

STURING IN HET WATERBEHEER

Optimalisatie in operationele waterbeheersing
1. Inventarisatie

STURING IN HET WATERBEHEER



Optimalisatie in operationele waterbeheersing
1. Inventarisatie

ISBN 90.74476.10.4

94-10

Publikaties en het publikatieoverzicht
van de Stowa kunt u uitsluitend
bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
tel. 079-611188
fax 079-613927
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.

Inhoud**Pagina**

Voorwoord	1
1 Inleiding	3
2 Waterschap Salland	7
2.1 Gebiedsbeschrijving	7
2.1.1 Ligging en gebiedskarakterisering	7
2.1.2 Waterbeheersing	8
2.2 Sturing	10
2.2.1 Modellen	10
2.2.2 Huidige situatie	11
2.2.3 Gewenste toekomstige situatie	12
2.2.4 Potentie van sturing	12
3 Waterschap De Drie Ambachten	13
3.1 Gebiedsbeschrijving	13
3.1.1 Ligging en gebiedskarakterisering	13
3.1.2 Waterbeheersing	15
3.2 Sturing	15
3.2.1 Modellen	15
3.2.2 Huidige situatie	15
3.2.3 Gewenste toekomstige situatie	16
3.2.4 Potentie van sturing	16
4 Waterschap Dollardzijlvest	17
4.1 Gebiedsbeschrijving	17
4.1.1 Ligging en gebiedskarakterisering	17
4.1.2 Waterbeheersing	19
4.2 Sturing	20
4.2.1 Modellen	20
4.2.2 Huidige situatie	21
4.2.3 Gewenste toekomstige situatie	21
4.2.4 Potentie van sturing	21
5 Waterschap Regge en Dinkel	23
5.1 Gebiedsbeschrijving	23
5.1.1 Ligging en gebiedskarakterisering	23
5.1.2 Waterbeheersing	25
5.2 Sturing	26
5.2.1 Modellen	26
5.2.2 Huidige situatie	27
5.2.3 Gewenste toekomstige situatie	27
5.2.4 Potentie van sturing	28

6	Hoogheemraadschap van Delfland	29
6.1	Gebiedsbeschrijving	29
6.1.1	Ligging en gebiedskarakterisering	29
6.1.2	Waterbeheersing	30
6.2	Sturing	31
6.2.1	Modellen	31
6.2.2	Huidige situatie	31
6.2.3	Gewenste toekomstige situatie	32
6.2.4	Potentie van sturing	33
7	Heemraadschap Fleverwaard	35
7.1	Gebiedsbeschrijving	35
7.1.1	Ligging en gebiedskarakterisering	35
7.1.2	Waterbeheersing	37
7.2	Sturing	38
7.2.1	Modellen	38
7.2.2	Huidige situatie	38
7.2.3	Gewenste toekomstige situatie	39
7.2.4	Potentie van sturing	39
8	Waterschap Roer en Overmaas	41
8.1	Gebiedsbeschrijving	41
8.1.1	Ligging en gebiedskarakterisering	41
8.1.2	Waterbeheersing	41
8.2	Sturing	44
8.2.1	Modellen	44
8.2.2	Huidige situatie	45
8.2.3	Gewenste toekomstige situatie	45
8.2.4	Potentie van sturing	46
9	Waterschap De Dommel	47
9.1	Gebiedsbeschrijving	47
9.1.1	Ligging en gebiedskarakterisering	47
9.1.2	Waterbeheersing	49
9.2	Sturing	49
9.2.1	Modellen	49
9.2.2	Huidige situatie	49
9.2.3	Gewenste toekomstige situatie	50
9.2.4	Potentie van sturing	50

10	Waterschap De Aa of Weerijds	51
10.1	Gebiedsbeschrijving	51
10.1.1	Ligging en gebiedskarakterisering	51
10.1.2	Waterbeheersing	53
10.2	Sturing	53
10.2.1	Modellen	53
10.2.2	Huidige situatie	53
10.2.3	Gewenste toekomstige situatie	54
10.2.4	Potentie van sturing	54
11	Waterschap Gelderse Vallei en Eem	55
11.1	Gebiedsbeschrijving	55
11.1.1	Ligging en gebiedskarakterisering	55
11.1.2	Waterbeheersing	57
11.2	Sturing	58
11.2.1	Modellen	58
11.2.2	Huidige situatie	58
11.2.3	Gewenste toekomstige situatie	59
11.2.4	Potentie van sturing	59
12	Riolering en Waterhuishouding Amsterdam	61
12.1	Gebiedsbeschrijving	61
12.1.1	Ligging en gebiedskarakterisering	61
12.1.2	Waterbeheersing	63
12.2	Sturing	63
12.2.1	Modellen	63
12.2.2	Huidige situatie	64
12.2.3	Gewenste toekomstige situatie	64
12.2.4	Potentie van sturing	65
13	Literatuur	67

Bijlagen

- A Begeleidingscommissie
- B Geïnterviewde personen

Voorwoord

Het kwantificeren van de mogelijkheden van sturing in het operationele waterbeheer vindt veelal ad hoc - op basis van locatie-specifieke aspecten - plaats. Het grote aantal beheersvariabelen dat bij het waterbeheer een rol speelt, maakt het niet eenvoudig om gedurende de operationele waterbeheersing steeds de best denkbare situatie in te stellen.

De recente mogelijkheden voor een meer abstracte formulering van de beheersfuncties met behulp van mathematische modellen en de mogelijkheden om waterbeheersgebieden te simuleren, bieden in principe verbetering in deze situatie. Deze optimalisatietechnieken kunnen de helpende hand bieden bij het flexibel gebruiken van de beheersruimte en de dynamiek van de watersystemen, en maken het mogelijk de aanpak bij het optimaliseren van het geheel van beheersfuncties te veralgemeniseren.

Het ontwikkelen van een in het operationele waterbeheer toepasbaar systeem, waarmee waterbeheerders het geheel aan beheersfuncties voor ieder moment kunnen optimaliseren, werd door het bestuur van de STOWA opgedragen aan DHV Water B.V. Het project wordt uitgevoerd als promotie-onderzoek door ir. A.H. Lobbrecht, die in dienst van DHV Water B.V. voor de duur van het onderzoek gedetacheerd is aan de faculteit der Civiele Techniek van de TU Delft.

Het onderzoek wordt begeleid door een commissie bestaande uit ir. H. van der Honing (voorzitter), ing. F.C. Hamster, ir. J.D. Heijnis, dr. S.P. Klapwijk, prof.ir. W.A. Segeren (promotor), ir. M.D. Sinke, ir. L.R. Wentholt en dr.ir. W.C. Witvoet. In het project wordt financieel geparticipeerd door DHV Water B.V., het hoogheemraadschap van Delfland en de Technische Universiteit Delft.

Het thans voorliggende inventarisatierapport beschrijft een tussenstand, waarbij een overzicht wordt gegeven van de in de praktijk toegepaste technieken voor sturing in het operationele waterbeheer. Een groot aantal waterbeheerders - hun gebieden en activiteiten op het gebied van sturing worden in het rapport behandeld - heeft intensief aan deze inventarisatie meegewerkt. De STOWA is deze beheerders en hun medewerkers in dezen zeer erkentelijk voor hun inspanning.

Utrecht, juni 1994

De directeur van de STOWA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

1 Inleiding

Zoals is verwoord in het projectplan "Sturing in het Waterbeheer; Onderzoek naar geoptimaliseerde operationele waterbeheersing" (september 1992), worden de in tabel 1 weergegeven onderzoeksfasen en rapporten onderscheiden.

Tabel 1. Onderzoeksfasering.

Onderzoeksfase	Rapportage
a. Literatuurstudie / inventarisatie	Inventarisatierapport
b. Interviews waterbeheerders	
c. Opstellen praktijkonderzoeken	Modelopzet en opzet van praktijkonderzoeken
d. Vaststellen stuurvariabelen	
e. Opstellen model	Modelbeschrijving
f. Kwantificeren mogelijkheden van sturing	De mogelijkheden van sturing gekwantificeerd
g. Terugkoppeling met de praktijk	Samenvatting eindrapport / proefschrift

Dit rapport is de verslaglegging van fase a en b. Voor een volledig overzicht van geplande activiteiten wordt verwezen naar het genoemde projectplan. Het onderzoek beperkt zich tot het operationele waterbeheer zoals gevoerd door waterschappen of instanties met een zelfde taakstelling.

Een belangrijk doel van het inventarisatierapport is het geven van een overzicht van de in de praktijk toegepaste technieken van sturing in het operationele waterbeheer.

Voorts is een doel het identificeren van potentiële gebieden voor verder praktijkonderzoek. Dit is nader uitgewerkt in de rapportage van fase c: opzet van praktijkonderzoeken. In het kader van de praktijkonderzoeken zal ondermeer worden uitgezocht in welke mate het operationele waterbeheer te verbeteren is door toepassing van sturing.

In nauw overleg met de STOWA zijn een aantal beheersgebieden in Nederland geselecteerd, waarvan op grond van eerder onderzoek en inventarisaties bekend is dat er activiteiten op het gebied van sturing gaande zijn, dan wel dat er plannen en ideeën zijn om activiteiten op dit terrein te gaan ontplooiën. De beheerders van deze gebieden zijn (zie ook afbeelding 1):

- Waterschap Salland
- Waterschap De Drie Ambachten
- Waterschap Dollardzijlvest
- Waterschap Regge en Dinkel
- Hoogheemraadschap van Delfland
- Heemraadschap Fleverwaard
- Hoogheemraadschap West-Brabant / Waterschap de Aa of Weerijds



Afbeelding 1. Geïnterviewde gebieden.

- Waterschap Roer en Overmaas
- Waterschap De Dommel
- Waterschap Gelderse Vallei en Eem
- Dienst Riolering en Waterhuishouding Amsterdam

De genoemde waterbeheerders zijn bezocht en geïnterviewd. In bijlage B is een overzicht gegeven van geïnterviewde personen.

Naast de bezochte waterbeheerders, zijn nog diverse andere waterbeheerders actief op het terrein van sturing. In deze rapportage wordt dan ook geen volledigheid nagestreefd. Het geheel aan bezochte gebieden wordt echter wel als representatief voor het merendeel aan Nederlandse waterbeheersgebieden beschouwd.

In het vervolg van dit rapport wordt per hoofdstuk verslag gedaan van de resultaten van de inventarisatie, waarbij voor de verschillende beheersgebieden een uniforme indeling is gekozen, te weten:

- Een korte gebiedsbeschrijving
 - . ligging en karakterisering van het beheersgebied
 - . de waterbeheersing.
- Toepassing van sturing in het operationele waterbeheer
 - . gebruikte modellen
 - . de huidige situatie
 - . de gewenste toekomstige situatie
 - . de potentie van sturing.

Bij het opstellen van de tekst is, naast de interviews, gebruik gemaakt van diverse rapporten die door de betreffende waterbeheerders beschikbaar zijn gesteld. In het literatuuroverzicht zijn de gebruikte rapporten weergegeven.

2 Waterschap Salland

2.1 Gebiedsbeschrijving

2.1.1 Ligging en gebiedskarakterisering

Het waterschap Salland heeft een oppervlakte van circa 50.000 ha en ligt aan de zuid-westelijke rand van de provincie Overijssel (zie afbeelding 2). Het beheersgebied kent een naar Nederlandse maatstaven groot reliëf, hetgeen resulteert in waterpeilen variërend tussen NAP + 0 m en NAP + 11 m.

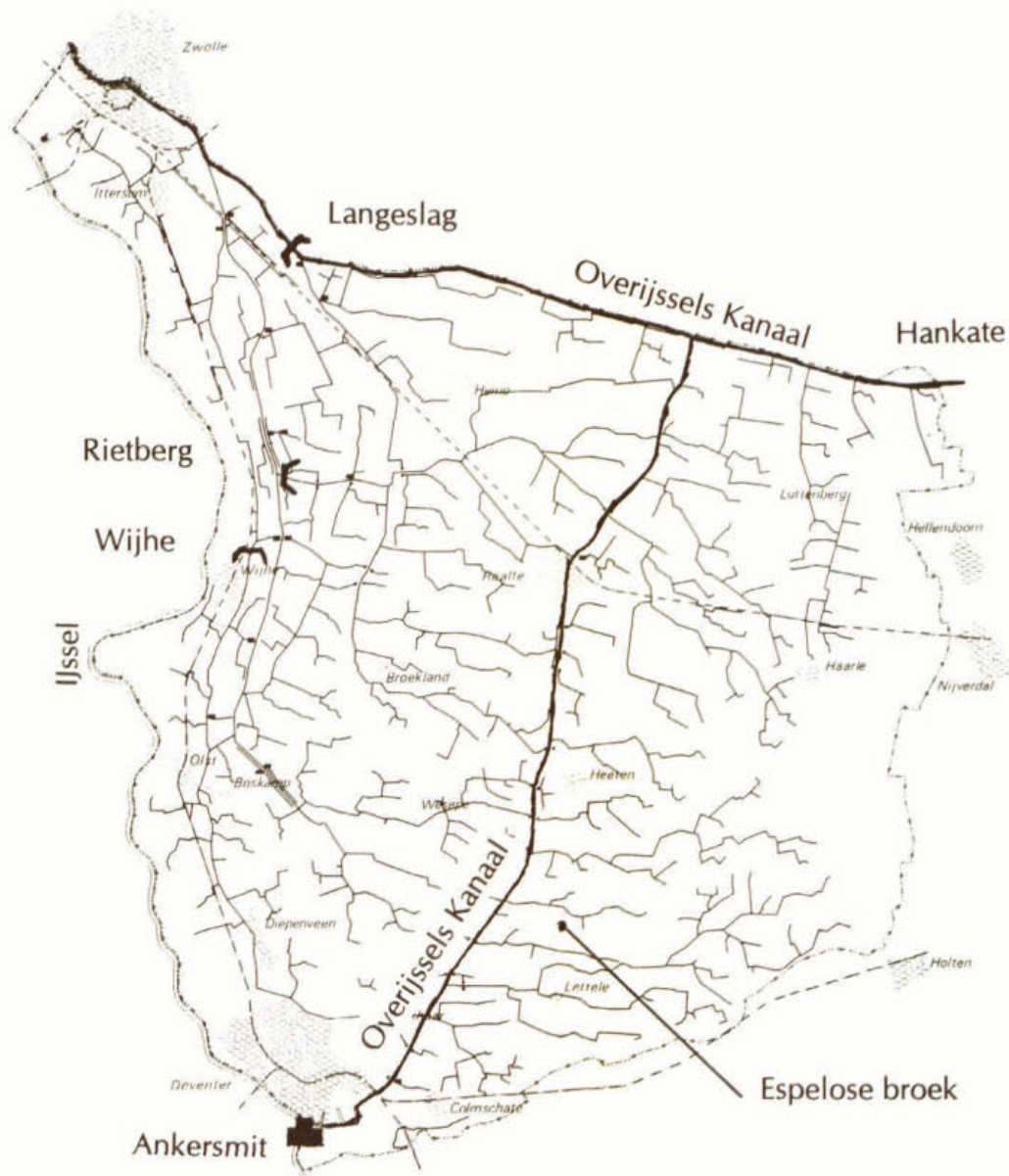
Het merendeel van het gebied bestaat uit zandgronden. De bodem langs de IJssel is voornamelijk opgebouwd uit rivierklei. De landbouwgronden van het gebied bestaan hoofdzakelijk uit grasland, op de hoger gelegen delen komt hier en daar bouwland voor (maïs). Het bodemgebruik in het beheersgebied is weergegeven in tabel 2.

Tabel 2. Bodemgebruik Salland.

	Oppervlakte [ha]	Percentage [%]
Grasland	34.000	69
Akkerbouw	6.700	13
Natuur (bos)	6.000	12
Stedelijk	2.700	5
Open water	600	1

Het neerslagoverschot wordt afgevoerd door middel van een systeem van watergangen, gemalen, stuwen en overlaten. De totale afvoer uit het gebied bedraagt op jaarbasis circa 350 mm. Het merendeel van dit water wordt op het Zwarte Water geloosd.

In de zomer is er sprake van een verdampingsoverschot, waardoor er in principe kans is op watertekort in landbouw- en natuurgebieden. Daarom wordt er circa 100 dagen per jaar met behulp van gemalen water naar verschillende delen van het gebied aangevoerd. Dit water is voor het merendeel afkomstig van de IJssel en voor een kleiner deel van de Vecht. In totaal kan naar 75% van het beheersgebied water worden aangevoerd. De totale watertoevoer naar het gebied bedraagt 34 milj. m³ per jaar, bestaande uit 10 milj. voor infiltratie en beregening en 24 milj. voor schutverliezen en wegzijging uit het havengebied bij Deventer. Een deel van het geïnfilterde water wordt gebruikt voor de suppletie van grondwater in verband met onttrekking ten behoeve van de drinkwaterbereiding.



Afbeelding 2. Beheersgebied Salland.

2.1.2 Waterbeheersing

De afwatering van het beheersgebied van Salland naar het buitenwater wordt in hoofdzaak geregeld met behulp van drie geautomatiseerde hoofdstuwen (Wijhe, Rietberg en Langeslag), en één gemaal (Ankersmit). Binnen het gebied wordt de waterbeheersing met circa 40 geautomatiseerde gemalen en 330 stuwen en overlaten geregeld.

De afwatering kan worden beperkt door verhoogde waterstanden in het Zwarte Water, als gevolg van opwaaiing in het IJsselmeer en Ketelmeer. De waterstand in het Zwarte Water kan door opwaaiing oplopen tot 2 à 3 meter boven de gemiddelde waterstand. De plaatsing

van een stuw bij Ramspol, bij de overgang van het Zwarte Meer in de IJssel, moet dit probleem in de toekomst opheffen. De stuw is echter nog onderwerp van studie.

Voor de wateraanvoer kan worden gekozen tussen inlaat van IJsselwater of Vechtwater. De inlaat vindt plaats via het gemaal Ankersmit (IJssel) en inlaatpunt Hankate (Vecht-en/of IJsselwater, via het Twentekanaal). Het water wordt in het Overijsselskanaal gelaten, van waaruit het naar 12 stroomgebieden wordt gevoerd via een systeem van stuwen en gemalen.

De inlaat van water kan beperkt zijn, als gevolg van slechte waterkwaliteit en calamiteiten. Het water van de Vecht kan verontreinigd zijn met afvalstromen uit de aardappelmeelin-dustrie. Gezien de afvlakking van verontreinigingen in de IJssel, bestaat er voorkeur voor het inlaten van IJsselwater.

Op het ogenblik wordt in het beheersgebied gebruik gemaakt van zomer- en winterpeilen. In de winter worden de drie hoofdstuwen automatisch geregeld, zodanig dat het gewenste bovenstroomse peil wordt gerealiseerd.

In de zomer worden de hoofdstuwen zodanig geregeld dat er via die weg geen water het beheersgebied kan verlaten. De zomerpeilen worden gehandhaafd met behulp van inlaat-werken en kleine gemalen, die het water uit het Overijssels Kanaal onttrekken.

De watertoevoer en -afvoer van het gebied wordt ingesteld met stuwen (handbediend circa 250) en overlaten (schotbalken circa 80). Voor ieder deelgebied zijn de zomer- en winter-peilen van de stuwen en overlaten vastgelegd. Bij de seizoensovergang worden deze in principe vast ingesteld.

Uitsluitend onder bijzondere omstandigheden wordt ertoe besloten om een stuw of overlaat gedurende het seizoen van stand te wijzigen. Een verhoging van een stuw in het hogerlig-gende deel van het beheersgebied kan bijvoorbeeld aan de orde zijn indien in de zomer extreem waterbezwaar wordt verwacht. Hiermee wordt innundatiegevaar benedenstrooms voorkomen.

De aanvoer en (zomer/winter)stand van stuwen en overlaten wordt vastgesteld in peilbe-sluiten en het waterkwantiteitsbeheersplan. In deze plannen wordt gekwantificeerd hoeveel water er naar de diverse gebieden gevoerd moet worden om de droogteschade te beperken. Het peil wordt in principe afgestemd op het laagst gelegen maaiveld binnen een stuwpand.

In de winterperiode worden de stuwen zodanig ingesteld dat er een ontwateringsdiepte van 0,5 tot 1,5 kan worden gerealiseerd, afhankelijk van het type grond, de hoogteligging en het seizoen. In principe wordt de oppervlaktewaterstand zodanig ingesteld, dat in de hoger gelegen gebieden nog capillaire opstijging kan plaatsvinden. Hierdoor wordt de grondwa-terbergingscapaciteit beperkt. Dit heeft als resultaat dat bij extreem waterbezwaar de stuwen en overlaten neergelaten dienen te worden.

In de zomerperiode wordt het waterpeil opgezet. In de zandige gebieden wordt een water-peil van circa 0,3 m onder het laagste maaiveld in het betreffende stuwpand aangehouden. Door de intredeweerstand van de kanalen en de capillaire opstijging, ligt de grondwater-stand ter plaatse van de sloten veelal 0,4 m beneden de oppervlaktewaterstand. Dit komt overeen met circa 0,7 m onder het laagste maaiveld en in sommige gebieden met meer dan 1,5 m onder het lokale maaiveldniveau.

