane ervaringen uit te wisselen. Er zijn, net als bij de aanschaf van een nieuwe auto, vele merken op de markt. Elk merk en elke prijsklasse heeft zijn voor- en nadelen, terwijl binnen een prijsklasse nog diverse uitvoeringen beschikbaar zijn. Het opstellen van een programma van eisen was onontbeerlijk geworden. Uitgangspunt daarbij was dat de fabrikant zoveel mogelijk tegemoet diende te komen aan de wensen van het waterschap. Het systeem moest passen binnen de huidige technische configuratie teneinde aanpassingen aan de bestaande installaties zoveel mogelijk te beperken.

Definitieve besluitvorming

In het voorjaar van 1990 was de nota "Automatische verzameling en verwerking van gegevens ten behoeve van het waterbeheer" gereed. Deze nota bevat zowel de achtergrondinformatie voor de bestuurlijke besluitvorming als de technische specificaties van het aan te schaffen systeem. Zo omvatte de nota een omschrijving van de doelstellingen, een algemene systeemomschrijving en een programma van eisen. Tevens werd voorgesteld offertes op te vragen bij een beperkt aantal voor-geselecteerde bedrijven.

Een kosten/baten analyse tenslotte gaf aan dat jaarlijks een bedrag van ca. f 80.000,- kon worden bespaard op personele kosten en energiekosten. De uiteindelijke kosten van het systeem waren, inclusief installatiekosten, f 617.000,-.



Afbeelding 1. Het basisschema.

Het aangeschafte systeem

Het systeem bestaat uit (Afb. 1):

- 1 centraalpost gemaal Lijnden;
- 1 nevenpost polderhuis Hoofddorp;
- 13 onderstations type I (uitgebreide uitvoering);
- 22 onderstations type II (beperkte uitvoering);
- 5 onderstations t.b.v. waterstand, grondwaterstand en neerslag.

Bij elk gemaal worden de waterstanden in het binnen- en buitenwater gemeten en geregistreerd. Indien er een krooshekreiniger aanwezig is, wordt ook het niveau achter het krooshek opgenomen. Van alle onderstations kunnen derhalve dag-, decade-, maand- en jaaroverzichten worden gemaakt. Deze overzichten worden, naast registratie, gebruikt voor een verdere optimalisatie van het beheer. Naast bovenvermelde registratie worden alle storingen en alarmeringen vastgelegd en doorgegeven aan de centraalpost in Lijnden. Buiten kantooruren worden deze doorgegeven aan de wachtdienst, die met behulp van een draagbare PC met ingebouwd modem direct kan beoordelen of ingrijpen noodzakelijk is.

Commandering op afstand is voor alle gemalen en stuwen mogelijk. De programma's zijn zodanig ingericht dat, mits er zich geen situatie van waterbezwaar voordoet, het maalbedrijf 's nachts plaatsvindt (goedkoop tarief). Het uitvoering van het gehele programma is verdeeld over een periode van 4 jaar en dient in 1994 te zijn afgerond.



Afbeelding 2. Gemaal Lijnden.

Toekomstige ontwikkelingen

Naast het nog nader uitwerken van de presentatie van de beschikbare gegevens staan ons de volgende ontwikkelingen voor ogen:

- Het verder uitwerken van de relatie neerslag-grondwaterstand-bemaling, teneinde de peilbeheersing verder te optimaliseren en te anticiperen op de neerslag (verwachting).
- Koppeling aanbrengen tussen gemaal Lijnden en waterstandsmeting in Hoofddorp teneinde opwaaiing en bemalingseffecten te vermijden.
- Inbrengen van de beschikbare gegevens in het computermodel van de Haarlemmermeerpolder.
- Koppeling aanbrengen met het meetnet van de boezembeheerder teneinde (mede) het boezembeheer te optimaliseren.

10.2 Geautomatiseerde bemaling in Zuidelijk en Oostelijk Flevoland; ervaringen met een centraal gestuurd systeem

ir. P.P. Verbrugge
Heemraadschap Fleverwaard

In 1988 is het heemraadschap begonnen met het automatiseren van de bemaling van Oostelijk en Zuidelijk Flevoland. Daar zijn een viertal gemalen bij betrokken. Het heemraadschap heeft dit in samenwerking met een adviesbureau, DHV, gerealiseerd. In de tweede helft van 1991 is het project afgerond en operationeel geworden. Het doel van het automatiseren van de bemaling was drieledig. Ten eerste de inzet personeel flexibeler maken en verminderen. Vervolgens de energiekosten verlagen en tot slot de peilhandhaving verbeteren.

Het functioneel ontwerp van het systeem is door een gezamenlijke projectgroep van het adviesbureau en het heemraadschap gemaakt. De inbreng van de toekomstige gebruikers was groot, vooral in de ontwerpfase en bij de oplevering. Voor toekomstige gebruikers bleek het vaak lastig om vooraf over een functioneel ontwerp na te denken en te formuleren hoe zij wilde dat het systeem ging functioneren. Maar ondanks het maken van een functioneel ontwerp kwamen in de realisatiefase toch onverwachte "problemen" bovendrijven.

