

Ontwerp van een hydrologisch monitoringsysteem voor de Langbroekerwetering

M.F.P. Bierkens, J.J. de Grijter en T. Hoogland

Alterra-rapport 496

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2002

REFERAAT

Bierkens, M.F.P., J.J. de Gruijter en T. Hoogland, 2002. *Ontwerp van een hydrologisch monitoringsysteem voor de Langbroekervetering*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 496. 114 blz. 10 fig.; 9 tab.; 20 ref.

Ten behoeve van het toepassen van de Waternoodsystematiek bij optimalisatie van het waterbeheer is een hydrologisch monitoringsysteem onontbeerlijk. Op basis van waarnemingen van grondwater- en oppervlaktewaterstanden en grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit kan de bestaande waterhuishoudkundige situatie worden beschreven en huidige knelpunten of verwachte knelpunten bij veranderend landgebruik worden opgespoord. Daarnaast kan worden geëvalueerd of uitgevoerde waterhuishoudkundige maatregelen de gewenste effecten sorteren en ongewenste neveneffecten tot gevolg hebben. In dit rapport wordt een hydrologisch monitoringsysteem ontworpen dat moet dienen als ondersteuning van de toepassing van de Waternoodsystematiek in het gebied van de Langbroekervetering (Utrecht). Het systeem dient ten eerste ter evaluatie van voorgenomen hydrologische maatregelen en voor het vaststellen van de negatieve effecten van vernatting op de landbouw. Een nevendoelstelling is de validatie van een hydrologisch model van het gebied dat zal worden gemaakt om verschillende waterhuishoudkundige scenario's door te rekenen. Naast het eigenlijke ontwerp van het systeem (wat, hoe, waar en wanneer te meten) wordt vooraf een inschatting gemaakt van de kosten en nauwkeurigheid. Verder is een systematiek ontworpen om het monitoringsysteem na een jaar meten te evalueren en eventueel bij te stellen.

Trefwoorden: Waternood, Meetnet, Statistiek, GGOR, Vernattingschade

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 24,70 over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 496. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2002 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veeveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
1.1 Achtergrond en probleemstelling	13
1.2 Doelstelling	13
1.3 Projectresultaten	14
1.4 Inhoud van het rapport: systematisch ontwerp	14
2 Ontwerpinformatie	17
2.1 Algemeen	17
2.2 Grondwater	18
2.3 Oppervlaktewater	22
3 Primaire ontwerpkeuzes	25
3.1 Grondwater	25
3.2 Oppervlaktewater	26
4 Ontwerpmethoden	27
4.1 Grondwater	27
4.2 Oppervlaktewater	32
5 Uitwerking van de meetstrategie: het uiteindelijke monitoringsysteem	39
5.1 Grondwater	39
5.1.1 Ontwerp	39
5.1.1.1 Statische bodemvariabelen	41
5.1.1.2 Grondwaterstanden	42
5.1.1.3 Stijghoogten dieper grondwater	43
5.1.1.4 Grondwaterkwaliteit	44
5.1.2 Verwerking metingen	45
5.1.2.1 Berekening op locaties	45
5.1.2.2 Evaluatie monitoringsysteem na 1 jaar	47
5.1.2.3 Modelvalidatie	53
5.1.2.4 Schatten effecten maatregelen en vernattingschade landbouw	54
5.1.2.5 Kartering GxG, realisatiegraad, vernattingschade en concentraties	55
5.1.2.6 Mogelijkheid om oorzaken vernattingschade aan te geven	56
5.1.2.7 Evaluatie en bijsturing na vier jaar	56
5.1.3 Protocollen	57
5.2 Oppervlaktewater	58
5.2.1 Ontwerp	58
5.2.1.1 Debieten	58

5.2.1.2	Oppervlaktewaterkwaliteit op vaste locaties	58
5.2.1.3	Oppervlaktewaterkwaliteit en waterdiepte in het gebied	59
5.2.2	Verwerking metingen	60
5.2.2.1	Berekening op locaties	60
5.2.2.2	Evaluatie monitoringsysteem na 1 jaar	60
5.2.2.3	Modelvalidatie	61
5.2.2.4	Schatten effecten maatregelen	63
5.2.3	Protocollen	65
6	Ex-ante evaluatie monitoringsysteem	67
6.1	Nauwkeurigheid	67
6.1.1	De nauwkeurigheid van stratum- en gebiedsgemiddelden	67
6.1.2	De nauwkeurigheid van geïnterpoleerde waarden op een punt	70
6.2	Kosten	71
7	Conclusies	75
8	Literatuur	77
Bijlagen		
1	Locaties grondwater	79
2	Panden en secties oppervlaktewater	87
3	Semivariogrammen	113

Woord vooraf

Dit rapport bevat het ontwerp van een monitoringsysteem ten behoeve van het uitvoeren van de Waternoodsystematiek in het gebied van de Langbroekerwetering (Utrecht). Opdrachtverleners zijn het Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden en de Provincie Utrecht. Belangrijkste doelstelling van het monitoringsysteem is het evalueren of waterhuishoudkundige maatregelen die zijn genomen in het kader van Waternood leiden tot de gewenste grond- en oppervlaktewatersituatie (GGOR) en de bijbehorende doelrealisaties. Daarnaast dienen verzamelde gegevens gebruikt te worden voor het valideren van een hydrologisch model dat in dit gebied gebruikt gaat worden om uit te zoeken welke set maatregelen moet leiden tot de GGOR. Het monitoringsysteem bevat o.a. waarnemingen van grondwaterstanden, diepere stijghoogten, debieten, waterdiepen en grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit. Dit rapport is geschreven voor de medewerkers van het Hoogheemraadschap die belast zullen zijn met het inrichten en beheren van het monitoringsysteem.

Bij het ontwerp van het monitoringsysteem is de prettige samenwerking met Joost Heijkers en Sarian Kosten (Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden) van groot belang geweest. Verder zijn belangrijke adviezen ingewonnen bij de volgende Alterracollega's: Dick Brus (steekproefmethoden), Han Runhaar (natuurdoeltypen), Rolf Kemmers en Peter Jansen (bodemchemie en hydrochemie), Oscar Schoumans en Jan Roelsma (nutriënten) en Rob Hendriks (oppervlaktewaterkwaliteit). Hiervoor onze dank. Martin Knotters (Alterra) heeft een conceptversie van dit rapport kritisch gelezen, waardoor de leesbaarheid sterk is verbeterd.