Uit ontwerpberekeningen van de wateraanvoersystemen is gebleken dat met aanvoer de droogteschade kan worden beperkt (van bijvoorbeeld 15% naar 12%; een afname van 3%).

Ter voorkoming van taludschade wordt de overschakeling van winterpeilen naar zomerpeilen in twee stappen van elk circa 0,1 m gerealiseerd.

Bij de operationele waterbeheersing speelt het vochtgehalte in de onverzadigde zone op het moment geen rol. Immers, een verdere opzet van het waterpeil van bijvoorbeeld 0,3 naar 0,25 beneden het maaiveld, levert slechts 0,05 m grondwaterstandsverhoging op, hetgeen nauwelijks invloed heeft op eventuele landbouwschade. Dit fenomeen speelt ook enigszins bij de meer kleiige gronden in het gebied, hier is het capillair geleidingsvermogen van de grond groter, maar het verschil tussen grondwaterpeil en oppervlaktewaterpeil is ook groter.

De waterbeheersing in natuurgebieden wordt op het moment gelijk uitgevoerd met die van de landbouwgebieden. Hierbij is van belang dat de natuurgebieden binnen Salland voornamelijk bestaan uit bos. Voorlopig wordt er van uitgegaan dat er voor bosgronden voldoende ontwateringsdiepte noodzakelijk is om te kunnen garanderen dat de bomen diep wortelen. In geval van oppervlakkige beworteling ontstaat het gevaar van omwaaien van bomen gedurende storm. Daarentegen vereisen met name veen- en heidegronden een hoge waterstand. In sommige gebieden heeft periodieke inundatie wellicht een positieve invloed op de ontwikkeling van het natuurgebied.

De waterbeheersing in drinkwateronttrekkingsgebieden wordt gelijk gehouden aan die in de overige gebieden. Inrichtingstechnisch wordt veelal een groter kanaalprofiel toegepast, waardoor de totale intredeweerstand van oppervlaktewater door de bodem kan worden beperkt (vergroting nat oppervlak).

Onderzoek naar verdere differentiatie van de peilen in de verschillende typen gebieden is nog gaande.

De waterkwaliteit van het huidige water in het beheersgebied en daarbuiten wordt als zodanig goed beoordeeld, dat geen speciale waterbeheerstechnische maatregelen worden genomen. Zo wordt gebiedsvreemd water ingelaten voor de aanvoer naar natuurgebieden. Verzilting vormt vooralsnog geen probleem.

2.2 Sturing

2.2.1 Modellen

Binnen het waterschap worden en zijn veel inspanningen verricht ten behoeve van de ontwikkeling van stationaire (spreadsheet) modellen waarmee het gedrag van het grond- en oppervlaktewater kan worden gesimuleerd. Deze spreadsheetmodellen zijn gekalibreerd, waardoor een beeld kan worden verkregen van de invloed van met name wateraanvoer. De modellen blijken een redelijk grote nauwkeurigheid te hebben. Per gebied van 6¼ ha kan worden vastgesteld wat de grondwaterstand over een zekere periode is, als functie van de oppervlaktewaterstand (stuwpeil), de neerslag, de verdamping en grondeigenschappen. Op

deze wijze wordt ondermeer gekwantificeerd wat de verandering is in landbouwopbrengst als functie van de wateraanvoer (gemiddelde jaren en met behulp van HELP tabellen). Voor het oppervlaktewatersysteem wordt gebruik gemaakt van een spreadsheet-model dat het peilverloop bepaalt, afhankelijk van de toestand van kunstwerken, de onderhoudstoestand van de watergangen en de begroeiing. Bij sterke begroeiing kan het verhang in een kanaalpand van slechts enkele honderden meters, oplopen tot 0,5 m. Het waterschap heeft zich voorgenomen om de grondwaterstroming binnen het gehele beheersgebied te modelleren met behulp van het grondwaterprogramma MODFLOW.

De modellen worden op het ogenblik niet in operationele zin gebruikt voor het vaststellen van actuele stuwpeilen.

2.2.2 Huidige situatie

De huidige wijze van sturen van het watersysteem concentreert zich geheel op het handhaven van zomer- en winterpeilen in de kanaalpanden bovenstrooms van de automatische stuwen. Hierbij wordt niet automatisch rekening gehouden met neerslag (voorspelling). Wel wordt handmatig ingegrepen in het stuwbeheer in geval van hevige neerslag. In dat geval is het mogelijk om vanuit het hoofdkantoor de peilen waarop de stuwen regelen (setpoints), lager te kiezen. In zeer extreme gevallen kan worden besloten om ook de stuwen in het beheersgebied handmatig te verlagen.

De in het beheersgebied ondernomen sturingsacties zijn globaal samengevat in tabel 3.

Tabel 3. Waterbeheersingsinstrumenten en sturingsacties.

	Sturingsacties	Randvoorwaarden
Waterinlaat	Gemaalbedrijf Sturing inlaatschuif	Kwaliteit buitenwater Kwantiteit buitenwater (beschikbaarheid / waterakkoord)
Water afvoer	Gemaalbedrijf Sturing hoofdstuw	Peil ontvangende water
Doorvoer (binnen gebied)	Gemaalbedrijf Sturing stuw / overlaat (handmatig) Berekening	Bovenstrooms of benedenstrooms waterpeil

Op het ogenblik worden enkele automatische metingen uitgevoerd bij de hoofdstuwen. Aan de hand van waterstandsmetingen en meting van schuifstanden, wordt tevens het debiet bepaald. De volgende metingen vinden plaats ten behoeve van de operationele waterbeheersing:

Automatische continue metingen:

- waterstanden bij drie hoofdstuwen en inlaat/afvoer van gemaal Ankersmit;
- debietmeting bij alle af- en aanvoer uit/naar het gebied;
- diverse automatische waterstandsmetingen in het beheersgebied;
- geleidbaarheid bij hoofdstuwen.

Handmatige metingen:

- diverse oppervlaktewaterstanden;
- grondwaterstanden (eigen beheer en TNO);
- regenmeting (doorgegeven door KNMI).

2.2.3 Gewenste toekomstige situatie

De ontwikkelingen bij het waterschap gaan in de richting van sturing van hoofdstuwen / gemaal op basis van gemeten neerslag of voorspelde neerslag. De verwachting is dat op deze wijze beter op met name extreme situaties (nat / droog) kan worden ingespeeld. Vooralsnog zijn er geen plannen om de vaste stuwen in het beheersgebied te gaan automatiseren.

De overgang van de zomer- naar de wintersituatie kan in de toekomst worden bepaald aan de hand van de oppervlakte- en grondwaterstand.

Voorzien wordt dat de waterkwaliteit in de toekomst zal worden bewaakt. Hiervoor lijkt het wenselijk om zuurstof-gehalte en pH-metingen uit te voeren.

Ook zal er in de toekomst steeds meer sprake zijn van afstemming van de belangen landbouw, natuur en drinkwater.

2.2.4 Potentie van sturing

De potentie van sturing in het beheersgebied wordt in sterke mate bepaald door het feit dat het merendeel van de kunstwerken niet regelbaar is. Hierdoor kan slechts worden gestuurd in de peilvakken direct boven- of benedenstrooms van een stuw of een gemaal.

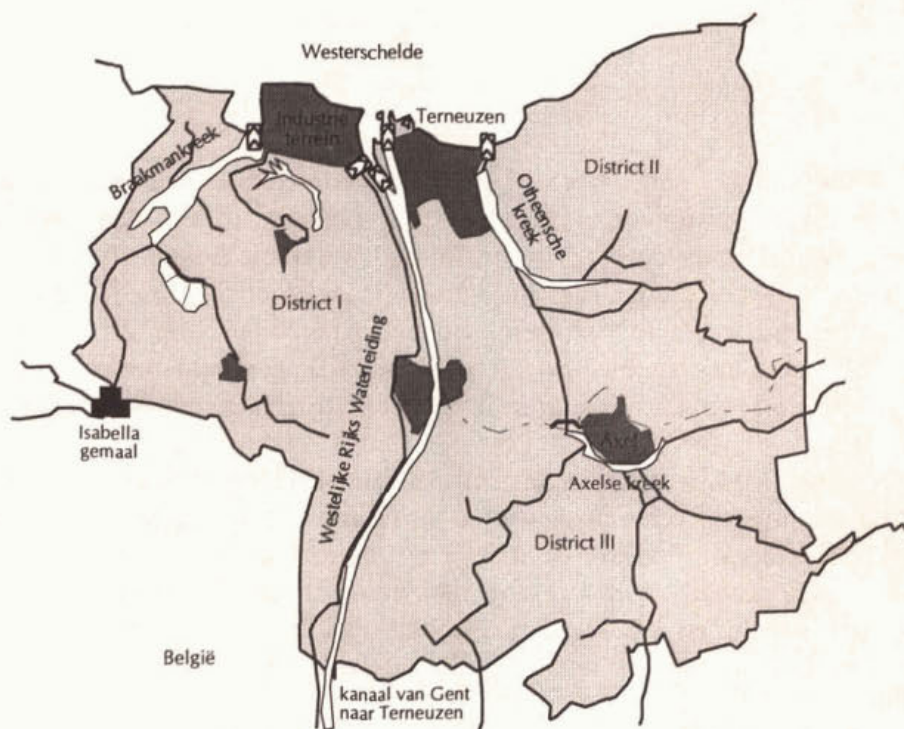
Meer inzicht in de neerslag-afvoer in het gebied zou het mogelijk moeten maken om de waterverdeling in het gebied niet meer te richten op het handhaven van peilen, maar, met name in de zomer, het verdelen van beschikbaar aan te voeren water. Hiertoe zouden neerslagmetingen en online simulatie van de afstroming moeten worden uitgevoerd, aangevuld met sturing van de stuwen op debiet.

3 Waterschap De Drie Ambachten

3.1 Gebiedsbeschrijving

3.1.1 Ligging en gebiedskarakterisering

Het beheersgebied van het waterschap De Drie Ambachten is gelegen in Zeeuwsch-Vlaanderen en bestaat in hoofdzaak uit drie waterbeheerstechnisch gescheiden districten met een gezamenlijk oppervlak van 24.000 ha (zie afbeelding 3). De scheiding tussen het westelijke gebied (district I) en het oostelijke (districten II en III) wordt gevormd door het Kanaal van Gent naar Terneuzen. Dit kanaal vormt een belangrijke scheepvaartroute tussen België en de Westerschelde.



Afbeelding 3. Beheersgebied De Drie Ambachten.

Het afwateringssysteem van het beheersgebied wordt gevormd door een relatief vlak stelsel van kanalen en natuurlijke kreek. De twee oostelijke districten van het gebied zijn waterbeheerstechnisch gescheiden door een stuw bij Axel.

Het noordelijke gedeelte van het beheersgebied ligt onder het gemiddeld buitenwaterpeil van de Westerschelde. Het zuidelijke gedeelte ligt hoger en watert onder vrij verval af naar het noorden.

Het beheersgebied kenmerkt zich voorts door een verscheidenheid aan bestemmingen die inrichtingstechnisch nauwelijks van elkaar zijn gescheiden (zie tabel 4 voor een indruk van

het bodemgebruik). Zo hebben bijvoorbeeld de Braakmankreek en de Otheensche Kreek een belangrijke rol in de afvoer van water uit het gebied en het achterland, dat voor een belangrijk gedeelte in België ligt (in totaal circa 10.000 ha). Daarnaast vervullen de gebieden rondom deze kreek natuurfuncties en zijn ook de functies vis- en zwemwater aan deze kreek toegekend.

Tabel 4. Bodemgebruik De Drie Ambachten, District I.

	Oppervlakte [ha]	Percentage [%]
Grasland	458	9
Akkerbouw	3717	75
Fruitteelt	204	4
Bos	105	2
Stedelijk / industrie	236	5
Oppervlaktewater	223	5

Het middengedeelte van het beheersgebied (westelijk van Sluiskil) bestaat uit zandige natuurgronden die verdrogingsgevoelig zijn. Er zijn plannen in de maak om vanuit de Westelijke Rijks-Waterleiding dat vrijwel uitsluitend water uit België afvoert, water af te tappen ten behoeve van de aanvoer naar het verdrogingsgevoelige gebied. De kwaliteit van dit water laat op het moment echter te wensen over.

De afwatering uit het beheersgebied wordt in hoofdzaak geregeld met behulp van twee omgebouwde suatiesluizen. De Braakmansluis voor district I en Othenesluis voor de districten II en III.

De sluizen voeren bij laagtij vanuit de respectievelijke gebieden af naar de Westerschelde. Om de waterbeheersing te verbeteren zijn constructieve maatregelen bij beide sluizen getroffen. Bij de Braakmansluis zijn de aanwezige stormschuiven (4 stuks) voorzien van afstandsbediening. Het regelen gebeurt nog niet automatisch. De stormschuiven worden per dag op afstand met de hand bediend. De hoogte van de opening van de stormschuiven wordt bepaald aan de hand van het boezempeil en de te verwachten laagwater standen van de Westerschelde.

Bij de Othenesluis is recentelijk in twee van de drie spuikokers een verticaal verwijderbare pompconstructie opgenomen. Met behulp van de twee pompen kan bij hoog buitenwater uit district II worden afgevoerd (14,6 m³/s). Bij laag water zijn de pompen uit het stroomprofiel getrokken en vindt vrije lozing plaats. Het bedrijf van de pompen is geautomatiseerd en vindt plaats op basis van het binnenwaterpeil. Ook bij deze sluis zijn aan de zeezijde verticale schuiven aangebracht.

Door de ligging van het gebied is het merendeel van het oppervlaktewater brak tot zout (chloridegehalte: 150 - 1000 mg/l).

3.1.2 Waterbeheersing

De waterbeheersing in het beheersgebied is er op gericht om het oppervlaktewaterpeil zo goed mogelijk te handhaven. Er wordt in de Braakmankreek (district I) een zomerpeil van NAP - 0,90 m en een winterpeil van NAP - 1,00 m gehanteerd. In dit district wordt de waterstand geheel geregeld door het laagtij. Dit is bij doottij NAP - 1,30 m en bij springtij NAP - 2,30 m. Met name in de winter is het lang niet altijd mogelijk om het gewenste peil te handhaven.

Voorts is het mogelijk dat in de Braakmankreek de waterstand sterk varieert (tot maximaal 1 m) als gevolg van grote wateraanvoer vanuit België, de neerslag in het eigen gebied, en het spuien tweemaal per dag. Het water vanuit België wordt in het gebied gevoerd met behulp van een geautomatiseerd vijzelgemaal: het Isabellagemaal. Het bedrijf van dit gemaal kan in principe plaatsvinden op basis van de waterstand in het aanvoerende kanaal. In de zomermaanden wordt de Braakmansluis veelal enkele maanden gesloten. In die periode is de aanvoer naar het gebied kleiner dan de verdamping. Het is in de zomer dan ook niet altijd mogelijk om het peil te handhaven. Dit leidt in zeer droge zomers zelfs tot de inlaat van water uit de Westerschelde.

De waterstand in district III wordt in sterke mate bepaald door de aanvoer van water uit België (op vier lokaties). De afvoer uit het gebied vindt plaats naar district II via een automatisch beweegbare stuw. Het waterniveau in dit district wordt 0,25 m boven dat in district II gehouden.

De peilbeheersing in district II wordt geheel geregeld door de spuisluis bij Othene. Met behulp van de pompen in de sluis is men in staat om met name in de winter het peil nauwkeurig te handhaven.

3.2 Sturing

3.2.1 Modellen

Op het ogenblik zijn er nog geen hydrologische modellen van het gebied operationeel.

3.2.2 Huidige situatie

Op het moment zijn er geen reeksen van peilgegevens of andere gegevens beschikbaar. De waterstand is de laatste decennia eens per dag bepaald en vastgelegd. Daarom zijn met name gegevens over aanvoer, spuibestemming e.d. niet beschikbaar.

In het operationele beheer beschouwd men op het ogenblik de grote waterstandsvariatie met name in district I als een probleem. Grote waterstandsvariatie heeft ondermeer tot gevolg dat oeverbeschoeiingen hebben te lijden onder een sterk wisselende gronddruk. Voorts ondervindt de recreatie en met name de watersport nadelige gevolgen van grote waterstandsvariatiën.

De automatisch geregelde afvoer uit district II kan volgens het waterschap nog verder worden geoptimaliseerd. Zo komt nu nog de situatie voor dat de pompinstallatie in bedrijf komt vlak voor laagtij. Dit heeft tot gevolg dat er energiekosten worden gemaakt (instellen en bedrijf van de pompinstallaties) terwijl enkele momenten later zonder kosten vrij kan worden geloosd.

Er is nog geen duidelijkheid over de effecten van het nauwkeurige peilbeheer op de ontwikkeling van natuur en ecologie-waarden. Naar schatting ondervinden deze functies hiervan geen nadelig gevolg.

3.2.3 Gewenste toekomstige situatie

Bij het waterschap bestaat de indruk dat het waterbeheer in het beheersgebied beter kan worden geregeld dan op het moment het geval is. Ondermeer om deze reden is besloten tot de invoering van een uitgebreid meetnet van waterstanden en waterkwaliteit. De waterstanden zullen automatisch op verschillende lokaties in het beheersgebied worden bepaald, zodat het te voeren peilbeheer op effectiviteit kan worden getoetst.

Een verbetering van het beheer in kwantitatieve zin zou ondermeer kunnen worden werkstelligd door het laten functioneren van de spuisluizen op basis van de verwachte wateraanvoer en daarmee de noodzakelijke afvoer uit het beheersgebied.

De waterkwaliteit, met name van aangevoerd water uit België, zou kunnen worden betrokken in de beslissing tot versneld afvoeren (slechte kwaliteit), dan wel gebruik voor watertoevoer naar verdrogingsgevoelige gebieden (goede kwaliteit).

3.2.4 Potentie van sturing

De mogelijkheden tot het regelen van de spuisluizen zijn groter dan op het ogenblik benut. Op basis van een hydrologisch afvoermodeel kan per getijdecyclus het spuivolume worden vastgesteld en worden bepaald op welke wijze het spuien dient plaats te vinden, gezien de duur van het laagtij. Bij de vaststelling van het moment van spuien en het spuivolume, kunnen diverse functies waaraan in het beheersgebied moet worden voldaan worden betrokken. Hierbij speelt met name de conservering van water ten behoeve van de toevoer naar verdrogingsgevoelige gebieden, maar ook de kwaliteit van dit water een belangrijke rol.

4 Waterschap Dollardzijlvest

4.1 Gebiedsbeschrijving

4.1.1 Ligging en gebiedskarakterisering

Het waterschap Dollardzijlvest, gelegen in Oost Groningen en Noord-Oost Drenthe, omvat een gebied van 94.000 ha en bestaat in hoofdzaak uit een veenkoloniaal gebied in het zuiden en een vlak kleigrondgebied in het noorden, grenzend aan de Dollard (zie afbeelding 4). De maaiveldniveaus in het beheersgebied variëren van NAP + 16,0 m in het zuiden tot NAP - 1,5 m in het noordelijk gedeelte van het beheersgebied. Het oosten van het beheersgebied bestaat voornamelijk uit zandgronden.

De veenachtige gebieden zijn bij de ontginning van het gebied in de 19^e eeuw voorzien van een systeem van wijken, met een voor die tijd belangrijke scheepvaartfunctie. Het drainerende vermogen van dit systeem is groot als gevolg van de grote doorlatendheid van de zandige ondergrond en de korte onderlinge afstand van de wijken, van circa 200 m.

In de loop der jaren is er veel veen ten gevolge van oxydatie verdwenen en is het maaiveld gedaald.

In de zestiger jaren zijn diverse ontwateringsprojecten uitgevoerd om de wateroverlast ten gevolge van de maaiveldsinking ongedaan te maken. De scheepvaart-mogelijkheden waren inmiddels vervallen en transport van landbouwprodukten vond plaats over nieuw aangelegde landbouwwegen.

Na verbetering van de afwatering en de bijbehorende grondwaterstandsinking zijn door de landbouwers veel grondverbeteringswerken uitgevoerd.