De opzet van de samenwerking tussen adviesbureau en heemraadschap is zeer goed bevallen. Door de intensieve samenwerking tussen adviesbureau, aannemer en het heemraadschap is door het heemraadschap veel ervaring opgedaan over het peilbeheersysteem en kon in een zeer vroeg stadium het systeem toegesneden worden op de wensen van de gebruikers.

Nieuwe situatie

Kort wordt ingegaan op de beschrijving van de besturing van de gemalen. De automatische besturing van de gemalen vindt plaats op basis van een gemiddeld peil in de vaart: het "representatief polderpeil" (RPP). Aangezien er twee polderafdelingen zijn is voor elk een RPP. In- en uitschakelen van de pompen gebeurt op basis van schakelpeilen en een automatisch gekozen schakelvolgorde. Het RPP wordt vergeleken met de schakelpeilen en op basis van onder- of overschrijding worden pompen van de elektrische gemalen, Lovink en Colijn, automatisch in of uit bedrijf genomen.

Alle informatie over automatisch gemeten waterpeilen in de vaarten wordt centraal verzameld. Dit gebeurt met behulp van lokale en autonome intelligentie op de gemalen in de vorm van PLC's. Het voordeel daarvan is, dat de elektrische gemalen zelfstandig kunnen functioneren, ook als de communicatie met andere lokaties uitvalt. Alle functies die betrekking hebben op het bedrijf van de pompen worden op deze wijze lokaal geactiveerd en bewaakt.

Door de schakelpeilen van de verschillende pompen 's nachts lager te houden dan overdag wordt het kostenvoordeel van nachstroom benut. Hierdoor wordt de polder als het ware 's nachts leeggemalen.

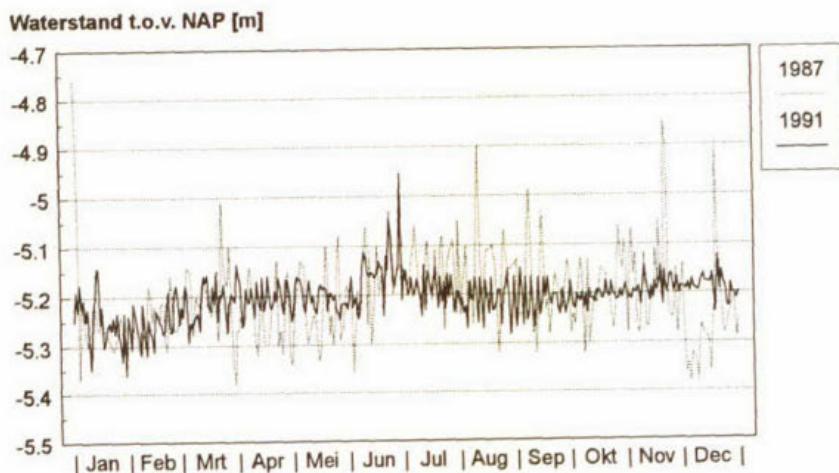
De kosten van aangesproken vermogen worden eveneens beperkt. De automatische besturing van de gemalen is zo ingesteld, dat er op Colijn maximaal twee pompen gelijktijdig in bedrijf is en op gemaal Lovink één.

Eerste ervaringen

Het bleek, zoals verwacht, dat het gebruik van de elektrische gemalen is toegenomen. Door de automatisering kunnen de elektrische gemalen onbemand draaien. De elektrische gemalen worden vooral 's nachts gebruikt om gebruik te maken van de goedkope nachttarieven van de energieleverende bedrijven. Door deze werkwijze is het ook mogelijk gebleken het bedienend personeel breder in te zetten, zodat de organisatie flexibeler geworden is.

Om een eerste indruk te verkrijgen van het resultaat voor wat betreft het peil, is het peilverloop in een natte en een droge periode in 1987 en 1991 vergeleken.

In Afb. 3 zijn dagelijkse peilwaarnemingen van de twee jaren uitgezet. Wat direct in de afbeelding opvalt is dat het waterpeil in 1991 veel minder varieert. Ook is duidelijk te zien dat extremen minder voorkomen en als ze voorkomen minder groot zijn.



Afbeelding 3. Dagelijkse peilwaarnemingen bij gemaal Lovink, voor en na automatisering.

Door het voorkomen van het aanspreken van het maximaal vermogen en gebruik te maken van de nachtelijke uren is een forse kostenreductie gerealiseerd. Gesteld kan worden dat deze de verwachtingen overtreft. Het introduceren van een systeem als dit peilbeheersysteem brengt met zich mee dat de gebruikers veel tijd besteden aan het leren omgaan en bedienen van het systeem. In de eerste periode na oplevering vergt dit veel aandacht. Ook blijkt dat de keuze in het functioneel ontwerp om zeer

veel gegevens te bewaren, moeilijkheden met zich meebrengt. Het beheer van de database vergt zeer veel tijd. Ook kan achteraf afgevraagd worden of de verzamelde gegevens allemaal wel zo nodig zijn, zoals in eerste instantie bedacht was.

De werking van het systeem is uitgebreider beschreven in Waterschapsbelangen nummer 15 (1990), terwijl een uitgebreidere analyse van het peilverloop en kosten reductie in Waterschapsbelangen nummer 20 (1992) is verschenen.