Samenvatting

In het kader van de studie “Duurzaam Waterbeheer Langbroekerwetering” is de wens uitgesproken om ten behoeve van de optimalisatie van het waterbeheer in de Langbroekerwetering de Waternoodsystematiek (Projectgroep Waternood, 1998) toe te passen. Uit voornoemde studie bleek echter ook dat er thans een gebrek aan gegevens is om de waternoodsystematiek toe te passen. Ook zou het huidige meetnet niet geschikt zijn om als monitoringsysteem te functioneren. Het gaat hierbij zowel om freatische grondwaterstandskarakteristieken als om gegevens over de grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden heeft derhalve samen met de Provincie Utrecht het initiatief genomen om een monitoringsysteem te laten ontwerpen, te installeren in het veld en vervolgens in gebruik te nemen. Aan Alterra is daarom opdracht verleend om het hydrologisch monitoringsysteem te ontwerpen met de volgende doelstellingen:

- validatie van een (nog te maken) hydrologisch model van de Langbroekerwetering;
- evaluatie of waterhuishoudkundige maatregelen hebben geleid tot de GGOR;
- in het bijzonder in 6 aandachtsgebieden: evaluatie van anti-verdrogingsmaatregelen;
- vaststellen van vernattingschade in landbouwgebieden en mogelijkheid tot onderzoek naar de oorzaken van de vernattingschade;
- tussentijdse bijsturing van het waterhuishoudkundig systeem, mocht blijken, na een tussenevaluatie dat de doelstellingen niet worden gehaald;
- GD-herkartering om vast te stellen of GGOR per peilgebied is gehaald.

Naast het opzetten van een monitoringsysteem met bovengenoemde doelstellingen heeft Alterra de opdracht gekregen om uit werken op welke wijze het ontworpen systeem na een jaar meten geëvalueerd en bijgesteld kan worden. Verder maakt een inschatting van kosten en nauwkeurigheid van het ontworpen systeem ook deel uit van de opdracht.

Bij het ontwerp van het monitoringsysteem is door Alterra gebruikt gemaakt van een systematische ontwerpmethode, zoals beschreven door de Gruijter (2000). Hierbij zijn ook elementen overgenomen van Van Geer e.a. (2002). De methode van systematisch ontwerp beslaat de volgende stappen:

1. *verzamelen Ontwerpinformatie*. Eerst wordt de ontwerpinformatie verzameld. Deze bevat onder andere de informatiebehoefte (managementdoel), de meetbehoefte (operationeel doel), doelvariabelen, meetmethoden, beschikbare hulpinformatie, domeinen en perioden van uitspraken, type uitspraken (schattingen of kansverdelingen, toetsen of schatten) etc;
2. *maken van primaire ontwerpkeuzes*. Dit zijn keuzes die grote repercussies hebben voor de ontwerpmethode (locatiekeuze en tijdstipkeuze van metingen), i.c. de keuze tussen ontwerpgebaseerde of modelgebaseerde methoden, de wijze waarop hulpinformatie wordt gebruikt;
3. *keuze en beschrijving van ontwerpmethoden*. Hier worden de statistische methoden van monitoringsysteemontwerp beschreven. Dit bestaat uit de onderdelen: a)

stratificatie (indeling in deelgebieden); b) selectie locaties en tijdstippen; c) schattingsmethode (eventueel met gebruik hulpinformatie); d) berekening nauwkeurigheid schatting;

4. *uitwerking van de meetstrategie: het uiteindelijke monitoringsysteem.* Deze bestaat uit de volgende onderdelen: a) wat, waar (op kaarten), wanneer en hoe te meten (het feitelijke ontwerp); b) een beschrijving hoe waarnemingen te verwerken (*inference*), i.c. de verdere berekeningen die nodig zijn om de doelstellingen van het monitoringsysteem te bewerkstelligen; c) eventuele protocollen (bijv. non-response, dataopslag etc.);
5. *ex-ante evaluatie meetnet.* Van te voren wordt globaal geschat wat het voorgestelde systeemontwerp zal moeten kosten (eenmalige investering + jaarlijkse kosten) en welke nauwkeurigheid van uitspraken ermee mogelijk zijn.

Op basis van de ontwerp-informatie en een analyse van beschikbare methoden is gekozen voor de volgende meetstrategieën:

Voor grondwater wordt gebruikt gemaakt van een gestratificeerde aselecte steekproef op basis van een indeling van het gebied in geohydrologie en landgebruik. Per stratum worden tenminste 3 locaties geloot. De overige locaties worden zodanig verdeeld over de strata dat het totaal aantal locaties per stratum evenredig is met de variantie van de realisatiegraad (de belangrijkste doelvariabele) binnen het stratum. Deze variantie wordt geschat aan de hand van semivariogrammen ontleend aan de Waternoodstudie De Leijen (Finke et al., 2001). Op de gelote locaties worden grondwaterstand, stijghoogte dieper grondwater en concentraties van opgeloste stoffen gemeten. Hierbij zijn twee opties doorgerekend, een goedkopere waarbij 6 aandachtsgebieden natuur (waar antiverdrogingsmaatregelen plaatsvinden of gaan plaatsvinden) zijn samengenomen tot 1 stratum (totaal 50 locaties), en één waarbij deze als aparte strata zijn behandeld. Stijghoogten en grondwaterstanden zullen bijna-continu met *divers* worden gemeten (opslag als etmaalgemiddelde waarden); concentraties van opgeloste stoffen twee maal per jaar, i.c. wanneer het grondwater op GVG-niveau is (voorjaar), en wanneer dit op GLG-niveau is (nazomer).

De verwachte nauwkeurigheid (standaardfout) van de schatting van gemiddelde realisatiegraad per stratum varieert van 0.0453 tot 0.211. Voor landbouwnatschade zijn de verschillen tussen strata gering en is de standaardfout gemiddeld 4.6%. Deze waarden zullen waarschijnlijk nog aanzienlijk worden verbeterd bij gebruik van regressieschatters met maaiveldshoogten of de uitkomsten van een hydrologisch model als hulpinformatie. De verwachte nauwkeurigheid van interpolatie van de realisatiegraad naar punten is 0.0785 voor landbouw. Voor landbouwnatschade is deze 7.86%. De verwachte nauwkeurigheid van geïnterpoleerde realisatiegraad natuur is gelijk aan 0.456 voor de goedkope optie en 0.453 voor de duurere optie. Ook hier geldt dat aanzienlijke verbeteringen verwacht kunnen worden door het gebruik van hulpinformatie in de vorm van maaiveldshoogten en de uitkomsten van een hydrologisch model. Voor een uitgebreide beschrijving van het ontwerp en de verwerking van de gegevens verwijzen we naar paragraaf 5.1.