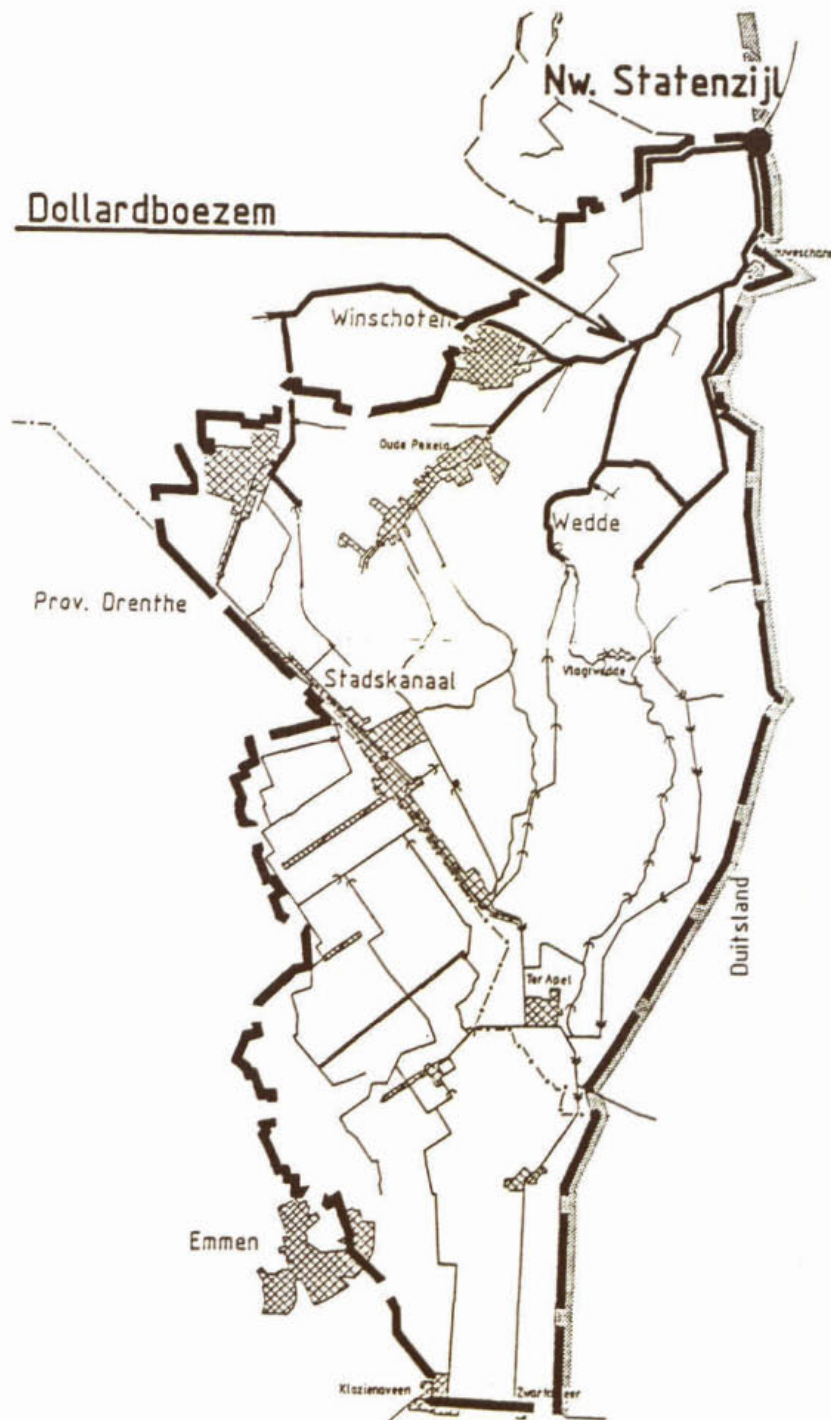
In de zeventiger jaren bleek dat de reactie op de wateroverlast en het aanleggen van een verbeterde afwatering te rigoureuus was uitgevoerd, zodat er droogte-problemen in de landbouw ontstonden.

Hierop heeft het toenmalige waterschap de beslissing genomen om de waterpeilen in het beheersgebied nauwkeurig te gaan sturen met behulp van regelbare stuwen.

Van het totaal van circa 400 stuwen is op het ogenblik een aanzienlijk deel met een automatische peilregeling uitgevoerd. Naar schatting zal binnen een periode van 5 jaar een totaal van 300 stuwen van een dergelijke regeling zijn voorzien.

Voor het vaststellen van de setpoints van de regelingen wordt gebruik gemaakt van een uitgestrekt net van waterstandswaarnemingen. Een deel hiervan wordt automatisch uitgevoerd, een ander deel wordt wekelijks handmatig opgenomen. De waterstandsgegevens worden verwerkt. Op basis van de periode van het jaar en ondermeer het type grond, wordt het gewenste stuwpeil wekelijks vastgesteld en ingesteld.

De afwatering van het beheersgebied vindt onder vrij verval plaats via de Dollardboezem. Het water dat in deze boezem wordt verzameld wordt hoofdzakelijk afgevoerd naar de spuisluis bij Nieuwe Statenzijl, waar bij laag tij overtollig water wordt afgevoerd naar de Dollard. Daarnaast kan de Dollardboezem afvoeren naar de Eemskanaal-boezem, met de eventuele mogelijkheid water op zee te lozen bij Delfzijl.



Afbeelding 4. Beheersgebied Dollardzijlvest.

Via de boezem kan in droge tijden water in het beheersgebied worden ingelaten. Dit water wordt vanuit het IJsselmeer via Friesland en het gemaal Dorkwerd bij Groningen aangevoerd, met een capaciteit van 11,2 m³/s.

Ook via het Drentse kanalenstelsel kan water vanuit het IJsselmeer worden aangevoerd met een capaciteit van 4.5 m³/s (situatie 1995).

De laatste jaren is er binnen het beheersgebied een verschuiving in waardering van belangen gaande. Was het waterbeheer voorheen uitsluitend gericht op de akkerbouw, tegenwoordig spelen belangen als natuur, recreatie, maar ook tuinbouw een steeds belangrijkere rol.

Ten aanzien van het natuurbelang komt dit ondermeer tot uitdrukking in het beekdal natuurontwikkelingsproject de Ruiten Aa, in het oosten van het beheersgebied. De Ruiten Aa zal in het afwateringstrajekt tussen Ter Apel en Vlagtwedde een ecologische functie krijgen en worden voorzien van meanderingen.

In het algemeen wordt er door het waterschap vanuit gegaan dat de landbouwgronden en natuurgronden een verschillend waterbeheer behoeven en ook tegenstrijdige eisen stellen aan gewenste grondwaterstanden. De landbouwgronden hebben vanwege de benodigde (grond)waterberging in de winter een laag waterpeil. Voor natuurgronden is in deze periode juist een hoge grondwaterstand noodzakelijk. De gewenste grondwaterstanden liggen voor natuurgebieden in de winter circa 1 m hoger dan die van landbouwgronden. In de zomer is dit verschil kleiner (circa 0,5 m). In de natuurgebieden kan dan het grondwater dalen, terwijl voor de groei van de landbouwprodukten een hogere waterstand gewenst is.

In het merendeel van het beheersgebied zijn/worden landbouwgronden en natuurgronden inrichtingstechnisch van elkaar gescheiden.

4.1.2 Waterbeheersing

In de hellende gebieden wordt een kwantitatief waterbeheer gevoerd met behulp van al dan niet automatisch geregelde stuwen. Het beheer is erop gericht per peilgebied voor de periode van het jaar zo gunstig mogelijke omstandigheden te creëren. Afhankelijk van begroeiing, neerslag, gemeten grondwaterstand en grondniveau, wordt met behulp van het zgn. SWW-model (zie par. 4.2.1) eens per week vastgesteld wat de optimale drooglegging en stuwstand is. Hierbij wordt een afweging gemaakt van de verschillende gebruiksvormen in het peilvak (oppervlaktemaat). In principe zijn er per peilvak een achttal richtwaarden voor het waterpeil gedefinieerd, waarvan er wekelijks één wordt ingesteld. De richtwaarden gelden voor verschillende vochtcondities van de grond. In droge perioden (lage grondwaterstand) wordt een niveau ingesteld waarmee conservering van water wordt bewerkstelligd. In natte perioden (hoge grondwaterstand) wordt een peil ingesteld dat gericht is op drainage.

Globaal gesproken is de droogleggingsnorm in de winterperiode voor alle landbouwgronden MV-1,2 à 1,5 m en in de zomer MV-0,7 à 1,1 m voor veengronden, MV-0,4 à 0,9 m voor zandgronden en MV-0,8 à 1,3 voor kleigronden.

De afvoer van water uit de Dollardboezem wordt in principe gerealiseerd via de spuisluis bij Nieuwe Statenzijl. Dit spuien is afhankelijk van de waterstanden in de Dollard en kan in sommige perioden te beperkt zijn. In dat geval kan gebruik worden gemaakt van afvoer via de Eemskanaal-boezem. Deze afvoer wordt vastgesteld met een debietmeter bij Winschoten.

De besturing van de spuisluis is geheel geautomatiseerd. Hierbij wordt gebruik gemaakt van online simulatie van de afvoer van neerslag uit het gehele beheersgebied.

De waterbeweging in de Dollardboezem is gemodelleerd. Op basis van neerslaggegevens, peilmetingen in de Dollardboezem en de stand van de debietmeter, wordt per getij-cyclus het te spuien volume berekend. Het spuien wordt bij laagwater op basis van het berekende volume door een automatische besturing geëffectueerd.

4.2 Sturing

4.2.1 Modellen

De modellen die voor het operationele waterbeheer worden gebruikt zijn alle gericht op het in kwantitatieve zin zo goed mogelijk instellen van de waterstanden.

Op het niveau van de peilvakken wordt gebruik gemaakt van het SWW-model (Simulatie Waterbeheer Waterschappen). Met dit model wordt de gewenste drooglegging, de ontwateringsdiepte en het stuwpeil per peilvak berekend. Hiertoe wordt, naast diverse vaste gegevens over grondsoort, vegetatie e.d., gebruik gemaakt van de volgende dynamische informatie:

- grondwaterstanden, gemeten midden tussen de wijken;
- waterstandswaarnemingen;
- neerslagmetingen (eigen regenmeters) en diverse meteorologische gegevens van het KNMI, zoals de Makkink verdamping en de temperatuur.

Een probleem met het gebruik van het SWW-model is op het moment nog, dat niet overal de bodemfysische eigenschappen goed zijn geverifieerd. De modelberekeningen wijken bij simulatie soms nog sterk af van de werkelijkheid.

Een verdere ontwikkeling van dit model en van het idee van een modelmatige aanpak van het waterbeheer, vindt het waterschap dringend nodig.

Voor de OBS-modellen (Operationeel Beheer Systeem) die de berekeningen maken van het te spuien volume vanuit de Dollardboezem, wordt gebruik gemaakt van de volgende metingen:

- waterstanden op diverse lokaties in de boezem;
- neerslag op diverse lokaties in het beheersgebied;
- verdamping via het KNMI (eens per dag);
- grensoverschrijdend water: debietmeter.

4.2.2 Huidige situatie

Op het moment wordt uitsluitend op waterkwantiteitsparameters (peilen en debiet) gestuurd. In het model wordt de huidige stand van neerslag, vochtgehalte in de grond e.d. gebruikt voor de bepaling van de stuwstand van de komende week. Bij de berekening van het zgn. adviespeil, wordt er vanuit gegaan dat de hydrologische toestand van het watersysteem over die week niet verandert.

Om in te kunnen spelen op de overgang van de winter naar de zomerperiode, worden stuwpeilen vroeg in het voorjaar hoger ingesteld dan het adviespeil. Hiermee wordt waterconservering bewerkstelligd.

Het OBS is nog maar kort operationeel en nog in de fase van inregelen.

Hoewel de verwachtingen goed zijn, moeten nog enige aanpassingen plaatsvinden, voordat het model geheel correct werkt en zodoende het sluisbeheer onbemand kan functioneren en de boezem minder waterstandsschommelingen ondervindt.

4.2.3 Gewenste toekomstige situatie

Het waterschap is voornemens om het SWW-model in de toekomst te gebruiken voor het beheer van alle 400 stuwen in het gebied (op het moment ongeveer 100 stuwen in het zuidelijke gedeelte van het gebied). Een belangrijke wens is hierbij dat het model ook een voorgenomen beheersstrategie kan doorrekenen, waaruit bijvoorbeeld blijkt wat de effecten zijn van afwijkende instellingen van stuwen. Een verdere ontwikkeling hierin zou kunnen zijn, het in het advies betrekken van de verwachte neerslag.

4.2.4 Potentie van sturing

De mogelijkheden van sturing in het beheersgebied Dollardzijlvest zijn groot, zoals reeds is aangetoond. Dit kan voornamelijk worden gerealiseerd door het feit dat relatief veel waterbeheerstechnische werken (automatisch) regelbaar zijn uitgevoerd. Voor de niet-automatisch functionerende stuwen wordt iedere week bezien wat de gewenste stand is en deze wordt ook daadwerkelijk ingesteld.

Verfijning in de huidige sturingsstrategie op het niveau van de peilvakken kan worden bereikt door de neerslagverwachting te betrekken in de totstandkoming van het adviespeil. Hiermee wordt impliciet waterconservering geëffectueerd in verwachte droge perioden.

Waterconservering in landbouwgebieden vereist voorts een afweging van het voordeel van het gebiedseigen water (geen inlaat/kosten, betere kwaliteit, op peil houden vochtvoorraad van de bodem) tegenover de bewerkbaarheid van de grond. Dit speelt met name in het voorjaar een belangrijke rol, wanneer de boeren het liefst een lage grondwaterstand hebben.

Simulatie van waterkwaliteit biedt naar verwachting de mogelijkheid om meer overwogen te kunnen beslissen over het inlaten van gebiedsvreemd water in droge perioden. Met name voor de inlaat in (nog aan te leggen) natuurgebieden is dit van belang.

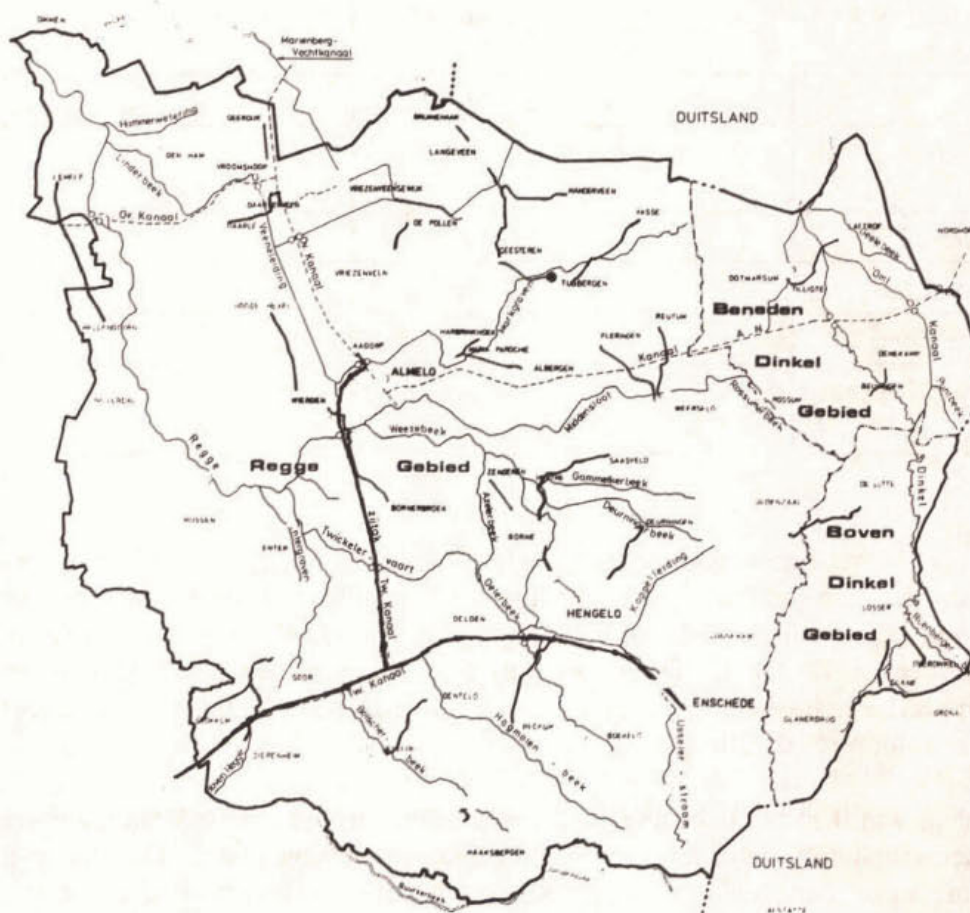
In gebieden met een gemengde natuur- en landbouwbelangen, dient de instelling van het waterpeil te worden afgewogen. Vooralsnog is de verwachting dat deze gebieden inrichtingstechnisch geheel van elkaar zullen worden gescheiden.

5 Waterschap Regge en Dinkel

5.1 Gebiedsbeschrijving

5.1.1 Ligging en gebiedskarakterisering

Het beheersgebied van het waterschap Regge en Dinkel beslaat een oppervlak van 135.000 ha. Het gebied bestaat uit drie stroomgebieden, te weten; het stroomgebied van de Regge; het stroomgebied dat afvoert op het Twentekanaal en een deel van het stroomgebied van de Dinkel, die ontspringt in Duitsland (zie afbeelding 5).



Afbeelding 5. Beheersgebied Regge en Dinkel.

De oostelijke stroomgebieden worden omsloten door stuwwallen complexen: de Overijsselse heuvelrug met hoogten van NAP + 20 à 60 m en de ruggen tussen Ootmarsum en Enschede, met hoogten van NAP + 40 à 80 m.

Het beheersgebied bestaat hoofdzakelijk uit zandgronden. In de oostelijke stuwwallen komen bronbeken voor. Door kwelwater ontstond aan de voet van de stuwwallen veen. Door intensieve turfwinning is slechts een zeer beperkt deel van deze veengebieden nog intact. Voor het huidige bodemgebruik wordt verwezen naar tabel 5.

De bosgebieden liggen met name op de stuwwallen. Door de hoge en relatief droge ligging, stellen deze gebieden, behalve daar waar keileem ondiep voorkomt, geen speciale eisen aan de waterbeheersing. Dit geldt ook voor de droge natuurgebieden. De natte natuurgebieden liggen hoofdzakelijk op veengronden.

Tabel 5. Bodemgebruik beheersgebied Regge en Dinkel.

	Oppervlakte [ha]	Percentage [%]
Grasland	62.000	46
Akkerbouw	17.000	13
recreatiegebied (kano, roeien, vissen)	1.000	1
Bos	17.000	13
Natuurgebied (nat/droog)	3.500	2
Stedelijk gebied	14.000	10
Wegen/spoorlijnen	5.000	4
Oppervlaktewater	1.500	1
Overig (o.a. vliegveld Twente)	14.000	10

De afwatering in het beheersgebied is te onderscheiden in de genoemde drie stroomgebieden, waarbij het stroomgebied dat afwatert op het Twentekanaal voorheen onderdeel uitmaakte van het stroomgebied van de Regge. Het stroomgebied van de Dinkel ligt voor het grootste deel in Duitsland. De afvoer van deze rivier binnen het beheersgebied wordt dan ook in sterke mate bepaald door de waterbeheersing in de buiten het beheersgebied liggende bovenloop (circa 20.000 ha).

De afwatering wordt in het beheersgebied gerealiseerd met een stelsel van watergangen. In de merendeels hellende gebieden vindt natuurlijke afwatering plaats. De vlakke gebieden en met name in de benedenloop van de Regge, wordt de afwatering tevens geregeld met behulp van gemalen.

De detailontwatering vindt plaats via verstelbare stuwen met een vast zomer- en winterpeil. Tevens zijn een beperkt aantal (circa 10) grotere stuwen uitgevoerd met een automatische besturing. Deze stuwen zijn gelegen in de benedenloop van de Regge en in het hoge stroomgebied van de Dinkel.

In het stroomgebied van de Regge, op de grens tussen het hellende gebied en het vlakke gebied bij Almelo, is een vergrote afvoercapaciteit van water noodzakelijk. Hiertoe zijn diverse afwateringswerken rond dit gebied uitgevoerd, o.a. resulterend in het Lateraal Kanaal.

Op het moment zijn plannen in ontwikkeling voor gescheiden afvoer en beheer van stedelijk en landelijk water van het gebied tussen Enschede en Almelo; het Bornsebeekplan. Tevens wordt gewerkt aan beekherstel in het watersysteem van de (oude) bovenloop van de Regge, door aanleg van doorgangen onder het Twentekanaal.

Het stroomgebied van de Dinkel heeft voornamelijk een natuurbestemming. In het lage stroomgebied van de Dinkel (Beneden Dinkel) zijn werkzaamheden uitgevoerd om de kans op overstromingen te reduceren. Dit heeft geresulteerd in het Omleidingskanaal. Het debiet door de Beneden Dinkel wordt geregeld met behulp van een verdeelwerk. Overstollig water wordt geleid door het Omleidingskanaal.

In de zomer is in het gebied onvoldoende oppervlaktewater beschikbaar om te kunnen voldoen aan de watervraag. Bovendien wordt in deze periode het afstromende water uit het gebied voor een belangrijk deel gevormd door het effluent van afvalwaterzuiveringsinstallaties (40%).