10.3 Sturing en betrokkenheid, automatisering van het waterbeheer op rivier de Linge

ing. C.A. Steketee Waterschap van de Linge
ir. G.D. Geldof TAUW Civiel en Bouw

Voor rivier de Linge is een systeem voor sturing ontwikkeld, met als uitgangspunt dat de computer moet functioneren in het verlengde van de beheerder en niet in plaats van de beheerder. De aandacht in dit artikel wordt gericht op de essentie van de gekozen manier van sturing en het belang ervan voor het waterbeheer in het algemeen en voor het waterbeheer op de Linge in het bijzonder.

Doelstellingen waterbeheer en sturing

Het Waterschap van de Linge heeft twee hoofdtaken:

- Het beheer van de Lingeboezem ten behoeve van de goede afwatering en watervoorziening van de aangrenzende gebieden.
- Het beheer ten behoeve van de scheepvaart voor een deel van de Linge en enkele zijtakken.

Bij de sturing van het waterbeheer op de Linge moeten tenminste dertien stuwen, drie gemalen, twee vrije lozingswerken en vier inlaatpunten in beschouwing worden genomen.

Uit deze hoofdtaken vloeien een aantal doelstellingen voort voor het waterbeheer en de sturing die leiden tot regels voor het waterkwantiteitsbeheer. De achtergronden van bepaalde doelstellingen hebben in sterke mate te maken met waterkwaliteitsbeheer. Impliciet wordt dus middels de sturing voor een deel inhoud gegeven aan integraal waterbeheer.

Met betrekking tot de techniek van sturing zijn aanvullend de volgende doelstellingen geformuleerd:

- De betrokkenheid van de beheerder bij het dagelijks waterbeheer moet behouden blijven en - zo mogelijk - worden versterkt.
- Het systeem voor sturing moet gefaseerd kunnen worden opgezet en flexibel zijn met betrekking tot toekomstige ontwikkelingen.
- De programmatuur voor de kunstwerken moet zoveel mogelijk uniform zijn. In het ideale geval bevat elk kunstwerk dezelfde software, echter met verschillende waarden voor de parameters.
- De gemalen worden betrokken in het systeem van sturing, echter de inzet ervan moet niet automatisch plaatsvinden. Dit blijft een taak voor de machinisten.

Intelligentie op drie niveaus

Bij de ontwikkeling van het sturingssysteem voor de Linge hebben in sterke mate de menselijke hersenen model gestaan (Tabel 1). Deze kunnen opgebouwd worden gedacht uit drie lagen: de hersenstam, het limbisch systeem en de neocortex.

Vanuit de hersenstam worden de activiteiten gecoördineerd die van direct belang zijn voor de overleving (eten, bewegen, voortplanting, etc.). Prikkels vanuit de

omgeving of vanuit het lichaam worden omgezet in actie. Deze actie komt instinctmatig tot stand.

Het limbisch systeem voegt enkele belangrijke functies toe. In het limbisch systeem zetelen de emoties en ook levert het enige mogelijkheden om te leren (stimulus-respons).

Aan de neocortex ontleen we de mogelijkheden om bijvoorbeeld te praten en te creëren en het stelt ons in staat op lange(re) termijn te denken. We kunnen vooruit kijken in de tijd om vervolgens ons gedrag daarop aan te passen.

Deze opbouw in drie lagen, zie tabel, is volledig terug te vinden bij het ontwikkelde systeem van sturing op rivier de Linge.

Tabel 1. Analogie tussen het systeem van sturing op rivier de Linge en de menselijke hersenen.

Sturing op de Linge	Menselijke hersenen
De beheerder:	de neocortex
Het KALWAAR-algoritme:	het limbisch systeem
Lokale regeling:	de hersenstam

De lokale regeling omvat een meet- en regelcyclus die continu wordt doorlopen en is aanwezig bij ieder kunstwerk. De lokale regelingen zorgen ervoor dat de kunstwerken te allen tijde blijven functioneren. Dit functioneren kan als "instinctief" worden bestempeld. Er is nog geen sprake van een afstemming tussen de diverse kunstwerken.

Het KALWAAR-algoritme (KALman-filter voor de Water Aan- en Afvoer Regeling), dat haar wortels heeft in de WAAR-regeling van de provincie Groningen, is geïmplementeerd in de centrale post en heeft de mogelijkheid om op regelmatige tijden via het openbare telefoonnet te communiceren met de onderstations (de kunstwerken). Het KALWAAR-algoritme stemt de activiteiten van de diverse kunstwerken op elkaar af door de setpoints van de lokale regelaars bij te stellen en heeft de mogelijkheden om op korte termijn vooruit te "denken". Het richt zich op het gewenste beheer zoals een kat zich voorafgaand aan z'n sprong richt op de rand van de schutting.

De beheerder bevindt zich op het hoogste niveau van de sturing. Hij neemt de beslissingen als effecten op tegenstrijdige belangen tegen elkaar afgewogen moeten worden en stelt prioriteiten met betrekking tot de inzet van de kunstwerken. Er moet een afweging worden gemaakt. Bij het systeem voor de Linge wordt deze afweging gemaakt door de beheerder. Het resultaat van de afweging, een beslissing met onzekerheden, wordt ingebracht in het KALWAAR-algoritme. Het KALWAAR-algoritme neemt vervolgens contact op met alle onderstations en past de setpoints aan.