Bij het oppervlaktewater wordt een steekproef uit alle voorkomende waterlooppanden genomen. Per waterlooppand wordt twee maal per jaar (op GVG- en op GLG-niveau) de gemiddelde diepte en de gemiddelde concentraties van een aantal opgeloste stoffen bepaald. Concentraties worden gemeten met potentiaalsondes, en dieptes met een peilstok. Stratificatie van panden is naar

waterlooperde en watertype. Per stratum worden tenminste 3 panden geloot. De resterende panden (van totaal 150) worden zodanig verdeeld over de strata dat het aantal gelote panden per stratum evenredig is met het totale oppervlak van de panden binnen het stratum. Bij gebrek aan semivariogrammen wordt het oppervlak van een pand (breedte maal lengte) gebruikt als substituut voor de variantie van de doelvariabelen binnen een pand. Bij het loten van panden wordt de insluitkans van een pand dan ook evenredig genomen met de relatieve oppervlakte van het pand. Na het loten van de panden wordt per geloot pand ook een aantal (minimaal 1 en gemiddeld 3) secties geloot waar de bemonstering plaatsvindt. In dezelfde lijn wordt hierbij het totale aantal secties per pand evenredig gesteld met het relatieve pandoppervlak. Bij gebrek aan semivariogrammen is de te bereiken nauwkeurigheid van dit ontwerp helaas niet van te voren in te schatten.

Naast gemiddelde waterdiepten en waterkwaliteit van waterlooppanden wordt het debiet gemeten op waterinlaatpunten (gemalen), meetstuwen en uitlaatgemalen. Op deze locaties, alsmede op een aantal bestaande vaste locaties, wordt de waterkwaliteit 4 maal per jaar (op GVG- en GLG-niveau en op twee tijdstippen daartussen) bepaald via laboratoriumanalyses. Een uitgebreide beschrijving van het ontwerp en de verwerking van de gegevens vindt u in paragraaf 5.2

Op basis van een inschatting van het aantal benodigde arbeidsuren voor dataverzameling, arbeidskosten per mensdag uit veldwerktarieven van Alterra en materiele kosten betrokken van verschillende leveranciers, is een schatting gemaakt van de totale kosten van het monitoringsysteem wanneer dit operationeel is voor een periode van vier jaar. Deze komen voor de duurdere optie op € 472720 en voor de goedkope op € 407990. Het aandeel van eenmalige kosten hierin is relatief groot, zodat bij het langer operationeel zijn van het monitoringsysteem de kosten per jaar sterk zullen afnemen. Verder geldt dat het kostenoverzicht dat in paragraaf 6.2 wordt gegeven voldoende gedetailleerd is om op deelaspecten van het ontwerp besparingen door te voeren.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en probleemstelling

In het kader van de studie “Duurzaam Waterbeheer Langbroekerwetering” is de wens uitgesproken om ten behoeve van de optimalisatie van het waterbeheer in de Langbroekerwetering de Waternoodsystematiek (Projectgroep Waternood, 1998) toe te passen. Uit voornoemde studie bleek echter ook dat er thans een gebrek aan gegevens is om de waternoodsystematiek toe te passen. Ook zou het huidige meetnet niet geschikt zijn om als monitoringsysteem te functioneren. Het gaat hierbij zowel om freatische grondwaterstandskarakteristieken als om gegevens over de grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteit. Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden (HSR) heeft derhalve samen met de provincie Utrecht het initiatief genomen om een monitoringsysteem te laten ontwerpen, te installeren in het veld en vervolgens in gebruik te nemen. Aan Alterra is opdracht verleend om het hydrologisch monitoringsysteem te ontwerpen.

Bij uitwerking van de waternoodsystematiek zijn er een aantal fasen te onderscheiden waarbij informatie uit meetnetten nodig is (Van Geer e.a., 2002). Dit betreft o.a. het vaststellen van het actuele (huidige) grond- en oppervlaktewaterregime (AGOR), het doorrekenen van maatregelen en voorspellen van het bijbehorende verwachte grond- en oppervlaktewaterregime (VGOR) en, na het vaststellen van het gewenste grondwaterregime (GGOR) en het uitvoeren van de maatregelen, het evalueren van effecten van maatregelen. Omdat het vanwege de verwachte doorlooptijd niet mogelijk bleek om vooraf het actuele grondwaterregime (AGR) vast te leggen middels een Gd-kartering (werkzaamheden hiervoor zouden pas in 2003 van start kunnen gaan), heeft HSR gekozen voor het gebruik van een regionaal hydrologisch model voor zowel het bepalen van het AGR als het doorrekenen van scenario's. Het monitoringsysteem dient dus meerdere doelen. Niet alleen moet het gebruikt kunnen worden om, bedoelde positieve en onbedoelde negatieve, effecten van maatregelen te monitoren, maar ook ter modelvalidatie. Dit laatste betekent dat met behulp gegevens die door het monitoringsysteem zijn verkregen kan worden bepaald of het hydrologisch model voldoende nauwkeurig is om er de AGR mee te beschrijven en de effecten van scenario's te voorspellen. Daarnaast zijn er in zes zogenaamde “aandachtsgebieden natuur” reeds een aantal anti-verdrogingsprojecten van start gegaan en men wil kunnen monitoren of de daar geplande maatregelen leiden tot een vermindering van verdroging. Tenslotte dient het meetsysteem voldoende informatie te leveren om op termijn een Gd-kartering te kunnen uitvoeren.