In het merendeel van het beheersgebied (circa 95%) is het niet mogelijk om water aan te voeren. Met name in het hellende gebied dat afvoert op het Twentekanaal en in de bovenloop van de Regge, ontbreekt het geheel aan watervoorzieningsmogelijkheden. In de benedenloop van de Regge zijn/worden werken ten behoeve van de watervoorziening uitgevoerd. Ook in het Dinkelgebied is watertoevoer op dit moment niet mogelijk.

In landbouwgebieden wordt in de zomer gebruik gemaakt van intensieve beregening met zowel grond- als oppervlaktewater. Bij daling van het oppervlaktewaterpeil tot beneden de kruin van de stuwen, geldt echter een beregeningsverbod.

In het Dinkelgebied geldt voorts een beregeningsverbod als de afvoer naar Duitsland kleiner wordt dan 0,3 m³/s.

5.1.2 Waterbeheersing

De waterbeheersing in het gebied van Regge en Dinkel is er voornamelijk op gericht om vastgestelde waterpeilen zo goed mogelijk te handhaven. Dit beheer wordt uitgevoerd met een systeem van al dan niet automatisch instelbare stuwen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de winter- en de zomersituatie.

De zgn. theoretische peilen worden vastgesteld aan de hand van de belangen die zijn vertegenwoordigd in een stuwband. Voor sterke afwijkingen in de verwachte neerslag - (natte zomer of droge winter) worden de ingestelde zomer- en winterstanden van stuwen bijgesteld.

Door het veelal ontbreken van wateraanvoer is het met name in het voorjaar van belang een nauwkeurig waterbeheer te voeren, zodat zo veel mogelijk water in de grond en het oppervlaktewatersysteem kan worden geconserveerd.

Mede op grond van de veranderende inzichten met betrekking tot het afvoeren van water, is er de laatste jaren een tendens om de drooglegging te verminderen. Hierbij wordt in sommige gevallen zelfs inundatie toegestaan.

Het waterschap maakt voor het beheer van watergangen gebruik van een functievervullingsmatrix, waarvan in tabel 6 een deel is weergegeven. Aan de hand van de matrix kan per type oppervlaktewater worden vastgesteld wat beheerstechnisch toegestane maatregelen zijn, zoals bijvoorbeeld het inlaten van gebiedsvreemd water, gebruik voor drinkwater of beregeningswater etc.

Tabel 6. Functievervulling per watertype (Bron: Waterbeheersplan Regge en Dinkel 1989 - 1994).

Functievervulling: Type oppervlaktewater:	alg. eco- logische functie	berging, doorvoer en afvoer	vaar- weg	recre- atie	nat. milieu voor orga- nismen	viswater voor be- roepsvisserij
Beek	x	x			x	
Rivier	x	x		x	x	x
Genormaliseerde water- gang met effluent	x	x		x		x
Genormaliseerde water- gang zonder effluent	x	x	x	x		x
Kanaal	x	x	x	x		x
Sloot	x	x				

5.2 Sturing

5.2.1 Modellen

Op het moment zijn er bij het waterschap een aantal modellen in gebruik voor de bepaling van de operationele waterbeheersingsstrategie. Deze modellen worden echter uitsluitend voor studiedoeleinden gebruikt.

Voor de modellering van de neerslag-afvoer in het Dinkelgebied wordt vanaf 1994 gebruik gemaakt van het Duitse model NASIM. Ook voor het Regge gebied zal dit model worden toegepast.

Voor de simulatie van de waterbeweging en de waterkwaliteit (zuurstof of nutriënten) in de Regge wordt gewerkt met DUFLOW. Een probleem is dat de diffuse belasting uit de landbouw op het moment nog niet gesimuleerd kunnen worden.

Ten behoeve van de simulatie van de nutriëntenbelasting uit landbouwgebieden in het Vecht-stroomgebied, laten samenwerkende Nederlandse (o.a. Provincie Overijssel en de Overijsselse waterschappen) en Duitse overheden een model ontwikkelen aan de universiteit van Hannover. Met dit model wordt het mogelijk om de belasting op het oppervlaktewater te koppelen aan het grondgebruik.

Voor de modellering van grondwaterstroming wordt gebruik gemaakt van het programma MODFLOW. Dit wordt ondermeer gebruikt voor de analyse van het effect van waterwinningsprojecten en voor de analyse van veranderingen in de geohydrologie als gevolg van de uitvoering van integraal waterbeheer-projecten, zoals het Bornsebeekproject.

5.2.2 Huidige situatie

Door de sterke helling en het relatief grote verharde oppervlak van het beheersgebied, vindt snelle afvoer van overtollig water plaats. Rekening houden met zowel de gewenste snelle afvoer, als het conserveren van water, is thans alleen mogelijk met geautomatiseerde stuwen. Het waterschap is doende deze automatisering op de hoofdstuwen in te voeren, waarbij wordt geregeld op bovenwaterstand. In de Dinkel is men doende om de werking van de in serie geschakelde stuwen onderling af te stemmen.

De vele vaste overlaten en onderschuiven (detailontwatering), beperken de mogelijkheid actief in te grijpen in het peilbeheer van het huidige watersysteem tot circa 50% van het gehele gebied in het voorjaar, tot circa 15% in de loop van de zomer. Een aanzienlijk gedeelte van de detailontwateringen vallen in de zomer droog, waardoor de overlevingskansen voor micro- en macro-fauna beperkt zijn.

Door het grote verval in het beheersgebied en de aanwezigheid van voornamelijk vaste overlaten en handmatig instelbare stuwen, beperkt de huidige sturing zich in de hoger gelegen gebieden tot het op het juiste moment instellen van het zomerpeil en het eventueel aanpassen van ingestelde stuwpeilen in geval van bijvoorbeeld grote neerslag in de zomer of weinig neerslag in de winter.

De Regge en de Dinkel worden op 6 lokaties continu bemeten voor de vaststelling van de waterstand en het debiet. Daarnaast worden draaiuren bijgehouden van de gemalen die water onttrekken aan, of lozen op het Twentekanaal. Het waterschap heeft een start gemaakt met het automatisch inzamelen van meetgegevens op het waterschapshuis.

Neerslag wordt gemeten op de rioolwaterzuiveringen van het waterschap. Deze metingen zijn op het moment niet beschikbaar voor de dagelijkse waterbeheersing.

Op circa 50 lokaties wordt om de 14 dagen de grondwaterstand gemeten. Deze metingen worden beschikbaar gesteld voor het TNO-grondwaterstandsmeetnet.

Op circa 70 plaatsen in het beheersgebied worden routinematige waterkwaliteitsmetingen uitgevoerd. Biologisch onderzoek wordt voorts uitgevoerd bij 30 van de monsternamenpunten. Gekeken wordt o.a. naar de macrofauna en algensamenstelling.

5.2.3 Gewenste toekomstige situatie

Om het peilbeheer in het beheersgebied te kunnen verbeteren zal in de toekomst meer gebruik gemaakt worden van geautomatiseerde stuwen. Bedacht dient echter te worden dat de regelbaarheid van het watersysteem beperkt blijft tot de stuwpannen die afwateren via een geautomatiseerde stuw dan wel gevoed worden door een automatisch functionerend inlaatgemaal.

Het is de intentie van het waterschap om met name het aantal continue meetstations aanzienlijk te vergroten en meer gebruik te gaan maken van automatische inzameling en verwerking van meetgegevens.

5.2.4 Potentie van sturing

De mogelijkheden van sturing liggen in de benedenlopen van de Regge en de Dinkel en met name op het juist instellen van het peil, gezien de te vervullen belangen in de gebieden.

De waterbeheersing in een deel van het Regge-gebied kan in droge perioden met behulp van waterinlaat uit het Twentekanaal worden geregeld. De mate waarin dit mogelijk is, wordt bepaald door de aanwezigheid van wateraanvoerkunstwerken (gemalen, stuwen) en in operationele zin door de kwaliteit van het in te laten water.

Op detail-ontwateringsniveau kan met behulp van besturing van de peilbeheersing verder worden geoptimaliseerd. In gebieden met uitsluitend landbouw of gecombineerd landbouw en nat natuurgebied, kan in geval van besturing van de stuwen een gemiddeld hoger peil worden gehandhaafd. In dat geval kan groot waterbezwaar worden verwerkt door de stuwen snel na de neerslag of zelfs hierop anticiperend neer te laten. De effectiviteit van een dergelijk systeem hangt ondermeer af van de neerslag-afvoer karakteristiek van deze gebieden en de mate waarin het water-bergende vermogen van grond en oppervlakte kan worden aangewend.

6 Hoogheemraadschap van Delfland

6.1 Gebiedsbeschrijving

6.1.1 Ligging en gebiedskarakterisering

Het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Delfland kenmerkt zich door een relatief groot verhard oppervlak, snelle afvoer van neerslag via een systeem van vele polders aangesloten op een boezem, en afwisselend water overschot dan wel watertekort. Het grote verharde oppervlak (35% van de 40.000 ha) is het gevolg van veel bebouwing en intensieve glastuinbouw.

De waterafvoer en -aanvoer vindt plaats via Delflands boezem - een geheel van vaarten en kanalen dat waterbeheerstechnisch één systeem vormt. Door het beperkte openwateroppervlak van de boezem (2% van het hierop afwaterende gebied) kan als gevolg van neerslag de waterstand zeer snel stijgen. Met behulp van zes uitslaande boezemgemalen (vier diesel en twee elektrisch) wordt de boezem dan zo goed mogelijk op peil gehouden (zie afbeelding 6).



Afbeelding 6. Beheersgebied Delfland.

Een verdeling over het op de boezem afwaterend oppervlak is weergegeven in tabel 7.

Tabel 7. Bodemgebruik Delfland.

	Oppervlakte [ha]	Percentage [%]
Stedelijk gebied en duinen	12.500	31,2
Open water	1.500	3,8
Grasland, bouwland en recreatiegebied	19.000	47,5
Glastuinbouw	7.000	17,5

6.1.2 Waterbeheersing

De waterbeheersing van de 60 polders geschiedt vrijwel autonoom. Voor de afvoer van overtollig water uit de polders zijn - veelal geautomatiseerde - poldergemalen ingezet, die op basis van het lokale waterniveau in- en uitschakelen. In totaal zijn er circa 180 poldergemalen. In droge perioden wordt ten behoeve van de peilbeheersing water uit de boezem de polders ingelaten.

Het waterpeil in het merendeel van de polders ligt beneden het boezempeil. Een deel van de polders heeft echter een hoger peil - de zogenaamde opmalingspolders. Uit deze polders vindt afwatering plaats via stuwen, terwijl hier de wateraanvoer via inmalingen wordt gerealiseerd.

Naast de polders zijn er gebieden die onder natuurlijk verval direct afvoeren op de boezem - het zogenaamde boezemland.

Het autonoom functioneren van de waterbeheersing in de polders brengt met zich mee dat er op onafhankelijke wijze op de boezem wordt geloosd dan wel aan de boezem wordt onttrokken.

In de boezem wordt een peil van NAP - 0,40 m nagestreefd. Door middel van de handbediende boezemgemalen wordt dit peil zo goed mogelijk gehandhaafd. Bij een waterniveau van NAP - 0,25 is het zgn. maalpeil bereikt. Bij overschrijding van dit peil in combinatie met opwaaiing, is er gevaar voor overlopen van de boezemkaden (NAP + 0,10) en inundatie van het polderland. Bij bereiken van het maalpeil kan een maalstop worden afgekondigd. In dat geval worden de poldergemalen uitgeschakeld. Dit is de laatste 20 jaar slechts eenmaal voorgekomen (1979).

Bij extreme neerslag kan gebruik worden gemaakt van bergboezems of inundatiegebieden. Deze gebieden hebben in principe een landbouwfunctie (geen bebouwing), maar kunnen onder extreme omstandigheden worden gebruikt om de boezem te ontlasten. Een voorbeeld van een dergelijk gebied is de bergboezem van de polder Berkel (100 ha).

Op het moment wordt nader onderzoek verricht naar de mogelijkheid van het aanleggen - van een tweetal nieuwe bergboezems: de Oude en Nieuwe Broekpolder (12 ha, capaciteit 8 m³/s) en de Boomawatering (1 ha). Bij deze bergboezems zal dan water via een overlaat of

een koker in het gebied kunnen worden gelaten. De afvoer wordt via de naastliggende polders gerealiseerd.

Bij neerslag stijgt de waterstand in de boezem snel. In het Westland gebeurt dit het snelst. Als gevolg van de beperkte afvoercapaciteit door de boezemwatergangen, kunnen niveauverschillen optreden van 0,1 m. Voorts kan als gevolg van op- en afwaaiing het niveauverschil in de boezem oplopen tot 0,1 - 0,2 m.

Naast de waterhoeveelheden speelt ook de kwaliteit van het polder- en boezemwater een grote rol in de waterbeheersing. Om verzilting als gevolg van zoute kwel te voorkomen, is in sommige polders doorspoeling met boezemwater noodzakelijk.

Verder wordt bij een dalende boezemwaterstand water ingelaten. Dit water wordt onttrokken aan het Brielse Meer (gemengd Rijn- en Maaswater) en uit Rijnlands boezem bij Leidschendam (hoofdzakelijk Rijn-water). Ook het zoutgehalte van dit water speelt een rol in de beheersing van Delflands boezem.

Het stedelijk gebied (ca. 30%) watert af via gemeentelijke riolering. De rioolstelsels zijn via persleidingen aangesloten op rioolwaterzuiveringsinstallaties die hun effluent voor het merendeel buiten het beheersgebied afvoeren. Hierdoor wordt een groot deel van de neerslag afgevoerd, buiten de boezem om.

Gedurende overstortingen uit de rioolstelsels komt echter in korte tijd rioolwater met een relatief hoog BZV-gehalte op het oppervlaktewater terecht.

De afvoer vanuit de glastuinbouw op het oppervlaktewater bevat eutrofiërende stoffen zoals nitraat en fosfaat. Om de concentraties van deze stoffen te beperken is het noodzakelijk de betreffende watergangen periodiek door te spoelen.

6.2 Sturing

6.2.1 Modellen

Het Hoogheemraadschap heeft met behulp van het niet stationaire stromingsmodel NET-FLOW berekeningen van de waterbeweging in de boezem laten uitvoeren. Doel van de berekeningen was het kunnen beoordelen van de effecten van wijzigingen in het boezemwatergangenstelsel.

Op het moment zijn er geen modellen in gebruik ten behoeve van de operationele waterbeheersing.

6.2.2 Huidige situatie

Op het moment wordt het merendeel van de poldergemalen (90%) automatisch bestuurd en vindt het activeren van de waterinlaat in polders handmatig plaats. De besturing wordt geregeld met behulp van PLC's. Alarmering vindt in geval van storing plaats via storingsmelders en een semafoon-oproepsysteem.

Informatie over het bedrijf, storingen en waterstanden worden lokaal met behulp van dataloggers bijgehouden. Deze informatie is via het openbare telefoonnet oproepbaar. Eens per dag wordt vanuit de centrale bij het Hoogheemraadschap automatisch contact gezocht met de gemalen en worden de opgeslagen gegevens ingelezen in een PC.

Naast waterniveaus wordt op diverse lokaties verspreid over het gebied neerslag gemeten. Op één lokatie kunnen de vanaf 8 uur 's ochtends getotaliseerde neerslag en de waterstand via een kiesverbinding worden opgevraagd (spraak-chip).

In het geval dat er hevige neerslag wordt verwacht, wordt bij polders met een kleine oppervlaktewaterberging, ook wel handmatig in de automatische peilbeheersing ingegrepen, door middel van het vroegtijdig stopzetten van inmalingen of voormalen.

De operators van de boezemgemalen maken voor de sturing gebruik van de waterstanden, de weersverwachting en neerslagmetingen. Indien grote afvoer wordt verwacht, wordt voorgemalen tot een peil van NAP - 0,45 m.

6.2.3 Gewenste toekomstige situatie

Bij het Hoogheemraadschap wordt in de toekomstige situatie voorzien dat meer gegevens ten behoeve van de operationele waterbeheersing op geautomatiseerde wijze zullen worden verzameld, verwerkt en beschikbaar gesteld. Ondermeer via het centraal inzamelen en het uitlezen van deze gegevens op beeldschermen.

Ten aanzien van de sturing van de boezembemaling worden geen ingrijpende ontwikkelingen verwacht. Wellicht wordt in de toekomst besloten over gedeeltelijke automatisering en bediening vanuit een centrale plaats.

De huidige werkwijze met voorspelling van de afvoer uit het gebied door de operators van de boezemgemalen, wordt als zeer goed beoordeeld. Een verbetering kan wellicht worden bereikt met het gebruik van een beslissingsondersteunend systeem dat op basis van neerslagvoorspelling een berekening van de verwachte afvoer maakt en waarmee een bemalingsregime kan worden gesimuleerd en beoordeeld, voordat de feitelijke bemaling wordt geëffectueerd.

Bij het Hoogheemraadschap wordt op het moment voornamelijk gedacht aan constructieve maatregelen om knelpunten in de boezem op te heffen. Eén van de mogelijkheden is het verbeteren van de toevoer naar de boezemgemalen, zodat de volledige geïnstalleerde capaciteit kan worden gebruikt. Dit speelt met name bij het gemaal Scheveningen een rol. Middelen die hiertoe openstaan zijn ondermeer het verruimen van watergangen en het maken van een verbinding naar een extra toevoerkanaal.

Voorts zal worden getracht om het toenemende verharde oppervlak binnen het beheersgebied te compenseren met de uitbreiding van de bergingscapaciteit van de boezem. Hierbij speelt echter de onzekerheid over het op de lange termijn blijvend gebruik van regenwater als gietwater in de glastuinbouw. De opvang en berging van dit water zorgt namelijk voor een gereduceerde en vertraagde afstroming van neerslag. De beperkte bemalings- en bergingscapaciteit van de boezem en polders wordt hierdoor momenteel enigszins gecompenseerd.

6.2.4 Potentie van sturing

Op het moment vindt afstemming van het bedrijf en sturing van de gemalen plaats door de operators. Hierbij is ervaring omtrent de reactie van het beheersgebied en de boezem op neerslag, van groot belang. Gezien de huidige goede ervaringen met het voorspellen van de afvoer naar de boezem, kan worden gesteld dat de potentie van sturing aangetoond groot is.

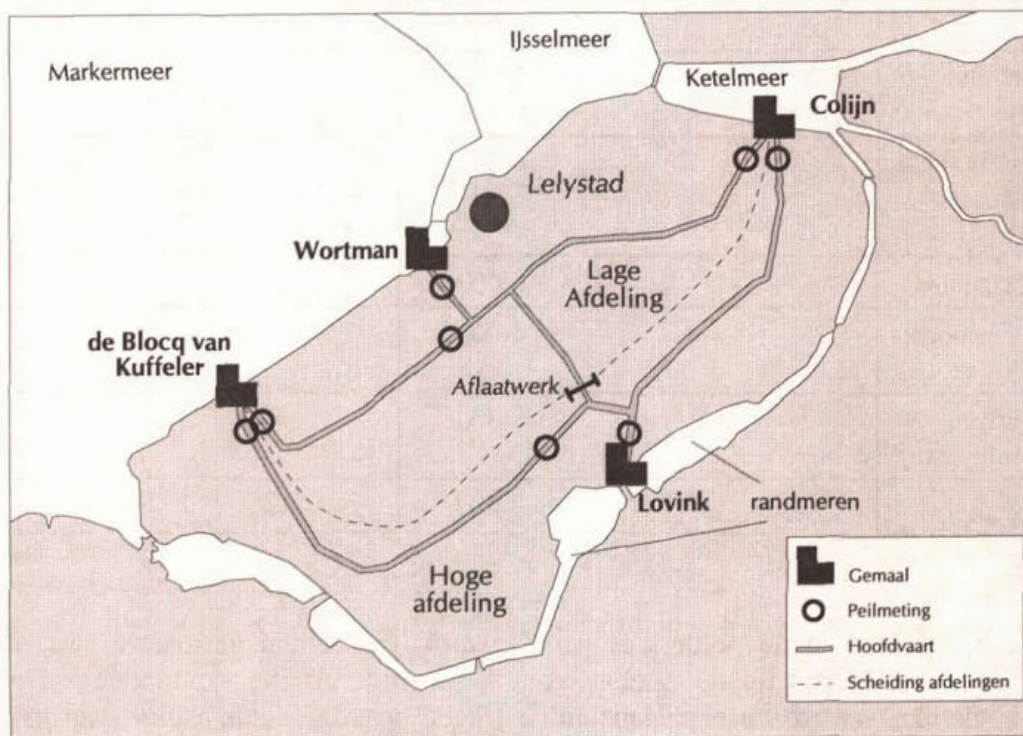
7 Heemraadschap Fleverwaard

7.1 Gebiedsbeschrijving

7.1.1 Ligging en gebiedskarakterisering

Het beheersgebied van het Heemraadschap Fleverwaard is gelegen in Zuidelijk en Oostelijk Flevoland. Het bestaat uit twee waterbeheerstechnisch gescheiden delen: de Hoge Afdeling en de Lage Afdeling, met een gezamenlijke oppervlakte van 96.000 ha (zie afbeelding 7). De bodem van deze recente polders is hoofdzakelijk opgebouwd uit zeeklei, met vooral in het zuidelijke gedeelte een zandige diepe ondergrond. Het gebied is geheel omsloten door het water van de randmeren in het zuiden, en het IJsselmeer in het noorden.