Ook al zou de ontwikkeling van de kunstmatige intelligentie (KI) zover komen dat bovengenoemde afweging even goed of zelfs beter door een computer kan worden uitgevoerd, dan moet de beslissing toch te allen tijde door de beheerder worden

genomen. Computers kunnen namelijk nooit verantwoordelijk worden gesteld voor hun daden, mensen wel. De verwachting echter is dat het met computers nooit zover zal komen, want het ontbreekt hun volledig aan betrokkenheid. Daarom zullen ze wellicht nooit in staat zijn complexe situaties goed te beoordelen. Waar wel op "korte" termijn wat van te verwachten is, is de ontwikkeling van neurale netwerken. Deze zouden als extra laag tussen de beheerder en het KALWAAR-algoritme kunnen worden ingevoegd.

Tot slot

Door de opbouw van het systeem voor sturing in drie lagen kan het systeem gefaseerd worden aangelegd. De eerste stap betreft de automatisering van de kunstwerken en het inbouwen van lokale regelingen op basis van vaste setpoints (de instincten). De tweede stap betreft de aansluiting op de centrale post en de basisinstelling van het KALWAAR-algoritme. Vervolgens kan de beheerder het systeem laten "evolueren" naar een geoptimaliseerd systeem, dat mee kan veren met de dynamiek van het waterbeheer.

Het systeem zoals hierboven beschreven is volop in uitvoering. De stuwen en inlaten worden geautomatiseerd en er is een aanvang gemaakt met de ontwikkeling van de benodigde software. Eén ding staat vast: aan betrokkenheid van de beheerder zal het niet ontbreken.

11 Van meten tot geautomatiseerd verwerken (vierde lezingenmiddag)

11.1 Meetplan waterbeheer Zeeuwsch-Vlaanderen

ir. P.J. Stouten

Adviesdienst Waterbeheer Zeeuwsch-Vlaamse Waterschappen

Met de verdergaande ontwikkelingen op het gebied van integraal waterbeheer wordt de behoefte aan meetgegevens steeds nadrukkelijker. Het gaat hierbij om meer metingen en detail, om beter inzicht te krijgen in processen en de actuele situatie van de waterbeheersing.

Een brede kijk op het waterbeheer wordt gecombineerd met een verdere verfijning van kennis, zodat een optimale beleidsvoorbereiding kan plaatsvinden en het beheer en onderhoud kan worden afgestemd op actuele gegevens.

Door de Adviesdienst Waterbeheer van de drie Zeeuwsch-Vlaamse waterschappen (De Drie Ambachten, Hulster Ambacht en Het Vrije van Sluis) is een opzet gemaakt voor een integraal meetplan voor het waterbeheer, waarin zowel kwantitatieve als kwalitatieve aspecten zijn opgenomen.

Ligging

Zeeuwsch-Vlaanderen wordt in het noorden begrensd door de Westerschelde, een belangrijke vaarweg voor de zeeschepen naar Vlissingen, Terneuzen/Gent en Antwerpen en een waardevol natuurgebied met unieke schorgebieden zoals het Land van Saeftinghe. In het zuiden vormt België de begrenzing van Zeeuwsch-Vlaanderen.

Op diverse plaatsen stroomt (zoet) oppervlaktewater vanuit België vrij af, of wordt water door middel van een gemaal over de grens gepompt. De afwatering in Zeeuwsch-Vlaanderen is grotendeels zuid-noord gericht.

In de Wet op de Waterhuishouding zijn onder andere de registratie, het peilbesluit en het waterakkoord als beheersinstrumenten vastgelegd. De afwatering vanuit België naar Zeeuwsch-Vlaanderen valt niet onder dit instrumentarium (Traktaat van 1843 op rijksniveau) maar de afwatering vanuit Zeeuwsch-Vlaanderen naar de Westerschelde wel. De Minister van Verkeer en Waterstaat heeft in het Uitvoeringsbesluit de registratie van deze gegevens nog niet verplicht gesteld.

Opzet meetplan

De opzet van een meetplan is uitgewerkt voor het beheersgebied van het waterschap De Drie Ambachten. Hiertoe zijn de aanwezige routinematige metingen kritisch bezien en is een betere afstemming van kwantiteits- en kwaliteitsmetingen bepaald. Daarmee wordt een koppeling van waterstanden en debieten met kwaliteitsparameters mogelijk, zodat stoffenbalansen kunnen worden opgesteld.

Een voordeel van het automatiseren van de registratie is voorts het vervallen van vele handmatige peilopnamen in de waterlopen van de polders, gevolgd door een berekening van debieten met behulp van afvoerformules of draaiuren. Dit levert een aanzienlijke besparing van menskracht en kilometers op.

De uitgevoerde inventarisatie heeft geresulteerd in een meetnet voor het oppervlaktewater van 28 lokaties (8 gemalen, 4 sluizen, 13 stuwen en 3 duikers). Op deze lokaties zullen de waterstanden en debieten worden geregistreerd, aangevuld met (waar nodig) kwaliteitsparameters als chloride, geleidbaarheid en temperatuur. Voorts worden ook schuifstanden, draaiuren, statusmeldingen, e.d. geregistreerd. Bovendien zal op drie lokaties in het gebied de neerslag worden geregistreerd. Het registreren van grondwaterstanden zal in eerste instantie niet worden meegenomen, doch kan eventueel in een later stadium worden toegevoegd.