1.2 Doelstelling

Doel is het ontwerpen van een monitoringsysteem voor het gebied Langbroekerwetering dat voorziet in de volgende informatiebehoeften:

- validatie van een (nog te maken) hydrologisch model van de Langbroekerwetering;

- evaluatie of waterhuishoudkundige maatregelen hebben geleid tot de GGOR;
- in het bijzonder in zes aandachtsgebieden natuur: tussentijdse evaluatie van anti-verdrogingsmaatregelen;
- vaststellen van vernattingschade in landbouwgebieden en mogelijkheid tot onderzoek naar de oorzaken van de vernattingschade;
- tussentijdse bijsturing van het waterhuishoudkundig systeem, indien na een tussentijdse evaluatie mocht blijken dat de doelstellingen niet worden gehaald;
- evaluatie van het monitoringsysteem zelf;
- GD-herkartering om vast te stellen of GGOR per peilgebied is gehaald.

1.3 Projectresultaten

Resultaten van dit project zijn:

- Digitale bestanden in ARC/VIEW formaat met locaties van grondwater- en oppervlaktewatermeetpunten die deel uit maken van het meetsysteem, eventueel bevattende bestaande locaties;
- dit rapport met daarin:
 1. een rationalisatie van de keuzen die gemaakt zijn, alsmede een beschrijving van de statistische methoden die gebruikt zijn om het meetsysteem te ontwerpen;
 2. per meetpunt uitleg over welke variabele er gemeten dient te worden, wanneer deze gemeten moet worden en middels welke methodiek (automatische drukopnemer, monster);
 3. een beschrijving van de manier waarop de meetgegevens verder moeten worden verwerkt (berekeningen) om tot bovenstaande doelstellingen te komen;
 4. een ex-ante evaluatie van het monitoringsysteem bestaande uit het schatting van betrouwbaarheid en kosten;
 5. beschrijving van een tussenevaluatiemethodiek om te komen tot een geoptimaliseerd monitoringsysteem, waarmee kan worden voldaan aan al de genoemde doelstellingen.

1.4 Inhoud van het rapport: systematisch ontwerp

De verdere inhoud van het rapport is gebaseerd op de methode van systematisch ontwerp van ruimtelijke inventarisaties en monitoringsystemen, zoals beschreven door De Gruijter (2000). Hierbij zijn ook elementen overgenomen van Van Geer e.a. (2002). De methode van systematisch ontwerp beslaat de volgende stappen, die overeenkomen met de hoofdstukkenindeling:

2. *ontwerpinformatie*. Eerst wordt de ontwerpinformatie verzameld. Deze bevat onder andere de informatiebehoefte (managementdoel), de meetbehoefte (operationeel doel), doelvariabelen, meetmethoden, beschikbare hulpinformatie, domeinen en perioden van uitspraken, type uitspraken (schattingen of kansverdelingen, toetsen of schatten) etc.;

3. *primaire ontwerpkeuzes*. Dit zijn keuzes die grote repercussies hebben voor de ontwerpmethode (locatiekeuze en tijdstipkeuze van metingen), i.c. de keuze tussen ontwerpgebaseerde of modelgebaseerde methoden, de wijze waarop hulpinformatie wordt gebruikt;
4. *ontwerpmethoden*. Hier worden de statistische methoden van monitoringsysteemontwerp beschreven. Dit bestaat uit de onderdelen: a) stratificatie; b) selectie locaties en tijdstippen; c) schattingsmethode (eventueel met gebruik hulpinformatie); d) berekening nauwkeurigheid schatting;
5. *uitwerking van de meetstrategie: het uiteindelijke monitoringsysteem*. Deze bestaat uit de volgende onderdelen: a) wat, waar (op kaarten), wanneer en hoe te meten (het feitelijke ontwerp); b) een beschrijving hoe waarnemingen te verwerken (*inference*), i.c. de verdere berekeningen die nodig zijn om de doelstellingen van het monitoringsysteem te bewerkstelligen; c) eventuele protocollen (bijv. non-response, dataopslag, etc.);
6. *ex-ante evaluatie meetnet*. Tevoren wordt globaal geschat wat het voorgestelde systeemontwerp zal moeten kosten (eenmalige investering + jaarlijkse kosten) en welke nauwkeurigheid van uitspraken ermee mogelijk zijn.

2 Ontwerpinformatie

2.1 Algemeen

Voor het ontwerp van een monitoringstelsel moet eerst de ontwerpinformatie worden verzameld. Twee belangrijke soorten van informatie zijn het gebied en de tijdspanne waarover het monitoringstelsel uitspraken moet kunnen doen (dit wordt het “doeluniversum” genoemd), en de informatie die daarover beschikbaar is.

Doeluniversum

Het grond- en oppervlaktewaterstelsel van het Langbroekerweteringgebied:

- voor en na uitvoering van maatregelen;
- grenzen gebied: de drie afvoergebieden;
- in het geval van grondwater worden de volgende gebieden uitgesloten: bebouwing; wegen; waterlopen en overig open water; alle gebieden waarvan geen AHN-informatie aanwezig is;
- periode: 1 mei 2002 – 1 mei 2006 (evaluatie na 4 jaar).

Verwant aan het doeluniversum zijn de volgende aanvullende eisen aan het monitoringstelsel:

- er moet speciale aandacht zijn voor zes natuurgebieden waar anti-verdrogingsmaatregelen hebben plaatsgevonden;
- het monitoringstelsel moet na één jaar tussentijds worden geëvalueerd en eventueel worden aangepast.

Beschikbare gegevens

De volgende ruimtelijke bestanden zijn aanwezig:

- Peilgebieden (22);
- Afvoergebieden (3);
- bodemkaart;
- geomorfogenetische kaart;
- huidige geschikte grondwatermeetpunten;
- huidige oppervlaktewaterkwantiteits-/ en kwaliteitsmeetpunten (7 meetstuwen en 4 meetgemalen);
- afwateringssysteem (primaire waterlopen + afvoerrichting);
- kunstwerken (alle stuwen, gemalen en duikers);
- landgebruikskarta Nederland (LGN) versie 3;
- digitale topografische kaart van Nederland schaal 1:10000 (Top10 vector);
- algemeen hoogtebestand Nederland AHN;
- landgebruik- en natuurdoeltypenkaart (inclusief de vertaling van natuurdoeltypen in vegetatietypologie).

De volgende digitale bestanden met meetgegevens:

- grondwaterstandsmeetreeksen (DINO);
- afgevoerde debieten/waterstanden op meerdere punten;
- waterkwaliteitsgegevens op meerdere punten.