Door de lage ligging van het poldergebied treedt een aanzienlijke kwel op van circa 1 mm per dag. Deze wordt gevoed vanuit het IJsselmeer en de Randmeren, maar vooral ook vanuit de hoog gelegen zandgronden van de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug.



Afbeelding 7. Beheersgebied Fleverwaard.

De Hoge en de Lage Afdeling worden ontwaterd met behulp van een veld-drainagesysteem (pipedrains). Deze voeren af op een systeem van sloten, tochten en vaarten. Het water wordt op de Hoge Afdeling afgevoerd door de Hoge Vaart en op de Lage Afdeling door

de Lage vaart. Het overtollige water wordt aan de vaarten onttrokken met behulp van vier gemalen: twee elektrische (Colijn en Lovink) en twee diesel (de Blocq van Kuffeler en Wortman). De gezamenlijke capaciteit van de gemalen bedraagt 130 m³/s. Dit is circa 5 maal de gemiddelde afvoer uit het gebied (2 milj. m³/dag).

De Zuid-Westelijke richting van de vaarten heeft tot gevolg dat er bij storm sterke opwaaiingseffecten optreden. Binnen de tijd van een uur kan het waterpeil aan het einde van een vaart zijn toe- of afgenomen met 0,5 m.

Naast het hoofdzakelijk agrarische bestemming van het oppervlak is in het zuidelijke gedeelte van de polder een belangrijk natuurgebied gelegen: de Oostvaardersplassen. De waterbeheersing in dit gebied wordt onafhankelijk van die van de Lage Vaart geregeld en is in handen van Rijkswaterstaat Directie Flevoland. Bij overschot aan water in het gebied wordt geloosd op de Lage Vaart; bij tekort kan water aan deze vaart worden onttrokken. In tabel 8 wordt een overzicht gegeven van het bodemgebruik binnen het beheersgebied.

Tabel 8. Bodemgebruik Fleverwaard.

	Oppervlakte [ha]	Percentage [%]
Landbouwgebied	66.000	67
Recreatie	3.000	3
Bos	10.000	10
Droog natuurgebied	1.000	1
Nat natuurgebied (Oostvaardersplassen)	4.000	4
Stedelijk gebied	6.000	6
Wegen / spoorlijnen	4.000	4
Watergangen (maaiVELdnliveau)	3.500	4
Overige	500	1

Het stedelijk gebied in de polders is hoofdzakelijk gescheiden gerioleerd, waardoor de oppervlakteafvoer hieruit relatief snel op gang komt (orde grootte van een uur). De afvoer uit het landelijke gebied verloopt aanzienlijk trager, waarbij - afhankelijk van het vochtgehalte in de bodem en de grondwaterstand - de afvoer pas na uren op gang komt. De afvoerperiode van het landelijke gebied varieert tussen circa 6 uur en enkele dagen.

Door de origine van de bodem van de polders is sprake van brakke kwel. Deze zorgt voor verhoging van het chloride-gehalte in met name het lager gelegen gedeelte van de polders. De afvoer van dit chloride uit het gebied vindt in natte perioden door de geringe verblijftijd in de tochten en vaarten relatief snel plaats. In droge zomers echter, is de verdamping

in dezelfde orde van grootte als de kwel en vindt weinig of geen bemaling plaats. In een dergelijke periode accumuleert het chloride in zowel het oppervlaktewatersysteem als de grond. Door de sterke mate van veld-drainage vindt echter geen toevoer van chloride naar de wortelzones van gewassen plaats; er is dan ook geen noemenswaardig effect op de landbouw.

Naast afwatering van het gebied heeft het elektrische gemaal Lovink ook de functie van het doorspoelen van de randmeren. Eutrofiëring van het water in de randmeren is ondermeer het gevolg van de lozing van het effluent van afvalwaterzuiveringen (Gooi en Veluwe), de met landbouw-reststoffen vervuilde afvoer van beken, en de geringe stroming door deze meren. Door doorspoelen met water van gemaal Lovink, kan een verbeterde waterkwaliteit van de randmeren worden bewerkstelligd.

7.1.2 Waterbeheersing

De waterbeheersing in de polders is erop gericht om per afdeling de vastgestelde streefpeilen van NAP - 5,2 m en NAP - 6,2 m zo goed mogelijk te handhaven. Dit wordt gerealiseerd met behulp van de vier gemalen, waarvan de twee elektrische zijn geautomatiseerd. Bij het overschrijden van het streefpeil met een bepaalde waarde, worden automatisch de pompen van de gemalen Colijn en Lovink ingeschakeld. Bij groot waterbezwaar is de capaciteit van deze gemalen alleen, onvoldoende en worden ook de handbediende dieselmolens ingezet.

Door het geringe openwateroppervlak (circa 1%) en het beperkte wateropnemende vermogen van de zware kleigronden, kan een snelle peilstijging in grond en oppervlaktewater ontstaan. Het heemraadschap hanteert minimale en maximale peilen waarbinnen de waterstand in de vaarten onder normale omstandigheden dient te blijven. Bij extreem waterbezwaar echter, is de afvoerende capaciteit van de gezamenlijke gemalen onvoldoende en ontstaat een peilstijging tot boven het maximum peil. Op deze wijze wordt de openwater- en grondwaterberging in het gebied verder gevuld.

Het capillaire vermogen van de kleigronden in het beheersgebied is groot. Hierdoor is het niet noodzakelijk om in de zomer een hoger peil te handhaven.

In droge zomers wordt op het moment, ook bij een dalende grond- en oppervlaktewaterstand, geen water van buiten het beheersgebied (Ketelmeer) ingelaten. Het heemraadschap heeft hiertoe besloten op grond van de relatief slechte kwaliteit van het Ketelmeer-water. Wel wordt overwogen om in de toekomst eventueel water uit het Markermeer in te laten.

Het uitgeslagen water bevat een - vergeleken met de omliggende wateren - verhoogd chloridegehalte, waardoor er daar een toename van de zoutconcentratie kan optreden. Onderzoek naar de toename van het chloridegehalte van het buitenwater wijst uit dat de toename van het chloridegehalte op het Markermeer als gevolg van de bemaling aanzienlijk groter is dan die van het IJsselmeer. Op grond van de huidige belangenafweging is er geen duidelijke voorkeur voor lozing van water op één van de twee genoemde meren. In het dagelijkse bemalingsbedrijf wordt de waterbeheersing hoofdzakelijk met de elektrische gemalen gerealiseerd.

Een deel van de gronden van de polders (uiterste noorden en zuiden) zijn sterk stikstof- en ijzerhoudend. Voorts zorgen de zuiveringsinstallaties die binnen het gebied zijn gelegen,

voor een toevoer van nitraat en fosfaat in het oppervlaktewatersysteem. Met name in perioden dat niet wordt bemalen, zorgt dit voor accumulatie van het N-totaal gehalte in het oppervlaktewater, met de resulterende kwaliteitsproblemen, zoals een laag zuurstofgehalte.

Doorspoelen van het kanalsysteem om dit probleem het hoofd te bieden is alleen gedurende neerslagoverschot en in slechts een beperkt gedeelte van het gebied mogelijk (bij het aflaatwerk tussen de Hoge en de Lage Afdeling). Eén van de maatregelen die het heemraadschap neemt om dit probleem aan te pakken, is het reduceren van het aantal zuiveringsinstallaties en het op gunstiger lokaties situeren van de lozingspunten.

7.2 Sturing

7.2.1 Modellen

Het Heemraadschap maakt op het ogenblik gebruik van het model DUFLOW voor de analyse van waterstromen in het kanalen systeem. Hierbij wordt met name gekeken naar het effect van propstroming van verontreinigd water in de vaarten en het effect van doorspoelen van de vaarten. In perioden met enige bemaling blijkt het kwaliteitsprobleem te kunnen worden aangepakt door met de gemalen wisselend aan één zijde van een vaart te bemalen en door het aflaten van water van de Hoge naar de Lage Afdeling.

Verdere modelvorming heeft plaats gevonden in het kader van onderzoek naar de mogelijkheden om het huidige peilbeheer te verfijnen door toepassing van voorspellingsalgoritmes. Ten behoeve van nadere analyse van deze mogelijkheden is een neerslag-afvoermodel in de vorm van een eenvoudig spreadsheet-programma ontwikkeld.

Uit het onderzoek blijkt dat de variatie in het oppervlaktewaterpeil aanzienlijk kan worden beperkt door toepassing van online neerslag-afvoer simulatie en bemaling op een verwacht peil. Het optreden van extreem hoge waterstanden blijkt gereduceerd te kunnen worden door de bemaling bij hevige neerslag eerder in te schakelen.

7.2.2 Huidige situatie

Op het moment wordt het peilbeheer met behulp van een gecentraliseerd automatiserings-systeem op het hoofdkantoor van het heemraadschap te Lelystad gestuurd. Dit gebeurt op basis van 8 waterstandsmetingen (4 per afdeling) bij de gemalen en de Knarsluizen, op de scheiding tussen Oostelijk en Zuidelijk Flevoland (zie afbeelding 7). Waterstandsgegevens worden door middel van PTT-huurlijnen naar de centrale verstuurd. Hier worden de gegevens verzameld en worden berekeningen uitgevoerd om te komen tot een per vaart representatieve waterstand. Deze waterstand per afdeling, wordt naar de twee elektrische gemalen verzonden, ook via PTT lijnen. Op deze lokaties wordt een vergelijking gemaakt tussen de representatieve waterstand en de instelling van in- en uitschakelpielen die zijn opgegeven per pomp. Op deze wijze worden de pompen van de gemalen lokaal geregeld. Gegevens over het bedrijf van de vier gemalen en over het verloop van de waterstand worden verzonden naar de centrale en kunnen daar, maar ook op de vier gemalen, worden bekeken met behulp van beeldscherm-bedieningssystemen. De gegevens worden met een frequentie van eens per uur opgeslagen voor verdere gegevensverwerking. Handmatig

ingrijpen in het bedrijf van de gemalen en het aflatwerk is via hetzelfde automatiseringssysteem mogelijk.

Samengevat zijn met behulp van het nu vier jaar functionerende automatiseringssysteem de volgende resultaten behaald:

- beperking van de waterstandsvariatie en peil-overschrijdingen in het oppervlaktewaterstelsel;
- verlaging van energiekosten met circa 20%;
- verlaging van personeelskosten op de elektrische gemalen (onbemand bedrijf);
- afstandsbediening van de elektrische gemalen;
- automatische gegevensinzameling.

Naast de geautomatiseerd ingewonnen gegevens worden de volgende kwaliteitsgegevens verzameld ten behoeve van het operationele oppervlaktewaterbeheer:

- chloride-gehalte: eens per twee weken op diverse locaties;
- chloride-gehalte: eens per week een verzamelmonster bij de gemalen;
- N-totaal gehalte: eens per twee weken op diverse locaties.

7.2.3 Gewenste toekomstige situatie

Op het moment wordt het peilbeheer in de polders uitsluitend gericht op de actueel optredende situatie van waterstanden in de twee vaarten. Het ligt in de bedoeling van het heemraadschap om in de toekomst verdere optimalisatie van het peilbeheer te realiseren op basis van de resultaten van het genoemde voorspellingsonderzoek.

Om het meer verfijnde peilbeheer met het voorgestelde stelsel te realiseren, is het noodzakelijk om enkele neerslagmeters in het gebied te plaatsen en deze op het bestaande stelsel aan te sluiten. Voorts dient het stelsel voorzien te worden van het neerslagafvoermodel.

Verder is het heemraadschap van plan om in sterkere mate te gaan sturen op waterkwaliteit in het beheersgebied. Hiertoe wordt gedacht aan het sturen op chloride en zuurstofgehalten, gemeten op diverse locaties in het gebied.

7.2.4 Potentie van sturing

Het gebied leent zich goed voor het actief ingrijpen in de waterbeheersing. De goede geschiktheid voor sturing is het gevolg van het feit dat met slechts vijf regelbare elementen (vier gemalen en één aflatwerk) de waterbeweging in de vaarten volledig kan worden beheerst.

8 Waterschap Roer en Overmaas

8.1 Gebiedsbeschrijving

8.1.1 Ligging en gebiedskarakterisering

Het beheersgebied van het waterschap Roer en Overmaas is gelegen in het zuidelijke deel van Limburg en heeft een oppervlak van 95.000 ha. (zie afbeelding 8).

Het noordelijke deel van het beheersgebied bestaat voornamelijk uit hooggelegen zandgronden met merendeels vrij afwaterende beken. De hoogteverschillen in dit gebied reiken tot 50 m. Er zijn circa 30 instelbare stuwen in de diverse beken aanwezig.

Het zuidelijke gedeelte van het beheersgebied bestaat voornamelijk uit sterk hellende lössgronden. De hoogteverschillen in dit gebied zijn aanmerkelijk groter en lopen op tot circa 300 m. In dit gedeelte van het beheersgebied zijn circa 20 watermolenstuwen gelokaliseerd.

In het gebied liggen enkele grote stedelijke kernen zoals Roermond, Sittard, Geleen, Heerlen en Maastricht. Deze verstedelijking, gecombineerd met de grote hellingen in het gebied, zorgen voor een sterk fluctuerende afvoer, met grote pieken.

Om de piekafvoeren te kunnen afvlakken, wordt op het moment gebruik gemaakt van retentiebekkens. Deze bekkens lopen in korte tijd onder vrij verval vol en na de piekafvoer worden ze onder vrij verval veelal binnen 24 uur weer geleegd. Het waterschap is doende om dergelijke bekkens op diverse plaatsen in het beheersgebied aan te leggen. Dit gaat veelal samen met landinrichtingsprojecten. Na voltooiing van deze projecten zullen er circa 250 retentiebekkens in het gebied aanwezig zijn.

8.1.2 Waterbeheersing

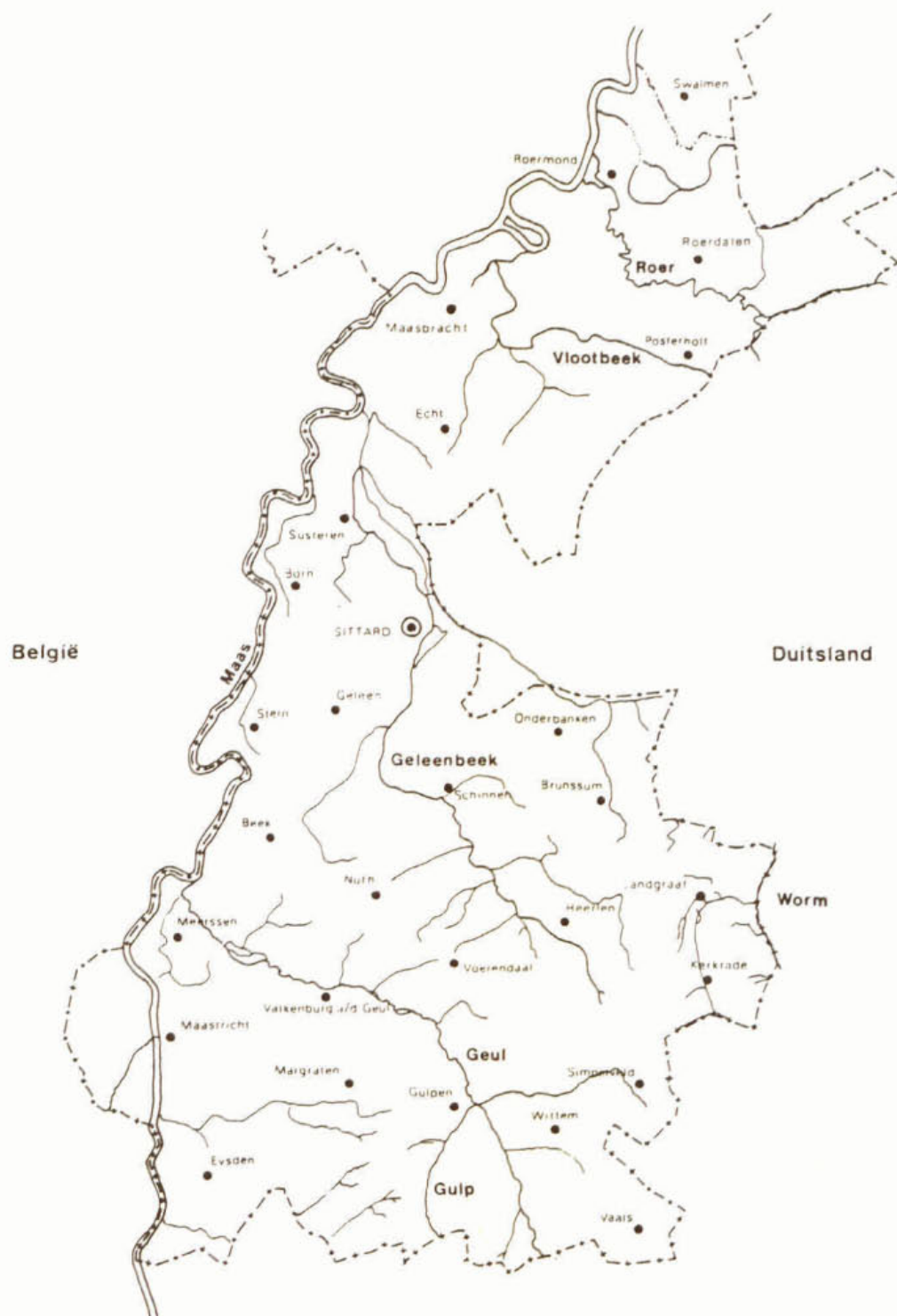
Het beheersgebied kan in hoofdzaak opgedeeld worden in vier stroomgebieden:

- de Roer
- de Vlootbeek
- de Geleenbeek
- de Geul.

Het merendeel van de beken van deze stroomgebieden ontspringt in Duitsland en in België.

de Roer

De Roer heeft het grootste gedeelte van het stroomgebied in Duitsland. Aldaar wordt het water ondermeer gebruikt voor de opwekking van energie, waarvoor diverse stuwmeren zijn aangelegd. Hierdoor worden de afvoerpieken (100-jaar maximum = 180 m³/s) in de Roer sterk uitgedempt en is er het merendeel van het jaar een basisafvoer van circa 12 m³/s.



Afbeelding 8. Beheersgebied Roer en Overmaas.

Het water uit het gebied wordt in enkele toevoerende zij-beken gestuwd. Voorts is de Roer zelf gestuwd in Roermond.

Bij de monding van de Roer in de Maas is een vaste stuw aangelegd om piekafvoeren door de stad Roermond te kunnen afvlakken. Onder normale omstandigheden wordt met behulp van de stuw een debiet van $5 \text{ m}^3/\text{s}$ door de stedelijke tak van de Roer geleid en $7 \text{ m}^3/\text{s}$ door de stad. In de nabije toekomst zal ten behoeve van een nauwkeuriger waterbeheersing in de stad, de stuw beweegbaar worden gemaakt.

de Vlootbeek

Het vlootbeek-gebied is naar verhouding vlak, bestaat hoofdzakelijk uit zandgronden en heeft op het moment een landbouwfunctie (grasland en bouwland).

De toevoerende takken die zijn gelegen in Duitsland, zijn in het verleden ter plaatse van de grens afgedamd, vanwege de slechte waterkwaliteit. Dit wordt veroorzaakt door effluentlozingen van Duitse afvalwaterzuiveringen. Door kwelwater uit het grensgebied heeft de Vlootbeek een basisafvoer van circa $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

In het stroomgebied wordt de waterbeheersing geregeld met behulp van circa 20 handbediende stuwen, waarbij veelal het voldoen aan de landbouwkundige functie het uitgangspunt is. In principe tracht men 's zomers water te conserveren en 's winters het overtollige water af te voeren. Dit lukt maar ten dele: in de winter treedt in sommige gebieden verdrassing op, terwijl in de zomer sprake is van watertekort om aan de diverse behoeften te kunnen voldoen.

De afvoer van de Vlootbeek wordt 's zomers voor een belangrijk deel gebruikt voor beregening van de landbouwgronden. Bij een te laag debiet door de rivier, wordt een beregeningsverbod van kracht voor installaties die oppervlaktewater onttrekken. In die perioden kan het voorkomen dat toevoerende beken geheel komen droog te vallen.

Vrijwel het gehele stroomgebied van de Vlootbeek ligt in de ecologische hoofdstructuur. Daarom zullen de komende jaren de nodige natuurontwikkelingsprojecten in het stroomgebied worden uitgevoerd.