De in te winnen gegevens zullen enerzijds worden gebruikt voor de lokale besturing van objecten en worden anderzijds op een centrale post in het waterschapskantoor opgeslagen en verder verwerkt.

Integratie met meetnet riolering en zuiveringen

Naast de inventarisatie van de oppervlaktewateren is ook een inventarisatie van de zuiveringstechnische werken uitgevoerd. Gelet op onder andere een goed functioneren van de rwzi en ter beperking van de overstorten vanuit rioolstelsels naar het oppervlaktewater, zullen 31 rioolgemalen worden opgenomen in een geautomatiseerd meetnet ten behoeve van sturing, signalering, alarmering en gegevensinwinning en -verwerking. Hierbij zal een centrale post op de rwzi D.D.A. worden geïnstalleerd.

De genoemde meetnetten voor het oppervlaktewater en zuiveringstechnische werken worden gecombineerd in één geautomatiseerd systeem. Belangrijk hierbij is dat een sturing van individuele objecten vanuit de centrale hoofdpst(en) mogelijk is en dat een centrale signalering van storingen en alarmering naar de dienstdoende medewerker van de storingswachtendienst wordt gerealiseerd.

Aanvragen offertes

Nadat per lokatie/object de aanwezige en te vernieuwen apparatuur was aangegeven, is bij vier bedrijven vrijblijvend een offerte aangevraagd voor de levering en installatie van een geautomatiseerd systeem voor sturing, inwinning, registratie en alarmering.

Voor de offerte-aanvragen is geen gedetailleerd bestek gemaakt, doch is een globaal programma van eisen opgesteld. Hierbij is aangegeven welke eisen ten aanzien van de inpasbaarheid en aansluiting op diverse objecten gelden en hoe de aansluiting op het computersysteem op het waterschapskantoor en de rwzi dient te worden gerealiseerd.

Met elk van de benaderde bedrijven is de totaal-opzet besproken en zijn zoveel mogelijk (naar wens) objecten bezocht. Hierbij is de exacte situatie met betrekking tot aanwezige elektrische installatie, schakelkast, beschikbare inbouwruimte, e.d. per object vastgelegd. Deze gesprekken en bezoeken zijn de basis geweest voor het uitbrengen van de offertes.

Offertes, keuze en planning

De gevolgde aanpak heeft geleid tot een veelheid aan informatie in vier uitvoerige en goed gedocumenteerde offertes, waarin ook diverse alternatieven zijn opgenomen. Dit maakte een goede onderlinge vergelijking niet eenvoudig. Naast het feit dat de totale prijsstelling van de vier offertes nogal uiteen liep, waren ook de inhoudelijke verschillen zodanig groot, dat niet snel tot een vergelijking en een keuze voor één van de systemen kon worden gekomen.

Bij de inhoudelijke beoordeling en onderlinge vergelijking is een extern ingenieursbureau betrokken. Hierbij is gebleken dat een technische beoordeling en onderlinge vergelijking op basis van het globale programma van eisen niet kon leiden tot een gefundeerde keuze van één van de vier geoffreerde systemen. Besloten is een verder gedetailleerd programma van eisen op te stellen en een en ander nader uit te werken in de vorm van een bestek voor levering en installatie van een compleet systeem.

Na de definitieve keuze zal de realisatie van het gehele geautomatiseerde meetnet, met gegevensinwinning, besturing van de objecten en alarmering, gefaseerd plaatsvinden in een periode van 3 à 4 jaar.

11.2 Gegevens verwerken en bewerken, een proces in ontwikkeling

ing. S.B. Bouma

Hoogheemraadschap van Delfland

Delfland is een waterschap met een oppervlakte van circa 40.000 ha. Tot het takenpakket van Delfland behoort het kwantiteitsbeheer van polder- en boezemwater. Er zijn circa 60 polders met een totale oppervlakte van 25.000 ha. Voor het peilbeheer in de polders wordt gebruik gemaakt van circa 180 gemalen en meer dan 200 stuwen. Door 95 poldergemalen wordt uitgemaal op het boezemwater en daarnaast loost circa 9700 ha boezemland direct op het boezemwater. Voor het peilbeheer van de boezem zijn 6 gemalen en 2 sluizen beschikbaar die het water kunnen afvoeren. Voor de wateraanvoer kan met twee gemalen water worden ingemalen.

Historie

Voor 1980 werden al op diverse plaatsen, handmatig en met papierschrijvers, gegevens geregistreerd en verwerkt. Registraties vonden plaats bij alle boezemgemalen, alle poldergemalen, op een aantal plaatsen in boezem- en polderwater, en bij regensmeters. De geregistreerde gegevens werden op kantoor verzameld, verwerkt en opgeborgen. Er werden destijds een aantal bewerkingen uitgevoerd zoals het bepalen van draaiuren en hoeveelheden voor diverse overzichten, rapportages, balansen en dergelijke. De registratie van peilen werd alleen bewerkt bij extreme situaties en in het geval dat er problemen waren.