Grondwater en oppervlaktewater

Watnood is tot nu toe toegespitst op het grondwater: functietoekenning en optimalisatie vindt met name plaats op basis van relaties tussen grondwaterregime en doeltypen. Het oppervlaktewater heeft een volgende rol, hetgeen wil zeggen dat alleen de effecten van maatregelen op afvoer en waterkwaliteit worden bekeken. Er is dan ook besloten om het meetsysteem voor grondwater en oppervlaktewater apart te ontwerpen. We maken dan ook een aparte inventarisatie van ontwerp-informatie voor grondwater en oppervlaktewater.

2.2 Grondwater

Informatiebehoeften en meetdoelen

Van Geer e.a. (2002) maken onderscheid in vier stadia van informatiebehoefte: systeemverkenning, structurele aanpassing, operationele sturing en evaluatie. Per stadium kunnen informatiebehoeften worden geïnventariseerd en daaruit voortvloeiende meetdoelen. Deze zullen hier eerst worden geïnventariseerd voor grondwater op basis van de doelstellingen verwoord in het projectvoorstel. Voor grondwater gelden hier twee stadia voor informatiebehoefte:

Systeemverkenning en Structurele aanpassing

Om het bestaande grondwatersysteem (Actueel Grondwater Regime: AGR) in beeld te krijgen en om scenario's door te rekenen zal gebruik gemaakt worden van een regionaal hydrologisch model. Om deze doelstellingen te bewerkstelligen moet er sprake zijn van een model dat voldoende vertrouwen geniet: het moet dus gevalideerd worden. Er is dus behoefte aan een karakterisering van de huidige grondwaterdynamiek en de voorspelling van scenario's. Het meetdoel dat daaruit voortvloeit is de validatie van het hydrologisch model voor reproductie van de huidige grondwaterdynamiek en van het voorspelde scenario dat wordt uitgevoerd.

Evaluatie

Nadat de maatregelen zijn uitgevoerd moet worden geëvalueerd of deze de gewenste veranderingen hebben teweeggebracht in natuurgebieden en wat de mate is van ongewenste veranderingen (vernattingschade) in landbouwgebieden. De meetdoelen zijn bestaan dan uit:

- het vaststellen van het actuele grondwaterregime (AGR) voor en na maatregelen en het vergelijken daarvan met het gewenste grondwaterregime (GGR);
- het vaststellen van de zogenaamde doelrealisatie landbouw en natuur voor en na de maatregelen en het vergelijken daarvan met de verwachte doelrealisaties. Een doelrealisatie (Projectgroep Watnood, 1998; Finke e.a., 2001) is een maat voor de mate waarin een soort landgebruik (landbouwtype, natuurtype) onder invloed van abiotische randvoorwaarden (bodem en grondwater) tot zijn recht kan komen. Deze wordt uitgedrukt in een schaal variërend tussen 0 (type landgebruik of natuur onmogelijk) tot 1 (optimaal geschikt voor dat type landgebruik);

- het vaststellen van de vernattingschade ten gevolge van de maatregelen in gebieden met landbouw. De vernattingschade is het verschil in natschade na en voor de maatregelen (maatregelen behelzen vaak het opzetten van peilen in natuurgebieden).

Op basis van de informatiebehoefte en meetdoelen wordt in Van Geer e.a. (2002) aangegeven welke variabelen gemeten moeten worden. Dit wordt hier verder uitgesplitst naar de volgende zaken: 1) doelvariabelen (wat willen we weten?), 2) te meten variabelen (wat moeten we precies meten om de doelvariabelen te kunnen afleiden?), 3) hoe moeten we meten (wat zijn de meeteenheden en wat is de meetmethode?), 4) de doelgrootheden (op welke wijze moeten de doelvariabelen worden gepresenteerd: schattingen op een punt, ruimtelijke gemiddelden?).

Doelvariabelen (wat willen we weten?)

Per meetdoel de volgende te bepalen variabelen:

- modelvalidatie:
 - verschillen tussen gemeten en met grondwatermodel berekende stijghoogten op locaties.
- GGR Natuur voor en na ingreep:
 - realisatiegraad gepland natuurdoeltype op locatie;
 - concentraties van in grondwater opgeloste stoffen.
- GGR landbouw voor en na ingreep:
 - realisatiegraad landbouwdoeltype op locatie;
 - vernattingschade landbouwdoeltype op locatie t.g.v. ingreep.

Te meten variabelen (wat moeten we daarvoor meten?)

Dynamisch

- grondwaterstanden;
- stijghoogte watervoerend pakket;
- concentraties; primair: pH, Ca, Cl, EGV, Redoxpotential; secundair: SO₄, HCO₃, Mg, Na, K.

Statisch (bodemvariabelen één maal te bepalen voor en na ingreep op locaties grondwaterstandbuizen)

- C-waarde;
- textuurbeschrijving (incl. Organische stofgehalte);
- bovengrond: C/N-verhouding, C/P-verhouding, basenverzadiging, Eutrofiëringstoestand:

Steekproefelement

De locatie en tijdstip waarop een meting of een monstername plaatsvindt.

Meetmethode

- grondwaterstand en stijghoogte: drukopnemers (bijna continu);
- concentraties: (watermonsters + labanalyses);
- bemonstering statische parameters bovengrond (zie hoofdstuk 5).

Doelgrootheden (grootheden die worden berekend uit waarnemingen en waarop beoordelingen zijn gebaseerd)

Modelvalidatie

De gemiddelde RMSE (*root mean square error*) voor deelgebieden (domeinen). Deze moet kleiner zijn dan een bepaalde kritische waarde. De RMSE op een locatie is gedefinieerd als de wortel uit de som (over tijdstippen) van gekwadrateerde verschillen tussen gemeten en met het model berekende stijghoogten (Formule in hst. 5).

GGR Natuur voor en na ingreep

- de domeingemiddelde realisatiegraad van de geplande natuurdoeltypen voor natuur en voor de zes aandachtsgebieden natuur;
- de domeingemiddelde concentraties van stoffen in het grondwater voor natuur en de zes aandachtsgebieden natuur voor de waarnemingsperiode.

GGR Landbouw voor en na ingreep

- de domeingemiddelde realisatiegraad voor landbouw;
- de domeingemiddelde vernattingschade voor landbouw t.g.v. maatregelen.
- Een kaart (gebiedsdekkende voorspellingen) van vernattingschade voor landbouw.