Op het moment wordt aan de uitwerking van het peilbeheer in het stroomgebied gewerkt, terwijl in het kader van het op te stellen beheersplan Roer en Geleenbeek een nadere invulling wordt gegeven aan de diverse functies die binnen het gebied worden onderkend. Mogelijke ontwikkelingen op het gebied van de peilbeheersing zijn de sturing van oppervlakte- en grondwaterstanden.

de Geleenbeek

Het stroomgebied van de Geleenbeek kent een hellend gedeelte in het zuid-oosten en een vlak gedeelte in het noord-westen. Het merendeel van de grote verstedelijking van het beheersgebied ligt in dit stroomgebied. De Geleenbeek loopt ondermeer door de stad Sittard.

Het debiet door de Geleenbeek kan zeer sterk variëren. In de zomer kan na neerslag het debiet van $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$ in enkele uren toenemen tot $19 \text{ m}^3/\text{s}$. Dit kan inundaties en sterk slibtransport en afzetting tot gevolg hebben en daarom is een groot deel van de Geleenbeek verdedigd.

Om de afvoer door het stedelijke gedeelte van de Geleenbeek bij Sittard te kunnen beheersen, wordt bij debieten boven $1 \text{ m}^3/\text{s}$, water via een stuw naar de Vloedgraaf geleid.

De Geleenbeek heeft als gevolg van de toenemende verstedelijking steeds grotere piekafvoeren. Op het moment wordt gedacht aan uitbreiding van het aantal retentiebekkens om afvlakking te kunnen realiseren.

de Geul

Het stroomgebied van deze rivier ligt vrijwel geheel in landelijk gebied. De rivier heeft een sterke meandering over een groot deel van de loop. De löss gronden kunnen bij neerslag gemakkelijk verslepen. Hierdoor neemt de infiltratiecapaciteit van de gronden sterk af, hetgeen aanleiding geeft tot oppervlakkige afstroming.

De neerslagintensiteit in dit gebied kan bij lokale onweersbuien sterk variëren, waardoor zich in sub-stromen van de Geul, overstromingsproblemen kunnen voordoen. Deze problemen worden ondervangen met de bouw van retentiebekkens.

Een deel van het Geul-water vindt zijn oorsprong in België. De kwaliteit van dit water laat veel te wensen over, ondermeer door de lozing van ongezuiverd afvalwater op de rivier. Met name bij hevige neerslag worden voorts zink- en lood-reststoffen uit het bovenstrooms gelegen mijngebied meegevoerd.

Het beheer van de rivier kan in belangrijke mate worden beïnvloed door de instelling van de stuwen die in beheer zijn bij circa 20 molenaars. Deze molenaars hebben veelal het recht om het water op te stuwen, in de praktijk vindt zodoende de instelling van het waterpeil door hen plaats. Bij incorrect beheer kan dit problemen veroorzaken, met name bij plotselinge en grote afvoeren. Indien een molenaar niet bijtijds een stuw optrekt, bestaat hierdoor bovenstrooms overstromingsgevaar.

8.2 Sturing

8.2.1 Modellen

Op het moment wordt er onderzoek gedaan naar de koppeling tussen het oppervlaktewaterafvoermodel WAFLOW en inundatiemodellering met behulp van GIS. Doel van het op te stellen gecombineerde model is het nagaan hoe het inundatiegebied in het stroomgebied van de Roer functioneert. Met name de rol van waterkeringen komt hierbij aan de orde.

Voor de modellering van de Geleenbeek is gebruik gemaakt van het hydrodynamische model NIPEST. Hiermee kunnen controles worden uitgevoerd van capaciteiten en kunnen aanvullende constructie- en verdedigingsmaatregelen worden afgeleid. Met name de afvoer van stedelijk water, dat bij hevige neerslag oppervlakkig afstroomt en op lagere punten in riolering dan wel beken terecht komt, is een probleem dat tot nog toe niet goed kan worden gemodelleerd.

De Geul is gemodelleerd met behulp van het Amerikaanse HEC model en het model WENDY. Het doel is het verkrijgen van inzicht van het hydrologisch functioneren van het systeem van de Geul, en daarnaast het bepalen van de effecten van genomen en te nemen maatregelen in het stroomgebied (lokatie en omvang).

Het waterschap is in 1988 gestart met de inrichting van een volledig geautomatiseerd primair meetnet. Het net zal in de loop van 1994 zijn voltooid en bestaan uit 26 debietmeetstations, 25 waterstandsmeetstations en 33 neerslagmeetstations.

De debietmeetstations zijn uitgevoerd als meetstuw, open profiel meting, akoestische meting of als meetgoot. De meetgoten worden ondermeer gebruikt in gebieden met groot slibtransport.

Debieten en waterstanden worden geregistreerd met een interval van 15 minuten en opgeslagen in lokale veldmonitoren. De centrale post verzamelt eenmaal per dag via kiesverbindingen 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 binnengekomen meldingen en geeft deze, indien dat nodig is, door aan de dienstdoende waterschapsmedewerker.

Na registratie worden de gegevens gecontroleerd op volledigheid en correctheid. Vervolgens worden de gegevens bewerkt en definitief opgeslagen met behulp van het softwarepakket HYMOS.

De verzamelde meetgegevens worden voornamelijk gebruikt voor onderzoek, modelkalibratie en rapportage. In het operationele beheer worden de gegevens gebruikt voor alarmering. Daarnaast worden ze gebruikt voor het beheer van het stuwencomplex bij Millen.

8.2.2 Huidige situatie

Door de sterke hellingen in het merendeel van het beheersgebied vindt zeer snelle afstroming van neerslag plaats. Bij hevige neerslag is er zelfs sprake van substantiële afstroming via het oppervlak.

Daarnaast kan er door de grote hellingen en het beperkte aantal stuwen, in droge perioden weinig invloed worden uitgeoefend op het oppervlaktewaterpeil.

De huidige inspanningen worden daarom gekenmerkt door het vaststellen van de actuele hydrologische situatie, ten behoeve van het verder inrichten van het beheersgebied. Dit met als doel overstromingen en watertekorten zo veel mogelijk te voorkomen.

8.2.3 Gewenste toekomstige situatie

Met name in het relatief vlakke Vlootbeek-gebied ziet het waterschap mogelijkheden de waterbeheersing actief te gaan regelen. Uit berekeningen is gebleken dat de toevoer, ook in de zomer, voldoende is om gemiddeld het gehele gebied van water te voorzien, er is echter een tekort aan water in de bovenloop van de rivier en een overschot in de benedenloop. Daarom wordt er gedacht aan gedifferentieerde peilbeheersing, gericht op conservering aan het einde van de winterperiode, met als doel met name grondwaterstanden beter te beheersen.

Omdat de functietoekenning in dit stroomgebied op het moment nog niet geheel rond is, worden er voorlopig slechts beperkt inspanningen op dit terrein verricht.

Voorts zal in de toekomst het primaire meetnet worden uitgebreid en zal de alarmeringsfunctie van het geautomatiseerde systeem verder worden uitgebreid, met name voor de Roer en de Geul.

8.2.4 Potentie van sturing

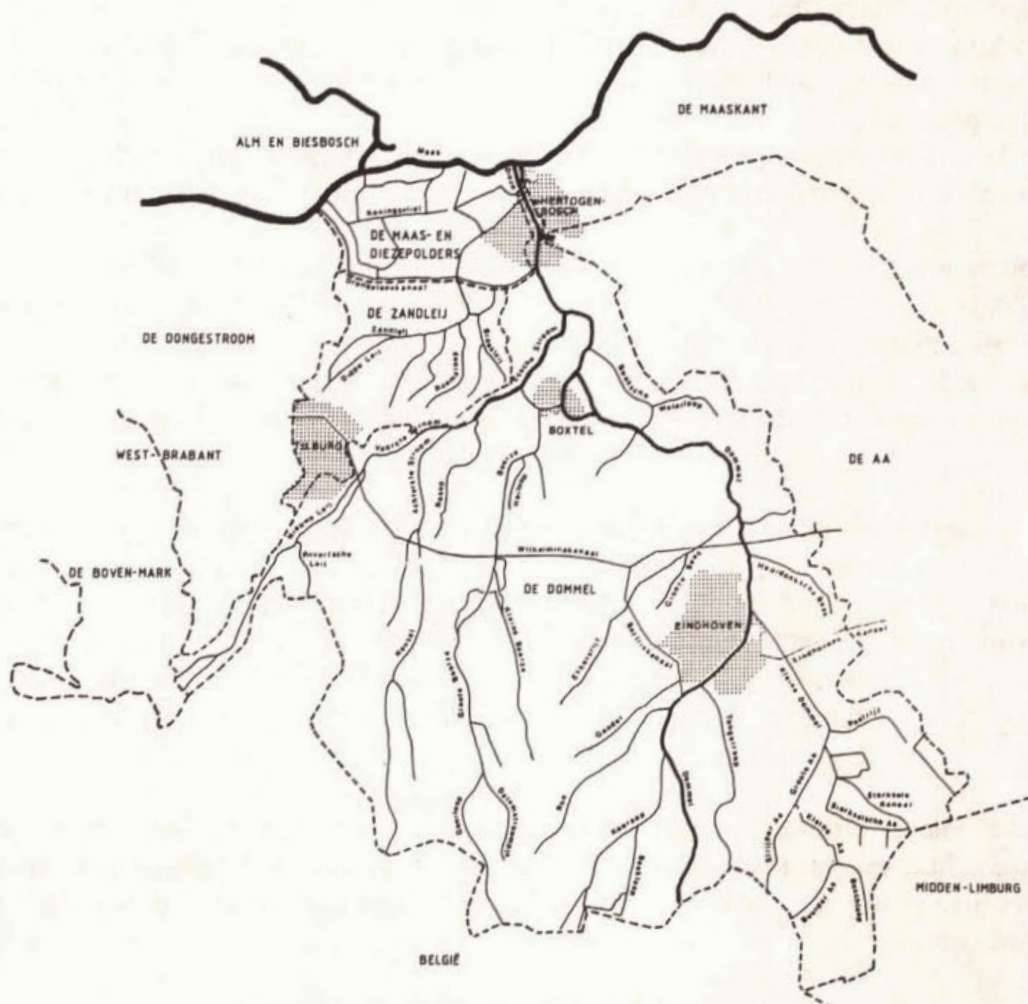
Het hellende gedeelte van het beheersgebied leent zich niet goed voor sturing, tenzij er een veelvoud aan kunstwerken zou worden aangelegd, waarmee met name in droge perioden het water in beek-panden kan worden vastgehouden. Hierbij dient dan een bovenstroomse stuw steeds binnen de invloedssfeer van een benedenstroomse stuw te vallen. De meerwaarde van een dergelijk uitgebreid systeem lijkt op het moment beslist onvoldoende. In het vlakke gebied van de Vlootbeek is deze situatie gunstiger, zoals bovenstaand omschreven.

9 Waterschap De Dommel

9.1 Gebiedsbeschrijving

9.1.1 Ligging en gebiedskarakterisering

Het waterschap De Dommel heeft het beheer over een gebied van 135.000 ha. Het gebied omsluit de kernen Tilburg, Den Bosch en Eindhoven en is in het zuiden begrensd door België (zie afbeelding 9). De grootste rivier in het gebied is de Dommel, die in België ontspringt. De grootte van het stroomgebied van de Dommel bedraagt in België 30.000 ha. Het beheersgebied kent grote verschillen in niveau, variërend van circa NAP + 27 m in het zuiden tot NAP + 2 m in het noorden bij de uitstroming van de Dommel in de Maas bij Den Bosch (lengte circa 75 km). Het merendeel van de hoog gelegen gebieden zijn zandgronden. In het beheersgebied zijn uitgestrekte natte en droge natuurgebieden, die



Afbeelding 9. Beheersgebied De Dommel.

zich concentreren rond de diverse rivieren zoals de Reusel, de Beerze en de Dommel met zijtakken.

Het gebied wordt van Oost naar West doorsneden door het Wilhelminakanaal. Door diverse onderdoorgangen wordt hydrologische splitsing van het gebied voorkomen. De Dommel zelf is op een aantal plaatsen gekanaliseerd, om de afvoercapaciteit te kunnen vergroten. Het gemiddelde debiet van de Dommel bedroeg in 1992 circa $14 \text{ m}^3/\text{s}$, terwijl het minimum en maximum 3 respectievelijk $45 \text{ m}^3/\text{s}$ bedroegen.

Voor de kruising van de Dommel met het Wilhelminakanaal kan een deel van de afvoer van de Dommel worden afgeleid via Het Beatrixkanaal naar het Wilhelminakanaal. Zo wordt het eventuele afvoeroverschot om de stad Eindhoven geleid en wordt overstroming daar en ook bovenstrooms voorkomen. Tevens worden inundaties in het traject Eindhoven-Boxtel beperkt. Het afleiden van water wordt uitgevoerd bij debieten hoger dan $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$, met als restrictie dat het totale debiet in het Wilhelminakanaal in verband met de scheepvaart niet groter mag zijn dan $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

In de diverse rivieren zijn enkele grote stuwen geplaatst om de afstroming te kunnen reguleren. De onderlinge afstand tussen deze stuwen is veelal zo groot dat er slechts in beperkte mate water mee kan worden geconserveerd.

Voorts zijn er met name in het hellende gedeelte van het beheersgebied circa 350 kleinere stuwen, merendeels handbediend en met als doel, het zorgdragen voor water conservering in droge perioden.

In het benedenstroomse gedeelte van het beheersgebied nabij Den Bosch, is een gemaal gesitueerd voor het afvoeren van overtollig water uit relatief laag gelegen gebieden (polder Bossche Broek).

Op het moment wordt er sporadisch water in het gebied ingelaten. Waterinlaat van circa $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ is in een droge zomer mogelijk in Tongelreep, de Beekloop en de Dommel. Deze inlaat vindt plaats via het Kempens kanaal. Met de uitvoering van het ruilverkavelingsproject St. Oedenrode zal de hoeveelheid ingelaten water in de toekomst toenemen. Dan zal Maas-water worden aangevoerd via Panheel, de Zuid Willemsvaart en het Wilhelminakanaal.

Door de sterke spreiding van gebieden met natuurwaarden, liggen in nagenoeg het gehele gebied natuur-, stedelijke en landbouwgebieden geheel door elkaar. De waterbeheersing van deze gebieden is veelal niet gescheiden naar de verschillende aanwezige belangen.

Met name het niet te scheiden water voor landbouw en natuur bemoeilijkt de waterbeheersing. De doorstroming van natuurgebieden in de beekdalen met voedselrijk water, kan bij inundaties een probleem vormen. Een voorbeeld hiervan is het verdrogingsgevoelige heidegebied van de Kampina.

Op het moment wordt er gewerkt aan een plan om de loop van enkele beken aan te passen en enkele hun oorspronkelijke meanderingen terug te geven. Naast de mogelijkheid om hiermee natuurprojecten te realiseren, zullen deze werkzaamheden worden uitgevoerd om water te conserveren.

9.1.2 Waterbeheersing

De waterbeheersing in het gebied is hoofdzakelijk gericht op het handhaven van waterpeilen. Omdat er nauwelijks of geen aanvoermogelijkheden zijn en het water veelal snel tot afstroming komt, is het met name in de zomer vaak niet mogelijk om voldoende water vast te houden en te voldoen aan de diverse eisen die gesteld worden vanuit de diverse belangen. Vooral verdroging vormt in verschillende natuurgebieden een probleem.

In droge zomers zijn de basisafvoeren van de rivieren uiterst laag en wordt de afvoer samenstelling gedomineerd door gezuiverd afvalwater uit de grote kernen.

Korte hevige neerslag die leidt tot overstortingen uit de diverse rioolstelsels vormen in de zomer voorts een probleem ten aanzien van de oppervlaktewaterkwaliteit.

Daarnaast is er in het stroomgebied nog steeds sprake van lozing van deels gezuiverd industrieel afvalwater (België), waardoor relatief hoge concentraties aan zink en cadmium in het oppervlaktewater kunnen voorkomen.

Er worden door het waterschap geen vaste maten gehanteerd voor de drooglegging in het beheersgebied. De instelling van de stuwen is gebaseerd op jarenlange ervaring en registratie van waterpeilen. Het uitgangspunt bij het handhaven van zomer en winterpeilen is veelal nog het instellen van een gunstige situatie voor de landbouw: voorkomen van overstromingen in de winter en zo veel mogelijk water conserveren in de zomer.

Het toegenomen belang van natuur, gecombineerd met het feit dat vele landbouwgebieden afwateren via natuurgebieden, stelt het waterschap voor een probleem met de uitvoering van een optimale waterbeheersing.

De regelbaarheid van het waterbeheersingssysteem is uiterst klein. Naast de relatief grote hellingen in het gebied die zorgdragen voor een zeer snelle afstroming, is het merendeel van de stuwen handbediend. Ten tijde van hevige neerslag zijn er slechts enkele stuwen die automatisch kunnen worden neergelaten en kan er wateroverlast ontstaan.

9.2 Sturing

9.2.1 Modellen

Op het moment zijn er geen hydrologische modellen van het gebied in gebruik bij het waterschap.

9.2.2 Huidige situatie

Het overgrote deel van de stuwen in het beheersgebied is handbediend. Enkele grotere stuwen zijn van het zgn. half-automatische type, hetgeen wil zeggen dat bij een bepaalde hoge bovenwaterstand de stuw via een hydraulisch systeem wordt neergelaten. Het weer optrekken van een dergelijke stuw gebeurt met de hand. Drie stuwen in het Dommelgebied en drie stuwen in het Zandleij-gebied (nabij Udenhout) zijn geheel automatisch uitgevoerd met een bovenwaterstandsregeling.

De gemalen in het beheersgebied functioneren automatisch op basis van het bovenstroomse waterpeil.

Er worden diverse metingen uitgevoerd in het beheersgebied. De resultaten van deze metingen worden met name gebruikt voor het vaststellen van (midden-)lange termijn beleid en in mindere mate voor het operationele beheer. Reden hiertoe is dat er slechts weinig mogelijkheden zijn voor het ingrijpen in de operationele waterbeheersing. Daarnaast worden de meetgegevens gebruikt voor het instellen van een wateronttrekkingsverbod.

De volgende kwantiteitsmetingen worden uitgevoerd:

- Waterstanden: 70 peilschalen (ééns per dag afgelezen); vlottermeting (schrijver, ponsband en datalogger).
- Hoogwater: hoogste waterstand per drie maanden met behulp van strips met oplosbare kleurstof.
- Neerslagmetingen: 7 stuks op de rioolwaterzuiveringsinstallaties.
- Waterafvoer: bepaling van het debiet op 23 lokaties, ondermeer door omrekening via stuwhoogten; 1 akoestische debietmeter bij Den Bosch.

De gegevensinzameling gebeurt zowel handmatig als via een geautomatiseerd systeem. Dit systeem leest eens per dag automatisch de gegevens van 22 meetpunten in. Aan dit telemetriesysteem is een alarmeringssysteem gekoppeld, bedoeld voor het oproepen van de verantwoordelijke personen bij storingen.

9.2.3 Gewenste toekomstige situatie

Een deel van de metingen wordt op het moment automatisch verwerkt. Het ligt in de bedoeling om in de toekomst over te gaan tot geautomatiseerde verwerking van alle ingezamelde gegevens op het gebied van waterkwantiteit en waterkwaliteit.

Men verwacht bij het waterschap in operationele zin weinig veranderingen in de wijze van waterbeheersing. Het grote verhang in het gebied zou onvermijdelijk leiden tot een veelheid aan automatische stuwen om te kunnen komen tot verdere sturing op bijvoorbeeld waterconservering (hoger voorjaar/zomer peil).

Wel is het waterschap doende om te bezien hoe er in de waterbeheersing kan worden ingespeeld op de soms scherpe tegenstrijdige belangen van landbouw en natuur. Het ligt in de bedoeling om met name inrichtingstechnische maatregelen te nemen om deze problemen het hoofd te bieden.

9.2.4 Potentie van sturing

Het waterschap heeft een studie uitgevoerd om vast te stellen of het rendabel is om ten behoeve van waterconservering meer stuwen in het beheersgebied te plaatsen. Uit landbouwkundig oogpunt blijkt dit niet het geval te zijn. Wellicht kan nog worden bezien of er met behulp van lokale automatisering van enkele grotere stuwen in combinatie met het handhaven van hogere peilen in de zomer en het najaar een verbetering in de waterbeheersing kan worden bereikt.

10 Waterschap De Aa of Weerij

10.1 Gebiedsbeschrijving

10.1.1 Ligging en gebiedskarakterisering

Het beheersgebied van het waterschap de Aa of Weerij is gelegen in het zuidelijke deel van Noord Brabant (ten zuid-westen van Breda), en omvat een gebied van 14.000 ha (zie afbeelding 10). Het gebied omvat het stroomgebied van de rivier de Aa of Weerij, die in België ontspringt, het stroomgebied van de Kleine Beek die afvoert naar de Aa of Weerij, en het stroomgebied van de Turfvaart / de Bijloop.

Het stroomgebied van de Aa of Weerij heeft een landbouwfunctie, maar omvat ook gebieden met natuur- en recreatiebelangen (viswater). Het stroomgebied van de Turfvaart / de Bijloop heeft een natuurfunctie.