Deze werkwijze had als nadeel dat ze bewerkelijk was en dat er veelal lange perioden gemoeid waren met het beschikbaar komen van de resultaten. De gegevens waren slecht toegankelijk voor analyse en uitgebreidere bewerkingen.

Na 1980 is bij Delfland gestart met het automatiseren van alle poldergemalen (Afb. 1). Het gevolg hiervan was dat bij de poldergemalen minder vaak personeel aanwezig was en ook minder gegevens werden vastgelegd. Dit was voor Delfland de aanleiding om ook de registratie te automatiseren, zodat er voldoende gegevens beschikbaar zouden blijven.

Een belangrijke reden voor deze keuze was voorts dat er inmiddels voldoende systemen voor registratie op de markt waren gekomen tegen een acceptabele prijs. Automatiseren van de registratie maakt het tevens mogelijk dat ook de opslag en de verwerking van gegevens wordt geautomatiseerd. In 1990 werd gestart met het installeren van de eerste dataloggers. Momenteel staan er 50 dataloggers bij poldergemalen en 5 dataloggers op diverse lokaties in de boezem. De komende jaren zal dit aantal nog worden uitgebreid met 30 dataloggers bij poldergemalen en boezemgemalen. In totaal zullen er dan circa 80 dataloggers functioneren.

Beschikbare gegevens

Door de verschillende dataloggers worden de volgende gegevens vastgelegd:

- het tijdstip waarop gemaal aan en uit gaat;
- peil(en) voor en/of achter het gemaal, iedere 5 minuten;



Afbeelding 1. Gemaal van de Dijkpolder te Maasland.

- alarmen per soort, het tijdstip en de afhandeling;
- het toerental waar dit van belang is;
- de stand van afsluiters waar dit van belang is.

Er wordt aan gedacht om in de toekomst het energieverbruik bij alle gemalen vast te leggen en in enkele gevallen zal ook de aanwezige neerslagmeting door de aanwezige datalogger worden geregistreerd.

Op het kantoor van Delfland staat een computer die elke dag de gegevens van alle dataloggers opvraagt. Het opvragen gebeurt normaal iedere morgen vlak voor werktijd. Tussentijds is het ook mogelijk de gegevens op te vragen. Na opvraag zijn alle gegevens in de database van de centrale computer beschikbaar voor verdere verwerking.

Gegevensverwerking

De verwerkingsmogelijkheden die op het moment beschikbaar zijn, beperken zich tot het maken van grafieken, tabellen en het berekenen van gemiddelden. Dit wordt als onvoldoende beschouwd en er wordt op het moment gezocht naar uitbreidingsmogelijkheden.

Het grootste deel van de verwerking is routinematig van aard. Daarom wordt ernaar gestreefd om zoveel mogelijk gegevensverwerking automatisch te laten uitvoeren. Een kleiner deel van de gegevensverwerking wisselt per situatie. Door het grote aantal beschikbare gegevens is het noodzakelijk dat er een reductie in aantal plaatsvindt, waardoor een samenvatting, aangevuld met bijzonderheden, kan worden gepresenteerd.

De toekomstige verwerking wordt in de volgende stappen ingedeeld:

Dagelijkse routinematige verwerking.

- controle op fouten en ontbrekende waarden;
- peilen: berekening van daggemiddelde, minimum en maximum;

- extreme peilen opslag in een apart bestand;
- werking gemaal: totaal van draaiuren en debiet per dag;
- alarmen: totaal per dag en per soort;
- neerslag: totaal per uur.

Bestandsbeheer

Naast het oorspronkelijke bestand wordt een werkbestand of gereduceerd bestand gemaakt waarin de resultaten van de dagelijkse routinematige verwerking worden opgeslagen. In het werkbestand wordt alleen de informatie bewaard die veel wordt gebruikt. Het oorspronkelijke bestand wordt na eventuele correcties verder ongewijzigd bewaard. Bij analyses waarvoor het werkbestand onvoldoende informatie bevat, kan worden teruggegrepen op het oorspronkelijke bestand.

Presentatie

De gegevens uit het werkbestand worden gepresenteerd in overzichten per dag, week, maand of jaar.

Analyse

Gegevensanalyse valt buiten de routinematige verwerking en kan per geval verschillen. Voor de meeste gevallen bevat het werkbestand voldoende gegevens ten behoeve van analyse. De op de markt verkrijgbare statistische pakketten bieden voorts voldoende mogelijkheden om de benodigde analyses uit te voeren.

Toen Delfland destijds met automatisch registreren startte, was er een globaal idee over de verwerking, het ontbrak echter aan een uitgewerkt plan. Dit plan begint op het moment binnen Delfland vorm te krijgen. Er is voor gekozen om voor een belangrijk deel gebruik te maken van standaardpakketten, aangevuld met maatwerk om te kunnen voldoen aan enkele specifieke wensen.