Domeinen

Domeinen zijn deelgebieden waarover apart uitspraken moeten worden gedaan. Bij het vaststellen van deze gebieden is gebruik gemaakt van de provinciale doeltypenkaart, welke als leidend wordt beschouwd. De volgende domeinen zijn onderscheiden:

1. landbouw;
2. natuur;
3. de zes aandachtsgebieden natuur (waar anti-verdrogingsmaatregelen zijn genomen).

Opmerkingen met betrekking tot het hydrologisch model

Bovenstaande doelgrootheden zijn zodanig geformuleerd dat het ook mogelijk is om uitspraken te kunnen doen over het effect van maatregelen, mocht er onverhoopt geen hydrologisch model op tijd beschikbaar zijn. In dat geval kunnen er alleen uitspraken gedaan worden op de meetpunten en voor domeingemiddelden.

Als er voor het uitvoeren van de maatregelen een hydrologisch model beschikbaar komt dan kan dit (na validatie) gebruikt worden voor:

- het maken van een GxG (GHG, GVG en GLG) en regimecurvekaart, waarbij residuen op meetpunten gebruikt kunnen worden om voorspellingen met het grondwatermodel te corrigeren via kriging;
- het maken van een kaart van de doelrealisatie op basis van de GxG-kaart en regimecurvekaart en domeingemiddelde grondwaterkwaliteit (zie Finke e.a., 2001);
- het vinden van de beste locaties voor grondverwerving binnen zogenaamde zoekgebieden natuur. Deze zoekgebieden bevatten landbouwareaal dat wellicht op termijn kan worden omgezet in natuur.

Als er na het uitvoeren van de maatregelen een hydrologisch model beschikbaar komt dan kan dit (na validatie en opnieuw kalibreren) gebruikt worden voor:

- het maken van een GxG en regimecurve-kaart, waarbij residuen op meetpunten gebruikt kunnen worden om voorspellingen met het grondwatermodel te corrigeren via kriging;
- het maken van een doelrealisatiekaart op basis van de GxG-kaart en regimecurvekaart en domeingemiddelde grondwaterkwaliteit;
- het maken van een vernattingschadekaart voor de landbouw op basis van de GxG-kaart en regimecurvekaart;
- het verbeteren van de domeingemiddelde schattingen van grondwaterkwaliteit (domeinen 2, 3), vernattingnatschade (domein 1) en realisatiegraad (alle domeinen), via regressie of regressieschatters. Overigens kunnen hiervoor ook maaiveldshoogten worden gebruikt.

Nauwkeurigheid gewenst? Willen we Schatten of ook toetsen?

Het is gewenst dat schattingen vergezeld worden door een uitspraak over de nauwkeurigheid, i.c. de variantie van de schattingsfout. Het formeel toetsen of opgemerkte veranderingen ten gevolge van de maatregelen statistisch significant zijn is weliswaar wenselijk maar niet noodzakelijk.

Kwaliteitscriterium

Als kwaliteitscriterium wordt de MSE gebruikt: gekwadrateerde som van fouten gemaakt bij het schatten van ruimtelijke gemiddelden voor de doelvariabelen realisatiegraad en vernattingschade.

Beperkingen

In samenspraak met het Hoogheemraadschap is ter beperking van het budget uitgegaan van een beperkt aantal waarnemingslocaties voor grondwaterstanden en stijghoogten. In eerste instantie is uitgegaan van maximaal 50 locaties. In een tweede overleg kwam naar voren dat bij het meten van 50 locaties het niet mogelijk zal zijn om aparte uitspraken te doen voor elk van de zes aandachtsgebieden natuur. Daarom zijn twee opties uitgewerkt: een goedkopere met maximaal 50 locaties waarbij een uitspraak gedaan wordt over de zes aandachtsgebieden natuur als geheel, en een duurder met maximaal 65 locaties waarbij voor elk van de zes aandachtsgebieden natuur apart uitspraken kunnen worden gedaan.

Hulpinformatie

Zie voor een lijst van mogelijk te gebruiken hulpinformatie de lijst onder het kopje “beschikbare gegevens” hierboven.

Non-response

Non-response kan twee zaken betekenen: 1) geselecteerde locaties kunnen nooit worden bemonsterd (geen toestemming, niet bereikbaar etc.). In dat geval wordt een reservelocatie genomen; 2) geselecteerde locaties hebben ontbrekende waarnemingen. In het laatste geval vervalt een dergelijke locatie voor het ontbrekende tijdstip. Als het tijdstip nodig is voor het bepalen van een langjarig gemiddelde dan wordt de volgende regel gehanteerd: als de lengte van de gaten

kleiner zijn dan 10% van de reekslengte dan wordt er geïnterpoleerd in de tijd. Zijn de gaten groter dan 10% van de reekslengte dan vervalt de locatie. De grens van 10% is overigens betrekkelijk arbitrair. In overleg met opdrachtgever kan hier ook een andere waarde voor worden gekozen.

2.3 Oppervlaktewater

Informatiebehoeften en meetdoelen

Ook voor het oppervlaktewater geldt dat twee stadia van informatiebehoefte van belang zijn: (Van Geer e.a., 2002):

Systeemverkenning en Structurele aanpassing

Om het bestaande grondwater- en oppervlaktewatersysteem (AGOR) in beeld te krijgen en om scenario's door te rekenen zal gebruik gemaakt worden van een hydrologisch model. Om deze doelstellingen te bewerkstelligen moet er sprake zijn van een model dat voldoende vertrouwen geniet: het moet dus gevalideerd worden. Naast een correcte reproductie van stijghoogten is het van belang dat een hydrologisch model ook de juiste oppervlaktewaterafvoer genereert. In dat geval is er vertrouwen dat de waterbalans klopt en dat de weerstanden en doorlatendheden in het model goed zijn gedefinieerd. De belangrijkste informatiebehoefte is dus het karakteriseren van de huidige grondwater- en oppervlaktewaterdynamiek en de voorspelling van scenario's. Het meetdoel dat hieruit voortvloeit is de validatie van het hydrologisch model op afvoeren, zowel voor reproductie van huidige grondwater- en oppervlaktewaterdynamiek als voor het voorspelde scenario dat uiteindelijk zal worden uitgevoerd.