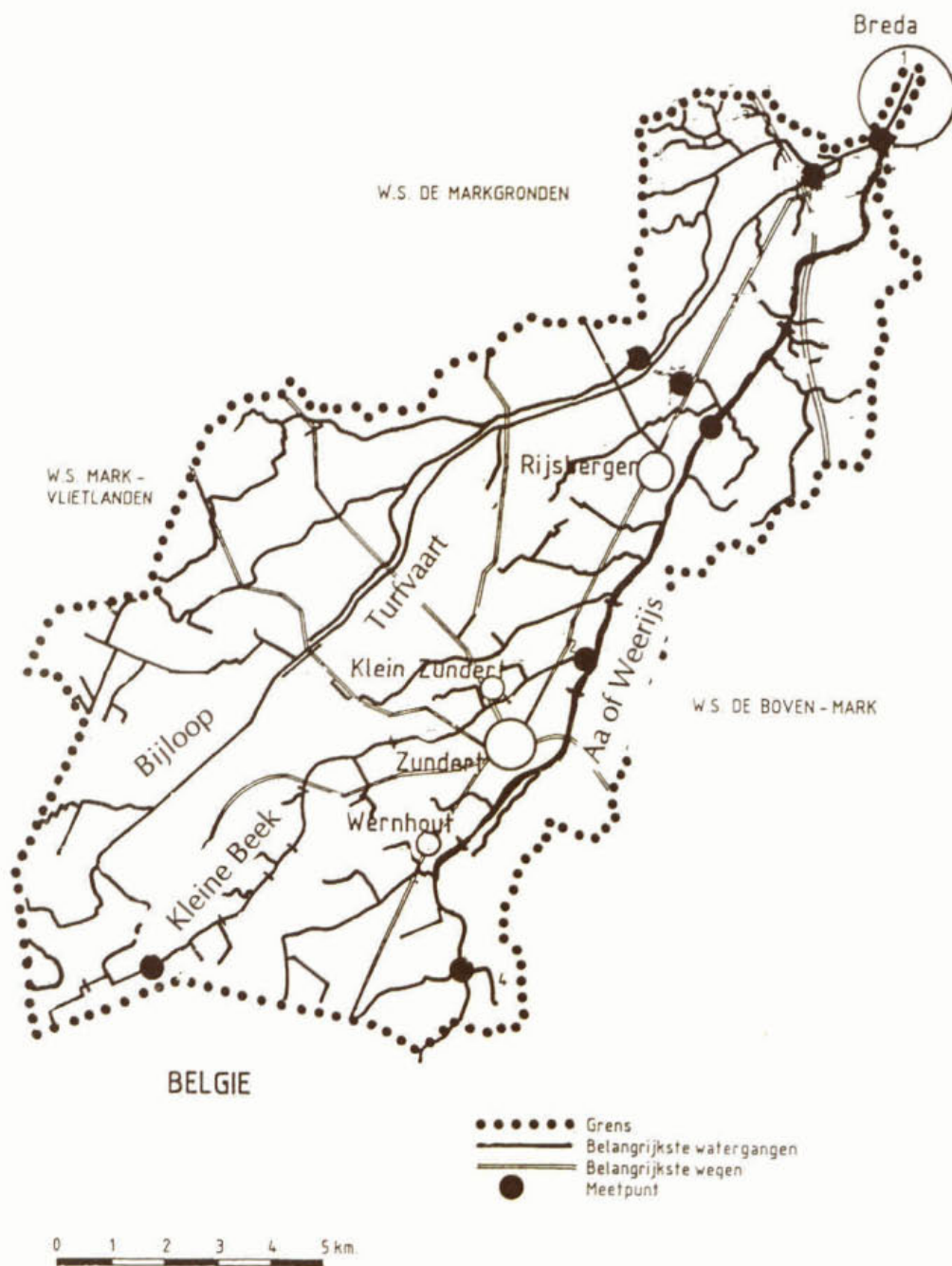
Het beheersgebied is hellend van het zuid-westen naar het noord-oosten, met een totaal hoogteverschil van circa 11 m. De gronden van het gebied zijn veelal opgebouwd uit lemig fijn zand, met plaatselijk restanten veen.

De afvoer van de Aa of Weerij wordt op zeven lokaties gestuwd. Het overtollige water uit deze rivier komt bij de uitstroming van het gebied samen met dat van de Turfvaart en de Bijloop en wordt geloosd op de singels van Breda.

Tabel 9 geeft een overzicht van de verdeling van het huidige bodemgebruik in het beheersgebied.

Tabel 9. Bodemgebruik De Aa of Weerij.

	Oppervlakte [ha]	Percentage [%]
Landbouwgebied (akker + gras)	11.700	78
Bos en recreatie	1.540	11
Droog natuurgebied	150	1
Nat natuurgebied	140	1
Stedelijk gebied	800	5
Watergangen	75	1
Overige	250	2



Afbeelding 10. Beheersgebied De Aa of Weerijds.

10.1.2 Waterbeheersing

In de beken van het gebied kan het peil worden beïnvloed met behulp van stuwen en gemaaltjes. In de rivier de Aa of Weerijis zijn zes van de zeven stuwen beweegbaar uitgevoerd. De stuwen worden afhankelijk van de weersgesteldheid bijgesteld. Verspreid over het beheersgebied staan vier gemaaltjes die zorgen voor de afwatering van enkele vennen. Het beheersgebied heeft te kampen met diverse waterbeheerstechnische problemen:

- **Waterkwantiteit.** Door vele grondwateronttrekkingen en de snelle waterafvoer treedt verdroging op, met name in het stroomgebied van de Turfvaart / de Bijloop. De grondwaterstand is de laatste jaren circa 0,7 m gedaald. Wateroverlast komt incidenteel voor, hetgeen problematisch is voor landbouwgebieden, maar ook voor natuurgebieden, met name als de waterkwaliteit onvoldoende is.
- **Waterkwaliteit.** De waterkwaliteit wordt verslechterd door diverse lozingen zoals van rioolwaterzuiveringsinstallaties (België), riooloverstorten en bedrijven. Voorts is voorheen in landbouwgebieden gebruik gemaakt van uitlogende oeverbeschermingsmaterialen die, gezamenlijk met zure regen, leiden tot diffuse verontreiniging van het oppervlaktewater.

Veelal in samenwerking met naburige waterschappen, wordt onderzocht hoe de genoemde problemen kunnen worden opgelost.

Voor het waterkwantiteitsprobleem is een speciaal voor het gebied ontwikkelde oplossing bedacht, waarbij ten tijde van watertekort, water vanuit de lager liggende delen van het gebied wordt opgepompt naar bassins in hogerliggende delen, om zodoende het oppervlaktewaterpeil te kunnen verhogen en beregening uit oppervlaktewater mogelijk te maken.

10.2 Sturing

10.2.1 Modellen

Op het moment zijn er geen hydrologische modellen van het beheersgebied operationeel. Wel is er een grote hoeveelheid aan magnetisch opgeslagen gegevens van de Aa of Weerijis. Vanaf 1985 zijn door het Hoogheemraadschap West-Brabant met name peilen en geijkte debietmetingen vastgelegd. Sedert kort zijn dergelijke gegevens ook van de Kleine Beek beschikbaar.

10.2.2 Huidige situatie

Op het moment wordt uitsluitend gewerkt met het instellen van waterpeilen met behulp van handmatig in te stellen stuwen.

10.2.3 Gewenste toekomstige situatie

Het waterschap is van plan in de toekomst een aantal werken uit te voeren die de voor komende verdroging en vernatting moeten beperken:

1. Het herstellen van de verbinding van de rivier de Kleine Beek met de Turfvaart om de natuurgebieden rond de Turfvaart van meer water te kunnen voorzien.
2. Ter compensatie hiervan water van de Aa of weerijs pompen naar de bovenloop van de Kleine Beek en tevens zoveel mogelijk water aanvoeren om beregening uit het oppervlaktewater mogelijk te maken.
3. In geval van watertekort, het oppompen van water bij de stuwen van de Aa of Weerijs tot eventueel, in geval er geen waterkwaliteitsproblemen zijn, oppompen van water uit de Mark. Een en ander kan eventueel worden gecombineerd met de automatisering van de stuwen in de Aa of Weerijs.

Met behulp van de maatregelen is het naar verwachting mogelijk om hogere stuwpeilen te handhaven, waardoor verdroging kan worden bestreden. In geval van groot waterbezwaar worden de stuwen automatisch gestuurd. Voorts kan in droge perioden een continue stroom van water door met name het landbouwgebied bij de Kleine Beek worden gestuurd, waardoor wellicht niet het gewenste peil wordt gehaald, doch droogvallen van aanvoerende zij-takken wordt voorkomen en voldoende water beschikbaar is voor beregening met oppervlaktewater.

10.2.4 Potentie van sturing

Het door het waterschap ontwikkelde plan zal in sterke mate gebruik gaan maken van sturing van de stuwen en pompen. Hierbij zal met name het over de diverse belangen verdelen van het beschikbare gebiedseigen water van belang zijn.

Gezien het aantal kunstwerken ten opzichte van de helling in de Aa of Weerijs, lijkt het op het eerste gezicht mogelijk om met behulp van sturing ook in droge perioden water in de diverse stuwpannen te handhaven. Nader hydrologisch onderzoek en onderzoek naar de effecten van sturing op de waterbeheersing zal hierover uitsluitsel kunnen geven.

11 Waterschap Gelderse Vallei en Eem

11.1 Gebiedsbeschrijving

11.1.1 Ligging en gebiedskarakterisering

Het beheersgebied van het waterschap is gesitueerd tussen de Utrechtse Heuvelrug en de westelijke Veluwe-rand. Het totale oppervlak gedraagt 78.000 ha. Het gebied strekt zich voorts uit vanaf de Nederrijn in het zuiden tot het Eemmeer in het noorden. Het gebied omsluit de stroomgebieden van het Valleikanaal, de rivier de Eem en de hierop afvoerende beken, zoals de Barneveldsebeek, de Luntersebeek en de Heiligenbergerbeek (zie afbeelding 11).



Afbeelding 11. Beheersgebied Gelderse Vallei en Eem.

Het gebied kan worden opgedeeld in een heuvelachtig gedeelte, bestaande uit hoofdzakelijk zandgronden, dat in westelijke richting afvoert vanaf de Veluwe; een gedeelte dat in Oostelijke richting afvoert vanaf de Utrechtse heuvelrug en een relatief vlak poldergebied met klei-op-veengronden in het Noorden, langs het Eemmeer. De afwatering vanaf de Veluwe vindt hoofdzakelijk plaats via een systeem van beken. In de hoger gelegen delen (NAP + 15 m) vindt ondergrondse afstroming plaats van het neerslag overschot. Dit is eveneens het geval langs de rand van de Utrechtse heuvelrug.

De drinkwaterproductie voor de in het beheersgebied liggende gemeenten is uitsluitend gebaseerd op grondwateronttrekking. Hierdoor komt slechts een beperkt gedeelte van het neerslagoverschot van de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug via de beken uiteindelijk tot afstroming in het Eemmeer.

Tabel 10. Bodemgebruik Gelderse Vallei en Eem.

	Oppervlakte [ha]	Percentage [%]
Agrarisch gebied	44.000	56
Bos en heide	17.000	22
Stedelijk gebied	13.000	17
Overige	4.000	5

Het beheersgebied heeft van oudsher een hoofdzakelijk agrarische bestemming (zie tabel 10). Dit is echter aan verandering onderhevig. Een deel van het gebied, waaronder het gebied tussen Barneveld en Scherpenzeel en de randzone van de Utrechtse Heuvelrug, is opgenomen in de ecologische hoofdstructuur. Naar verwachting zal een aanzienlijk deel van dit gebied een natuurfunctie toegewezen krijgen.

Het waterschap is ondermeer in het kader van de ruilverkavelingen in Eemland doende om enkele natuurprojecten uit te voeren. Als voorbeelden kunnen worden genoemd het aanleggen van een weidevogelreservaat aan de grens met het Eemmeer en het aanleggen van een moeraszone aan de buitendijkse zijde van de benedenloop van de Eem.

Afstemming van de diverse belangen in het beheersgebied en met name van landbouw en natuur vindt plaats in het kader van (landinrichtings)projecten.

Naast de landelijke gebieden is een belangrijk deel van het beheersgebied verstedelijkt, met als belangrijke kern de stad Amersfoort. Vanuit waterbeheerstechnisch oogpunt wordt door het waterschap geëist dat de afvoer uit stedelijke gebieden niet groter mag zijn dan de afvoer uit landelijke gebieden. Dit leidt tot relatief grote openwater-bergingen in het stedelijk gebied.

Een aanzienlijk gedeelte van de watergangen van het beheersgebied dienen naast de waterbeheerstechnische functie ook een recreatief belang. Dit stelt op lokaties die zijn aangewezen als zwemwater, speciale eisen aan de waterkwaliteit. Voorts hebben het Valleikanaal en de benedenlopen van de Barneveldsebeek en de Luntersebeek het belang recreatievaarwater (roeien en kanovaart).

Met name in de gebieden zonder wateraanvoer is er 's zomers een tekort aan water, hetgeen leidt tot vochttekorten en verdroging. Om zo veel mogelijk water te kunnen conserveren worden de peilen in de hellende gedeelten vroeg in het voorjaar verhoogd. In de winter komt incidenteel plaatselijk wateroverlast voor. Tekorten worden aangevuld door middel van het inlaten van water.

In delen van het gebied wordt in de zomer beregend. In droge perioden, waarin de waterstanden dalen beneden de stuwstanden, kan een beregeningsstop worden afgekondigd.

11.1.2 Waterbeheersing

De waterbeheersing in het gebied wordt geregeld met behulp van een systeem van stuwen en gemalen. De stuwen (circa 500), waarvan circa 180 regelbaar, zijn vooral gesitueerd in de hellende gebieden. De bovenlopen van de Barneveldsebeek en de Luntersebeek kennen een relatief groot verhang. In deze bovenlopen zijn, gezien de grote doorlatendheid van de grond, weinig stuwen gesitueerd.

Voorts zijn in het Valleikanaal een zestal stuwen opgenomen, waarvan in de benedenloop en de bovenloop een aantal lokaal zijn geautomatiseerd. Eén stuw in de bovenloop van het Valleikanaal kan op afstand worden ingesteld en bediend. De stuwen in de Heiligenbergerbeek zijn lokaal geautomatiseerd (bovenwaterstandsregeling).

In principe wordt het beheer uitgevoerd met zomer- en winterpeilen. In gebieden zonder geautomatiseerde stuwen, wordt de stuwinstelling slechts enkele keren per jaar uitgevoerd (peilverschil enkele decimeters). De peilen van de geautomatiseerde stuwen worden stapsgewijze in hoogte gewijzigd.

De Eem is geheel ongestuwd. De waterstand in deze rivier wordt bepaald door de door Rijkswaterstaat gehandhaafde peilen in het Eemmeer (NAP - 0.40 m in de winter en NAP - 0.20 m in de zomer). De waterstand kan door op- en afwaaiing in de randmeren enkele decimeters variëren.

Afgezien van enkele opvoergemaaltjes, zijn er 9 grotere gemalen in Eemland gesitueerd, voor de ontwatering van de diverse polders. Recentelijk is het merendeel van deze gemalen geautomatiseerd. Ook de bij de gemalen opgenomen inlaatwerken functioneren automatisch. De gemalen kunnen, evenals de genoemde stuw, in het Valleikanaal op afstand worden bediend.

De streefpeilen in Eemland liggen gemiddeld op NAP - 1 m. Deze peilen worden, behalve met de gemalen en inlaten, ook met stuwen en lokale opvoergemaaltjes gehandhaafd.

Ten behoeve van het inlaten van water zijn inlaatwerken gesitueerd in het Valleikanaal bij de Grebbedijk (inlaat Nederrijn), in de bovenloop van de Woudenbergse Grift (inlaat uit het Valleikanaal) en bij de polders van Eemland (inlaat uit de Eem en het Eemmeer). De Grebbesluis wordt hoofdzakelijk gebruikt voor de doorspoeling van het Valleikanaal en de Eem en daarnaast ook voor het op niveau houden van de waterstanden in het Valleikanaal.

Naast diffuse lozingen vanuit landbouwgronden, wordt op het Valleikanaal en de Eem het effluent van een aantal rioolwaterzuiveringsinstallaties geloosd, hetgeen zonder waterinlaat in de zomerperiode zou leiden tot een basisafvoer die vrijwel geheel bestaat uit het effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties. Met name in zomers waarin riooloverstorten plaats-

vinden, worden het Valleikanaal en de Eem, doorgespoeld. Het beleid van het waterschap is er overigens op gericht om het inlaten van gebiedsvreemd water zo veel mogelijk te beperken.

11.2 Sturing

11.2.1 Modellen

Bij het waterschap zijn op het moment geen modellen in gebruik voor het operationele beheer. Wel zijn modellen toegepast voor het uitvoeren van analyses en het maken van ontwerpen. Genoemd kunnen worden:

- DIWA: stationaire berekening van watergangen Eemland, Heiligenbergerbeek en Binnenveld (westelijk gedeelte).
- HYDRA: quasi dynamische berekening van de afvoer van de Barneveldsebeek.
- ONZAT en FLOWNET ten behoeve van grondwaterstudies.
- DUFLOW ten behoeve van kleine studies en met name de bepaling van stedelijke afvoeren.

11.2.2 Huidige situatie

Het waterschap is op het moment doende om diverse waterbeheersingstechnische werken via PLC-bestuurde installaties te automatiseren. De automatische sturing gebeurt op alle objecten op basis van lokale informatie.

Een deel van de geautomatiseerde objecten zijn via telemetrie aangesloten op een gegevensverwerkend systeem: MS3 en MIDA. Op het moment worden gegevens over peilen bij de gemalen, de ingelaten en uitgeslagen hoeveelheden en de stand van de stuw in het Valleikanaal, automatisch aan de centrale doorgegeven. Verder worden doorgegeven alle statuswijzigingen van installaties op de aangesloten objecten.

Op enkele niet-geautomatiseerde gemalen worden de bedrijfsgegevens lokaal opgeslagen. Deze worden gezamenlijk met stuwstanden en waterstanden periodiek handmatig opgenomen. Voorts zijn op diverse lokaties in het Valleikanaal debietmetingen aanwezig.

Er worden diverse opnemingen in het veld verricht ten behoeve van de ondersteuning van het operationele beheer:

- grondwaterstandsmetingen (frequentie variërend van 2 tot 4 keer per maand);
- oppervlaktewaterstandsmetingen in de afvoerende beken nabij de grondwaterstandsmetingen.

Omdat in het hellende zandgebied het merendeel van de stuwen gedurende de zomer en de winter in een vaste stand staan, zijn korte hevige buien maatgevend voor de afvoer, en daarmee ook voor de stuwpeilen. Hierdoor zijn de huidige mogelijkheden voor (kortstondige) waterconservering beperkt.

Het waterschap is sedert enkele jaren bezig met een onderzoek naar de relatie tussen grondwaterstanden en afvoeren in het stroomgebied van de Barneveldsebeek. Hiertoe

worden diverse grondwaterstands- en oppervlaktewaterstandsmetingen uitgevoerd. Op basis van deze relaties wordt de keuze van stuwpeilen onderbouwd.

Binnenkort start het waterschap met het opstellen van een meetplan. Dit zal in samenwerking met de waterschappen Noord-Veluwe en Oost-Veluwe, het Zuiveringsschap Veluwe en de provincie Utrecht gebeuren.

11.2.3 Gewenste toekomstige situatie

Het waterschap heeft het voornemen om een groot deel van de stuwen in de hellende gebieden te automatiseren (30 - 50% van de 180). Het is nog niet zeker of deze stuwen uitsluitend lokaal bestuurd zullen gaan worden, dan wel opgenomen worden in een centraal systeem. Een belangrijk doel van de automatisering is het betere en meer flexibele peilbeheer en de mogelijkheid om meer water te conserveren dan onder de huidige omstandigheden mogelijk is. Om werkelijk conservering te kunnen bereiken wil men in de geplande eindsituatie bij voorkeur sturen op grondwaterstand.

Verder wordt gedacht aan de mogelijkheid om de inlaat van water bij de Grebbesluis in het Valleikanaal en de stuwen in dit kanaal, te sturen op waterkwaliteit (O_2 en ammonium).

Het waterschap staat een gefaseerde aanpak voor, bij de invoering van geautomatiseerde sturing. Men denkt de bovengeschetste eindsituatie in een periode van circa 25 jaar te realiseren.

11.2.4 Potentie van sturing

Uitgaande van de gewenste toekomstige situatie, lijken de mogelijkheden om actief in te grijpen in het waterbeheer van het waterschap groot. Gezien het grote aantal stuwen dat zal worden geautomatiseerd, zal men ook in de hellende delen van het gebied in staat zijn de peilen beter te handhaven en daarmee beter te voldoen aan de betreffende functies. Gezien de bodemopbouw zullen de mogelijkheden van langdurige waterconservering beperkt blijven. Grondwaterafstroming vindt immers relatief gemakkelijk plaats door de zandige ondergrond.