11.3 SCARK, een geautomatiseerd systeem voor het waterbeheer

ir. B.P.A. Hoitink

DHV Water BV

voorheen Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden

Steeds meer kunstwerken in het waterbeheer (gemalen en stuwen) worden geautomatiseerd. De koppeling met reeds bestaande systemen verloopt zelden naadloos. Soms betekent dit dat er bij verdergaande automatisering van kunstwerken, ineens een compleet andere centrale post noodzakelijk is. Op een dergelijk moment wordt veel van de gebruiker gevergd: meer programma's moeten worden doorgrond en registraties zijn vaak niet meer congruent, zodat bij analyse van gegevens diverse kunstgrepen moeten worden uitgevoerd om te kunnen komen tot eenduidige reeksen. Bij het Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden werkten op een bepaald moment drie centrale posten op één lokatie naast elkaar. Mede daarom heeft het Hoogheemraadschap in eigen beheer een softwarepakket ontwikkeld dat in staat is met verschillende typen onderstations te communiceren en zorg te dragen voor een eenduidige registratie en verwerking van gegevens.

Dit pakket heeft de naam SCARK gekregen, een acroniem voor Signalering, Commandering, Alarmering en Registratie van Kunstwerken. Onder de noemer kunstwerken vallen hierbij alle te automatiseren objecten in het waterkwaliteits- en waterkwantiteitsbeheer. Bij het hoogheemraadschap worden op dit moment circa veertig gemalen, stuwen en een sluis met behulp van SCARK beheerd.

Systeembenadering

Een kunstwerk kan worden beschouwd als een systeem waarvan de toestand en de waarde van een enkele fysische grootheden in de omgeving daarvan kunnen worden uitgedrukt in een viertal parameters:

- *Analoge parameters*: deze kunnen iedere waarde binnen een bepaald interval aannemen (bv. een waterstand);
- *Digitale parameters*: deze kunnen slechts de status aan of uit aannemen (bv. vijzel wel of niet in bedrijf);
- *Lokale parameters*: deze bepalen wanneer een kunstwerk moet reageren op de lokale systeemtoestand (bv. inslagpeil);
- *Tellerstanden*: dit zijn in beginsel analoge parameters, die slechts gehele waarden kunnen aannemen (bv. bedrijfsuren).

Ten aanzien van deze parameters gelden de volgende functies, waarmee het systeem volledig te is beheren: signalering, commandering, alarmering en registratie.

Eisen aan de centrale post

De eisen ten aanzien van de inrichting van de centrale post zijn door het Hoogheemraadschap als volgt geformuleerd:

- De centrale post moet toegankelijk zijn voor meer gebruikers tegelijk en vanaf diverse lokaties.

- De centrale post moet in staat zijn te communiceren met verschillende typen onderstations; voor de gebruiker mag dit niet merkbaar zijn.
- Het communicatieprotocol moet bekend zijn en er dient gebruik te worden gemaakt van inzichtelijke datacommunicatie-routines.
- De alarmafhandeling moet te allen tijde zijn gewaarborgd.
- De registraties dienen eenvoudig in gebruik te zijn en een flexibele verwerking toestaan ten behoeve van verwerking tot beleidsinformatie.

Het concept van SCARK

Om aan de gestelde eisen voor de centrale post te kunnen voldoen, zijn een aantal keuzen gemaakt die in samenhang met elkaar moeten worden gezien.

Er wordt gebruik gemaakt van het besturingssysteem UNIX, dat als belangrijke kenmerken heeft dat meer gebruikers tegelijk vanaf verschillende lokaties op het systeem kunnen werken en dat diverse taken simultaan kunnen worden uitgevoerd. Bovendien kunnen ten behoeve van de communicatie een groot aantal seriële poorten worden aangestuurd.

Omdat datacommunicatie-routines inzichtelijk moeten zijn, zijn deze geschreven in de programmeertaal "C". Voordeel van deze programmeertaal is dat ze de mogelijkheden van UNIX volledig kan benutten.

De bewerking van registraties tot beleidsinformatie, vereist vooral een heldere en eenvoudig aanpasbare manier van berekenen en presentatie van gegevens. Gekozen is voor het spreadsheet-programma Lotus 1-2-3, waarvan een UNIX-versie beschikbaar is. Het beschreven concept is weergegeven in Afb. 2.

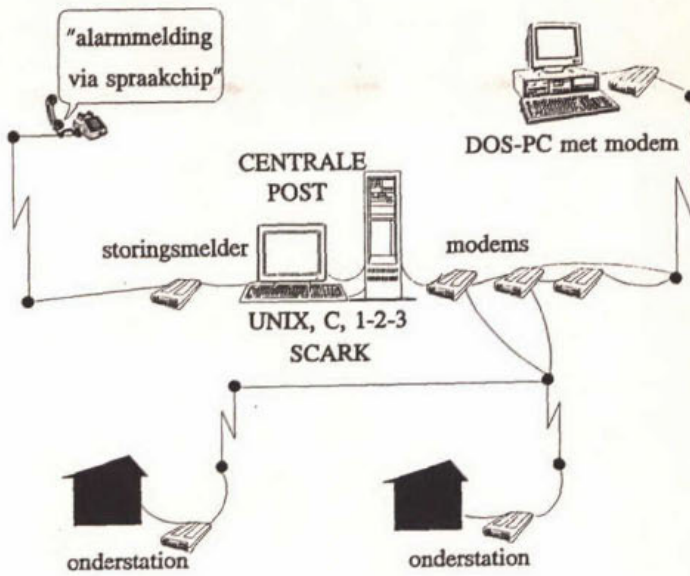
Door middel van wachtwoorden en bestandsprotecties van UNIX, is er sprake van een gedegen beveiliging. Voorts wordt voor het operationele beheer een gedifferentieerde beveiliging toegepast, afhankelijk van de rechten van een gebruiker.