Evaluatie

In Waterlood is oppervlaktewater wat betreft evaluatie op dit moment nog volgend. Effecten van ingrepen op het oppervlaktewatersysteem worden gemeten of voorspeld en als deze effecten ongewenst zijn dan worden (voorgestelde) ingrepen aangepast. De informatiebehoefte betreft dan het vaststellen van effecten van uitgevoerde maatregelen op het oppervlaktewatersysteem. Dit vertaalt zich in de volgende meetdoelen:

- het afvoerregime (ivm met waterbeheersing en aquatische ecologie);
- de oppervlaktewaterkwaliteit (ivm met aquatische ecologie);
- de waterdiepte (ivm met aquatische ecologie)¹.

Doelvariabelen (wat willen we weten?)

Modelvalidatie

Het verschil in berekende en gemeten afvoeren op de afvoermeetpunten.

Evaluatie

- het afvoerregime (totale jaarafvoer, debietfrequentieverdeling, debietregimecurve, *time to peak*; debiet in m^3d^{-1} .) op de afvoermeetpunten;

¹ In dit rapport is van de zogenaamde hydromorfologische parameters alleen de waterdiepte uitgewerkt. Het is echter ook mogelijk andere variabelen te betrekken zoals genoemd in het aquatische ecology rapport van het programma Waterlood (Van der Molen en Verdonschot, 2002). Men kan bijvoorbeeld denken aan: breedte, stroomsnelheid en bedekkingsgraad met waterplanten.

- concentraties van opgeloste stoffen in het oppervlaktewater;
- de waterdiepte.

Te meten variabelen (wat moeten we daar voor meten?)

- debieten;
- waterdiepten;
- concentraties: EGV, O₂, chloride, calcium, ammonium, nitraat en fosfaat.

Steekproefelement

- afvoer: doorsnede waterloop op 1 tijdstip (support in feite hele stroomgebied van afvoerpunt);
- waterdiepte en waterkwaliteit: punt in waterloop op 1 tijdstip.

Meetmethoden

- meetstuw: afvoer uit oppervlaktewaterstanden;
- meetgemaal: afvoer uit elektriciteitsgebruik (maaluren maal capaciteit);
- oppervlaktewaterkwaliteit bij meetstuwen, waterinlaatpunten en vaste kwaliteitsmeetpunten: watermonsters + labanalyses;
- oppervlaktewaterkwaliteit elders: Hydrion-10 sonde;
- waterdiepte: losse peilstok.

Doelgrootheden

Validatie

voor en na ingreep: We bepalen de fractie verklaarde variantie (R^2) tussen gemeten en berekend debiet (continu in de tijd) op de locaties van afvoermeetpunten. We spreken af dat de eis wordt gesteld dat $R^2 \geq 0.7$. Deze eis is arbitrair en kan in overleg met de opdrachtgever worden bijgesteld. De ervaring leert echter dat bij een verklaarde variantie van meer dan 50% de timing en grootte van de pieken redelijk wordt ingeschat. Naast de verklaarde variantie, hetgeen met name een maat is voor de reproductie van de dynamiek, wordt ook de eis gesteld dat de afwijking tussen totale berekende en gemeten afvoer (m³) niet meer mag zijn dan 20%. Ook dit is een arbitraire keuze die gebaseerd is op praktische ervaring en in overleg met de opdrachtgever kan worden aangepast.

Evaluatie

- afvoerregime voor afvoermeetpunten: voor en na ingreep: totale jaarafvoer, debietfrequentieverdeling, debietregimecurve, *time to peak*;
- oppervlaktewaterkwaliteit op locaties meetstuwen en waterkwaliteitsmeetpunten: jaarvrucht van opgeloste stoffen meetstuwen en waterkwaliteitsmeetpunten voor en na de ingreep;
- oppervlaktewaterkwaliteit: gebiedsgemiddelde concentratie voor domeinen op GVG en GLG niveau voor primaire, secundaire en (permanent watervoerende) waterlopen voor en na de ingreep voor de waarnemingsperioden. Eventuele omzetting van gemiddelde waarden voor de meetperioden naar langjarige gemiddelden zal moeten gebeuren via correctiemethoden voor afvoer en/of neerslagoverschot. Het gevaar is echter dat dit tot systematische fouten leidt.

- waterdiepte: gebiedsgemiddelde waterdiepte op GVG en GLG niveau voor primaire, secundaire en (permanent watervoerende) waterlopen voor en na de ingreep voor de waarnemingsperioden.

Naauwkeurigheid gewenst? Willen we Schatten of ook toetsen?

Het is wenselijk dat schattingen vergezeld worden door een uitspraak over de nauwkeurigheid, i.c. de variantie van de schattingsfout. Het formeel toetsen of opgemerkte veranderingen ten gevolge van de maatregelen statistisch significant zijn is weliswaar wenselijk maar niet noodzakelijk.

Kwaliteitscriterium

Variantiecriterium; MSE bij het schatten van ruimtelijke gemiddelden voor domeinen van concentraties en waterdiepten.

Kwaliteitsniveau

Minimale MSE bij gegeven aantal waarnemingslocaties.

Beperkingen

In eerste instantie wordt gedacht aan een personele inspanning van maximaal 40 mandagen per jaar (twee mensen twee weken in maart/april (GVG-opname) en augustus/september (GLG-niveau)).

Hulpinformatie

(Zie beschikbare ruimtelijke en meetgegevens)

Non-response

Voor non-response wordt dezelfde procedure toegepast als hier wordt gebruikt voor het grondwater.

3 Primaire ontwerpkeuzes

3.1 Grondwater

Keuze locaties grondwaterstanden: ontwerpgebaseerd of modelgebaseerd?