Zowel in de hellende gebieden als in het poldergebied ziet het ernaar uit dat bij gelijkblijvende oppervlaktewaterkwaliteit en met behulp van een centraal gestuurd systeem, veel minder gebiedsvreemd water zal worden ingelaten dan op het moment het geval is.

Sturing op waterkwaliteit in het Valleikanaal kan wellicht leiden tot het inzicht dat er toch regelmatig zal moeten worden doorgespoeld, om de beste waterkwaliteit te kunnen handhaven. Met de invoering van het beoogde systeem zal zondermeer op een meer afgewogen manier kunnen worden besloten omtrent de waterinlaat, het is echter onzeker of de totale inlaat van gebiedsvreemd water hierdoor zal dalen.

12 Riolering en Waterhuishouding Amsterdam

12.1 Gebiedsbeschrijving

12.1.1 Ligging en gebiedskarakterisering

Het beheersgebied van Amsterdam neemt in de Nederlandse waterbeheersing een bijzondere positie in. Het gebied dat is ingesloten tussen de Hoogheemraadschappen Rijnland, Uitwaterende Sluizen, Amstel en Vecht en het waterschap de Waterlanden, valt voor wat betreft de waterkwantiteit onder de verantwoording van de gemeente Amsterdam. Een deel van het beheersgebied (Bijlmer) ligt geïsoleerd en is gelegen binnen het beheersgebied van het Hoogheemraadschap Amstel en Vecht (zie afbeelding 12). Kwalitatief beheer van het oppervlaktewater wordt passief en actief uitgevoerd door Amstel en Gooiland, Rijnland, Rijkswaterstaat en Uitwaterende Sluizen. Het zeer sterk verstedelijkte beheersgebied heeft een oppervlak van 20.000 ha en een inwoneraantal van ruim 700.000.

De waterhuishoudkundige infrastructuur in en rondom Amsterdam is in sterke mate historisch bepaald. De grachtengordels van de stad zijn in concentrische cirkels rondom de oude binnenstad gelegen en vormen onderdeel van de zgn. stadsboezem. De stadsboezem draagt zorg voor de afwatering van de Amstel en van diverse omliggende gebieden. Deze (polder)gebieden worden gedraineerd met oppervlaktewatersystemen en drainerende riolen. De polders die verder van het centrum van de stad zijn gelegen, wateren af op de boezems van Rijnland, Amstelland en De Waterlanden.

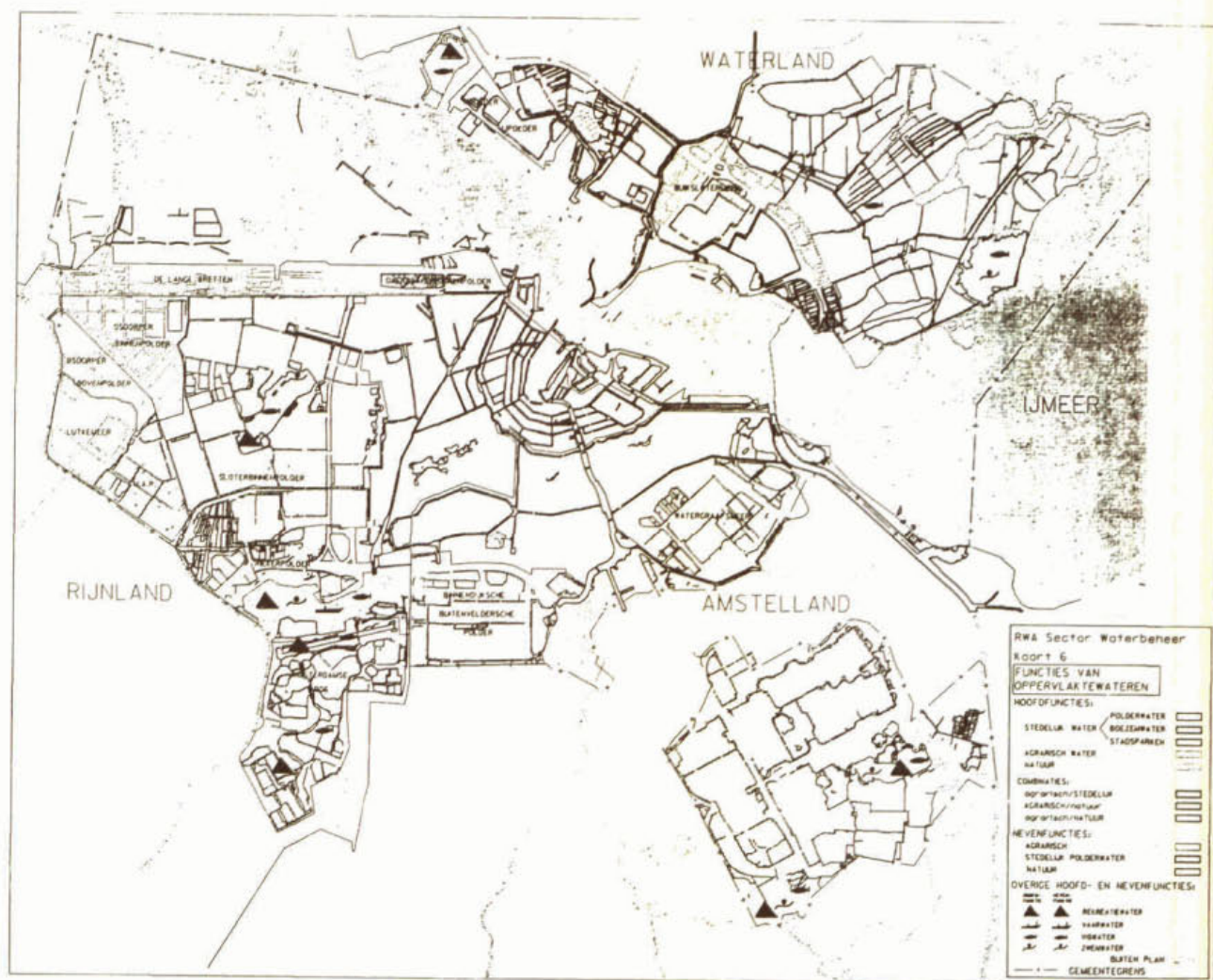
Het grondgebruik in het beheersgebied is in hoofdzaak onder te verdelen in: stedelijk gebied (woonwijken, industriegebieden), groengebied (parken, volkstuinten, sportterreinen en recreatiegebieden) en agrarisch gebied.

Een deel van de oorspronkelijk laag gelegen polders rondom het stadscentrum, zijn in het verleden in het kader van het bouwrijpmaken sterk met zand opgehoogd; sommige gebieden zelfs tot boven het boezempeil. Hierdoor is bemaling ten behoeve van de afwatering in sommige gevallen overbodig geworden. De diverse zandwinplassen in het beheersgebied zijn hiervan eveneens een gevolg. Enkele stadsparken zoals het Vondelpark zijn laaggelegen gebleven.

In de stedelijke gebieden is een nauwkeurige waterbeheersing van belang om schade te voorkomen aan met name funderingen van huizen en gebouwen. In de gevallen dat de afwatering plaatsvindt via open waterlopen in stedelijk gebied, is het bergend oppervlak circa 6%. In het niet-stedelijke gebied is dit circa 4%.

De verstedelijkte gebieden zijn, op het centrum van de stad na, merendeels gescheiden gerioleerd. Dit heeft een zeer snelle afvoer van neerslag via de open waterlopen tot gevolg. In droge perioden wordt water uit de boezems in de polders gelaten.

De polders voeren overtollig water af via circa 20 geautomatiseerde poldergemalen. In sommige gebieden bedraagt de opvoerhoogte van de gemalen wel 5 m. Onderbemalingen zijn gesitueerd in relatief kleine, laaggelegen delen van deze polders.



Afbeelding 12. Beheersgebied Amsterdam.

De stadsboezem van Amsterdam watert af via het systeem van grachten op het IJ, dat in open verbinding staat met het Noordzeekanaal. De wateraanvoer naar het Noordzeekanaal wordt gerealiseerd via de Amstel en het Amsterdam-Rijnkanaal en lozingen van aanliggende waterschappen en hoogheemraadschappen, de afvoer van water vindt plaats via de sluizen bij IJmuiden. In geval van hoog buitenwater, kan het gemaal bij IJmuiden voor de waterafvoer worden ingezet.

De waterafvoer vanuit de stadsboezem vindt plaats via circa 10 sluizen aan de grens van de stad met het IJ (het zgn. IJ-front). Indien de diverse sluizen geopend zijn (reguliere situatie) is de waterstand in het Noordzeekanaal, het IJ en de Amstel alsmede het Amsterdam-Rijnkanaal gelijk en bedraagt gemiddeld NAP - 0.40 m. Gedurende het spuien bij

IJmuiden daalt de waterstand in de stadsboezem, in extreme situaties kan deze daling circa 0.10 m bedragen.

12.1.2 Waterbeheersing

De kwaliteit van het water in de Amsterdamse grachten wordt sterk beïnvloed door de waterkwaliteit van het water dat door de Amstel wordt aangevoerd en door diverse diffuse en soms ongezuiverde lozingen op de grachten. Deze laatste bijdrage is de laatste jaren sterk gereduceerd door het afgenomen aantal lozingen vanuit woonboten in en huizen aan de grachten.

De eutrofiërende stoffen in het water van de stadsboezem, leiden tot de situatie dat de grachten regulier dienen te worden doorgespoeld. Het spoelen gebeurt met water dat met het gemaal Zeeburg (of eventueel de sluis naast dit gemaal) via een sifon onder het Amsterdam-Rijnkanaal wordt onttrokken aan het IJmeer.

In het verleden werd er iedere nacht doorgespoeld. Tegenwoordig wordt, een gedifferentieerd doorspoelregime gevolgd, ondermeer naar aanleiding van een recent uitgevoerde waterkwaliteitsstudie. Bij een watertemperatuur van 15°C en hoger, worden de grachten viermaal per week doorgespoeld. Bij lagere temperaturen is dit tweemaal per week.

Het gemaal Zeeburg kan, naast het innemen van water, ook worden gebruikt voor het uitmalen van water uit de stadsgrachten. Deze situatie doet zich voor als de sluizen aan het IJ-front zijn gesloten, bijvoorbeeld in het geval dat de waterstand van het Noordzeekanaal te ver oploopt ($> \text{NAP} - 0,15 \text{ m}$) en er geen water kan worden afgevoerd bij IJmuiden.

De gemeente heeft onder alle omstandigheden de verplichting het overtollige water in te nemen, dat uit het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Amstelland via de Amstel naar de stadsgrachten stroomt. Het innamepunt wordt gevormd door de Amstelsluizen (bij Carré). Normaliter wordt dit ingenomen water samen met het stadswater via het Noordzeekanaal afgevoerd. Voor het geval de sluizen aan het IJ-front zijn gesloten, wordt de capaciteit van het gemaal Zeeburg afgestemd op de afvoer van het stadswater en het water uit de Amstel.

12.2 Sturing

12.2.1 Modellen

De gemeente heeft enkele modellen opgesteld voor het beschrijven van de waterafvoer van de stadsboezem en enkele poldergebieden. Geen van deze modellen wordt op het moment gebruikt voor de directe ondersteuning van de operationele waterbeheersing.

Het model van de stadsboezem is opgesteld met het gecombineerde programmapakket Wendy-Delwaq en geeft naast waterkwaliteitsresultaten, een beschrijving van het verloop van de waterkwaliteit in de grachten als functie van de tijd. Ondermeer op basis van het gebruik van dit model is recentelijk besloten om het genoemde 15°C-criterium te hanteren voor de doorspoeling van de grachten met water uit het IJmeer. Voorts zal het model worden ingezet om meer gedetailleerd te analyseren hoe de waterkwaliteit van de grachten kan worden beïnvloed door ondermeer de sluizen aan het IJ-front periodiek en intermitterend te openen.

De modellen van de polders Buitenveldert, Sloterbinnenpolder, Riekerpolder en recent de Lutkemeer, zijn opgesteld met het programma RIBASI. Het doel van deze modelleringen was het nagaan of er verbetering aangebracht kan worden in de waterbeheersing en of het lonend is om meer gebruik te maken van goedkopere nachtstroom op de elektrische poldergemalen.

Naar aanleiding van de opgestelde modellen is gebleken dat het financieel aantrekkelijk is om de elektrische gemalen gedurende de nacht op lagere schakelprijzen te laten functioneren dan gedurende de dag.

De modellen worden voorts ingezet bij analyseren van de invloed van lokale tijdelijke, of permanente wijzigingen in de infrastructuur en voor gebieden met een landelijke bestemming die worden verstedelijkt.

12.2.2 Huidige situatie

De sturing in het beheersgebied concentreert zich op de beïnvloeding van de waterkwaliteit van de stadsboezem en het beperken van de kosten van bemaling van de polders, door effectief gebruik te maken van nachtstroom.

Ten behoeve van deze sturingen wordt op het moment volstaan met het meten van de watertemperatuur van de stadsboezem, het bij de Amstelsluizen meten van het O₂-gehalte, en het in de polders meten van het waterniveau. Deze meetgegevens worden in 5-minuten waarden, via het gegevensopslag en bewakingssysteem Midas, beschikbaar gesteld aan een centrale computer die is opgesteld op de zuivering Zeeburg. De daar geplaatste 24-uurs Wacht en Controle Dienst (WCD) heeft, naast het bewaken van de zuivering, ook de taak alarmen die optreden op de poldergemalen via Midas vast te stellen en indien noodzakelijk de verantwoordelijke storingsbeambten hierover te waarschuwen. Vanuit de WCD is het voorts mogelijk om het gemaal Zeeburg op afstand te bedienen.

De informatie die in Midas beschikbaar is, kan via remote terminals worden opgevraagd. De afdeling waterbeheer beschikt over twee van dergelijke terminals op het hoofdkantoor.

Naast de gegevens voor de operationele waterbeheersing, worden in het gebied diverse andere reguliere metingen uitgevoerd. In dit kader is te noemen een standaard waterkwaliteitsmeetprogramma op diverse lokaties binnen het beheersgebied, met een periode van één of twee maanden.

12.2.3 Gewenste toekomstige situatie

De gemeente heeft het plan om op basis van berekeningen met het model van de stadsboezem, te komen tot een aantal verversingsscenario's voor de stadsgrachten van Amsterdam. In deze scenario's zal met name rekening worden gehouden met het feit dat de verversing van de grachten niet op alle plaatsen goed wordt gerealiseerd (met name de westelijke grachtengordels hebben meer stagnant water). Op basis van een vastgestelde situatie kan de beheerder dan kiezen voor een spoel-scenario. In een dergelijk scenario zal ondermeer zijn verwerkt welke sluizen aan het IJ-front geopend dienen te worden en voor welke periode.

Men heeft verder het idee om het model gedurende de operationele waterbeheersing te gaan gebruiken. Het is echter niet waarschijnlijk dat dit op korte termijn zal worden gerealiseerd.

Het feit dat in droge perioden water uit de polders wordt gemalen en soms kort daarop weer water wordt ingelaten, is voor de gemeente reden om te streven naar verdere optimalisatie van het waterbeheer. Dit probleem speelt met name in de Sloterbinnenpolder. Op het moment wordt gedacht aan nader modelmatig onderzoek waarmee de beslissing om water uit te malen of in te laten, beter kan worden onderbouwd dan op het moment het geval is. Naast kosten die het onnodig uitpompen van water met zich meebrengt, speelt met name het negatieve milieurendement van waterinlaat hierbij een belangrijke rol.

12.2.4 Potentie van sturing

Zoals door de gemeente reeds is aangegeven, kan een gedifferentieerd doorspoelregime naar alle waarschijnlijkheid bijdragen tot een evenwichtiger verdeling van de waterkwaliteit in de grachten van Amsterdam. Het gebruik van scenario's voor het doorspoelen is een kansrijke techniek, omdat deze met name voor verantwoordelijke bedieningsbeambten duidelijkheid schept in de relatie die gelegd dient te worden tussen actuele situatie (waterkwaliteit) en de te kiezen (doorspoelings-)strategie. Een mogelijkheid om tot de keuze van een scenario te komen zou bijvoorbeeld het doorlopen van een op te stellen beslisboom kunnen zijn.

Het gesignaleerde probleem van waterinlaat op basis van uitsluitend peilbeheersing in de polders, is op het moment een onderwerp van aandacht bij de gemeente. Een nadere afweging tussen het inlaten van water ten behoeve van peilbeheersing tegenover het belang van het ecosysteem in deze polders zou nader onderzocht dienen te worden.

13 Literatuur

- Waterschap Salland. Watervoorzieningsplan Raarhoek Veldhoek. Juli 1991.
- Waterschap Salland. Jaarverslag 1991.
- Waterschap Salland. Waterkwaliteitsbeheersplan. November 1990.
- Waterschap De Drie Ambachten. Jaarverslag Waterbeheer 1990 en 1991.
- Waterschap Dollardzijlvest. Concept Waterbeheersplan, hoofdstuk 5: Het te voeren beheer. November 1992.
- Peerdeman, C.P.; Nijhof, G. Computer-ondersteund waterbeheer met behulp van het programma "Simulatie Waterbeheer Waterschappen". Waterschap Dollardzijlvest, maart 1992.
- Beekman, W.; Bakel, P.J.T. van; Nijhof, G. Ontwikkeling en toepassing van het simulatiemodel SWW als begeleidingssysteem voor het kwantitatieve oppervlaktewaterbeheer, Simulatiemodel Waterbeheer Waterschappen. ICW Nota 1912. Oktober 1988.
- Waterschap Regge en Dinkel. Waterbeheersplan 1989-1994; ontwerp. Augustus 1989.
- Waterschap Regge en Dinkel. Jaarverslag Technische dienst 1991.
- Hoogheemraadschap van Delfland. Concept Waterbeheersplan. 1992.
- Hoogheemraadschap van Delfland. Ontwerp waterkwaliteitsbeheersplan 1988-1998.
- Hoogheemraadschap van Delfland. Technisch jaarverslag 1989.
- Heemraadschap Fleverwaard. Waterbeheersplan 1994-1997.
- Lobbrecht, A.H.; Hartong, H.J.G.; Landheer, O.P.; Snabel, K.W. Automatisering van de bemaling in de Flevopolders. Waterschapsbelangen, 75^e jaargang, augustus 1990, nr. 15.
- Lobbrecht, A.H.; Verbrugge, P.P. Geautomatiseerd peilbeheer in Oostelijk en Zuidelijk Flevoland. Waterschapsbelangen, 77^e jaargang, november 1992, nr. 20.
- Lobbrecht, A.H.; Verbrugge, P.P.; Hoogeveen, A.M.E. (1992). Sturing in het waterbeheer: peilvoorspelling als optimale regeling van een waterbeheersysteem. H₂O, Tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling, 1992, nr. 2.
- Hoogheemraadschap West-Brabant. Jaarverslag 1991.
- Waterschap De Aa of Weerij. Deelplan waterkwantiteitsbeheer van het Integraal waterbeheersplan West-Brabant. Augustus 1992.
- Werkgroep Landbouwwatervoorziening Zoommeer. Watervoorziening voor de landbouw uit het Zoommeer. Onderzoeksrapport. Provincie Noord-Brabant. Mei 1987.
- Werkgroep Landbouwwatervoorziening Zoommeer. Basisrapport 8: Baten en kosten van externe wateraanvoer voor het zandgebied van West-Noord-Brabant. Landinrichtingsdienst. LON-100, Oktober 1986.
- Dijkema, M.R. Indicatieve berekeningen van de kwantitatieve effecten van wateraanvoer en waterwinning in het gebied rond Zundert (N-Br) met het numeriek rekenmodel GELGAM. ICW Nota 1712¹, April 1986.
- Waterschap Roer en Overmaas. Jaarverslag 1991.
- Waterschap Roer en Overmaas / Zuiveringschap Limburg. Integraal Waterbeheersplan Zuidelijk Zuid-Limburg 1993-1996. December 1992.
- Waterschap De Dommel. Jaarverslag 1992.

- Waterschap De Dommel / Waterschap De Zandleij. Waterbeheersplan 1993-1996; Brochure. Juli 1992.
- Waterschap De Dommel / Waterschap De Zandleij. Waterbeheersplan 1993-1996; Deelgebiedsbeschrijvingen. Zonder datum.
- Waterschap De Dommel. Hydrologie bij het waterschap De Dommel. Technische dienst; Afdeling Ondersteuning Waterbeheer. Rapport nummer 3. December 1991.
- Waterschap Gelderse Vallei en Eem. Deelplan IWVV; concept voorontwerp. Juli 1993
- Gemeentelijke Nota Waterbeheer Amsterdam 1993-1997. Toelichting
- Gemeentelijke Nota Waterbeheer Amsterdam 1993-1997. Het Plan