Modulaire opbouw

De beschreven systeembenadering komt in SCARK tot uitdrukking in de manier van registratie en gebruik van gegevens. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de vier parameters (analoog, digitaal, lokaal en teller) en de vier functies (signalering, commandering, alarmering en registratie).

Daarnaast kan er onderscheid worden gemaakt tussen het dagelijks operationeel beheer, en beleidsinformatie. Dit onderscheid uit zich in een verschillend gebruik van dezelfde gegevens. SCARK is daarom opgebouwd uit een Module Operationeel Beheer en een Module Beleidsinformatie. De eerste module is zodanig opgezet dat de volgorde van handelen aansluit bij de praktijk van het waterbeheer. De module Beleidsinformatie dient om bijvoorbeeld maandoverzichten of een waterbalans te kunnen opstellen.

Voor de systeembeheerder is daarnaast nog een Module Installatie voorzien, waarmee onder meer gebruikers bepaalde rechten kunnen worden verleend, en onderstations kunnen worden gedefinieerd.



Afbeelding 2. Systeemconfiguratie van SCARK.

Toekomst

Op het moment worden ook registraties van neerslag en wind in SCARK opgenomen. In de toekomst zal SCARK worden gekoppeld aan een geografisch informatie systeem, waarna verdergaande optimalisatie van het waterbeheer kan geschieden door middel van koppeling met een beslissingsondersteunend model.

12 Auteursindex

- Bots, ir. H.W.M. - Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren, Postbus 20906, 2500 EX Den Haag - Pagina 78.
- Bouma, ing. S.B. - Hoogheemraadschap van Delfland, Postbus 3061, 2601 DB Delft - pagina 94.
- Geldof, ir. G.D. - TAUW Civiel en Bouw, Postbus 830, 7400 AV Deventer - Pagina 88.
- Griffioen, ir. C.J.H. - Waterschap Salland, Postbus 42, 8100 AA Raalte - Pagina 67.
- Grotenbreg, ing. H. - Riolering en Waterhuishouding Amsterdam, Wibautstraat 3, 1091 GH Amsterdam - Pagina 49.
- Hallema, ing. M. - Waterschap Friesland, Postbus 36, 8900 AA Leeuwarden - Pagina 71.
- Hartong, ir. H.J.G. - Waterloopkundig Laboratorium, Postbus 152, 8300 AD Emmeloord - Pagina 27.
- Hoitink, ir. B.P.A. - DHV Water BV, Postbus 484, 3800 AL Amersfoort - Pagina 97.
- Hulst, ing. P.H.J. - Waterschap Roer en Overmaas, Postbus 185, 6130 AD Sittard - Pagina 74.
- Keijzer, ing. M.V. - Waterschap Noordoostpolder, Postbus 17, 8300 AA Emmeloord - Pagina 64.
- Kok, ing. J.W. - Waterschap Dollardzijlvest, Postbus 1, 9698 ZG Wedde - Pagina 61.
- Lobbrecht, ir. A.H. - DHV Water BV, Postbus 484, 3800 AL Amersfoort - Pagina 3.
- Nooy, ir. G.J. de - Waterschap Groot-Haarlemmermeer, Postbus 82, 2130 AB Hoofddorp - Pagina 81.
- Potthoff, ir. W.J. - Riolering en Waterhuishouding Amsterdam, Wibautstraat 3, 1091 GH Amsterdam - Pagina 49.
- Segeren, dr.ir. A.G. - Waterschap Roer en Overmaas, Postbus 185, 6130 AD Sittard - Pagina 3 en 74.
- Sinke, ir. M.D. - Hoogheemraadschap van Delfland, Postbus 3061, 2601 DB Delft - Pagina 37.
- Stekettee, ing. C.A. - Waterschap van de Linge, Postbus 202, 4190 CE Geldermalsen - Pagina 88.
- Stijn, dr.ir. Th.L. van - Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ, Postbus 20907, 2500 EX Den Haag - Pagina 21.

- Stouten, ir. P.J. - Adviesdienst Waterbeheer Zeeuwsch-Vlaamse Waterschappen,
Postbus 1107, 4530 GC Terneuzen - Pagina 91.
- Verbrugge, ir. P.P. - Heemraadschap Fleverwaard, Postbus 229, 8200 AE Lelystad -
Pagina 3 en 85.
- Vliet, ir. J.H. van der - Hoogheemraadschap Amstel en Vecht, Postbus 97, 1190 AB
Ouderkerk aan de Amstel - Pagina 1.
- Vonk, ir. Z.C. - Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden,
Postbus 102, 4200 AC Gorinchem - Pagina 15.
- Wentholt, ir. L.R. - STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht - Pagina 3.
- Zweverink, dhr. B. - Rijkswaterstaat Directie Oost-Nederland, Postbus 7012, 8007
HA Zwolle - Pagina 55.