Het voordeel van modelgebaseerde (*model-based*) methoden is dat locaties select (vrijelijk) gekozen kunnen worden. Dit betekent dat het zonder veel moeite mogelijk is om een zo goed mogelijke spreiding van waarnemingen in zowel de eigenschappenruimte als de geografische ruimte te bewerkstelligen. Een bijkomend voordeel is dat bestaande locaties kunnen worden meegenomen. Bij ontwerpgebaseerde (*design-based*) methoden worden locaties aselect (*random*) gekozen. Op deze wijze zijn de insluitkansen van meetlocaties en meettijdstippen exact bekend. Dit heeft als voordeel dat na het doen van waarnemingen de bewerkingen veel eenvoudiger zijn dan bij modelgebaseerde methoden. Dit zal veel werk schelen, zeker als van veel ruimtelijke variabelen ruimtelijke gemiddelden moeten worden geschat en dit betekent dat bij modelgebaseerde methoden voor elke variabele ook een semivariogram zal moeten worden geschat. Verder kan via ontwerpgebaseerde methoden objectief getoetst worden of maatregelen effect hebben gehad. Een bedenking tegen het gebruik van modelgebaseerde methoden is vooral het geringe aantal locaties, i.c. circa 50. Dit leidt waarschijnlijk tot nogal slechte schattingen van het semivariogram en dus daarmee slechte schattingen van de varianties van schattingsfouten. Verder betekenen 50 waarnemingen gemiddeld 1 waarneming per km² en dus een gemiddelde afstand tussen waarnemingen van 1 km. Op die afstand zullen de meeste variabelen niet meer gecorreleerd zijn (liggen buiten de range van het semivariogram) zodat kriging ten opzichte van ontwerpgebaseerde methoden in termen van nauwkeurigheid niet veel zal opleveren.

Op basis van bovenstaande analyse wordt gekozen voor een ontwerpgebaseerde methode. Dit betekent dat bestaande grondwaterstandbuizen geen onderdeel uitmaken van het ontwerp. Zij kunnen echter wel indirect gebruikt worden bij de berekeningen. Wij raden aan de circa 70 bestaande locaties met grondwaterstandsbuizen te screenen op ligging en kwaliteit (handreikingen hiervoor zijn door Alterra aan het Hoogheemraadschap verstrekt). De resulterende buizen kunnen gebruikt worden voor het ijken van het grondwatermodel, dat vervolgens wordt gevalideerd op de 50 aselect gekozen locaties met aanvullende grondwaterstandsbuizen. Bij interpolatie ten behoeve van het maken van kaarten (zie de paragraaf over “bewerkingen”) kunnen vervolgens alle bestaande en nieuwe locaties worden gebruikt.

Tenslotte dient nog opgemerkt te worden dat bij het schatten van ruimtelijke gemiddelden met behulp van ontwerpgebaseerde methoden ook gebruik gemaakt kan worden van de resultaten van een grondwatermodel middels zogenaamde “regressieschatters”. Hierdoor kan de nauwkeurigheid van de geschatte gemiddelden sterk verbeteren. Bij gebrek aan een grondwatermodel zouden regressieschatters kunnen worden aangewend met maaiveldshoogten (AHN) als hulpinformatie.

Ontwerp

Het type ontwerp dat wordt gekozen heet een gestratificeerde aselect steekproef. Uitwerking hiervan volgt in hoofdstuk 4.

Stratificatie op basis van de volgende informatie:

- grondwaterafhankelijke natuur, overige natuur, landbouw (drie strata);
- zes aandachtsgebieden (bij een goedkopere optie kan men hier eventueel één stratum van maken);
- Een combinatie van:
 - geohydrologie: kwel/intermediair/infiltratie (3 klassen) volgens een kaart beschreven door Michael van de Valk (2002).
 - geomorfologie: de geomorfogenetische kaart: stuwwal/sandr, veen op dekzand, stroomruggen, overwallen, kommen (5 klassen);
 - bodemtype;
 - Gt.

3.2 Oppervlaktewater

Afvoermetingen

Voorgesteld wordt om de bestaande locaties vast te houden.

Oppervlaktewaterkwaliteit op vaste locaties

Op de afvoermeeptpunten, waterinlaatpunten en de vaste waterkwaliteitsmeeptpunten worden vier maal per jaar watermonsters genomen en geanalyseerd in het laboratorium: 1 maal bij GVG, 1 maal bij GLG en tweemaal op tussenliggende tijdstippen.

Oppervlaktewaterkwaliteit en waterdiepte deelgebieden: ontwerpgebaseerd of modelgebaseerd?

Op vergelijkbare gronden als voor het grondwater wordt hier gekozen voor een ontwerpgebaseerde methode. Deze keuze wordt nog versterkt omdat het hier gaat om vreemdvormige domeinen (waterlopen) en sterk ruimtelijk variërende doelparameters (concentraties in oppervlaktewater opgeloste stoffen), zodat toepassing van geostatistiek problematisch wordt.

Oppervlaktewaterkwaliteit en waterdiepte deelgebieden: type design

Gedacht wordt aan een gestratificeerde tweetrapssteekproef.

Oppervlaktewaterkwaliteit en waterdiepte deelgebieden; stratificatie op basis van:

- watertypen: atmoclien/lithoclien en mate van oppervlaktewaterbelasting;
- grootte van waterlopen.

4 Ontwerpmethoden

Uit de ontwerp informatie en primaire ontwerpkeuzen volgt tenslotte de ontwerp methode. Deze bestaat uit: a) stratificatie; b) selectie locaties en tijdstippen; c) schattingsmethode (eventueel met gebruik hulp informatie); d) berekening nauwkeurigheid schatting. We maken weer onderscheid in grondwater en oppervlaktewater.

4.1 Grondwater

Stratificatie

Om het aantal strata, en dus ook ook aantal benodigde locaties, beperkt te houden is in overleg met de opdrachtgever besloten om bij de stratificatie primair uit te gaan van het doel effect monitoring (evaluatie) en pas in tweede plaats van modelvalidatie. De volgende indeling wordt gekozen:

- op basis van de geohydrologie (zie Figuur 1)², 3 klassen:
 1. kwel: > 0.5 mm/d;
 2. intermediar: -0.5 - 0.5 mm/d;
 3. infiltratie: < -0.5 mm/d;
- op basis van doeltypenkaart (Figuur 2):
 1. grondwaterafhankelijke natuur;
 2. overige natuur;
 3. landbouw;
- zes aandachtsgebieden natuur. Hier werken we twee alternatieven uit: een goedkope waarbij de zes gebieden als één stratum worden behandeld en een duurder variant waarbij de zes aandachtsgebieden worden gezien als aparte strata.

Dit levert voor het goedkope alternatief maximaal $3 \times 3 + 1 = 10$ strata op en voor het duurder alternatief maximaal 15 strata. Het verschil is dat in het geval van het duurder alternatief voor elk aandachtsgebiedje apart kan worden achterhaald of verdrogingsmaatregelen effect hebben gehad en voor het goedkopere alternatief dit alleen kan voor de zes aandachtsgebieden als geheel. Voor het goedkopere alternatief levert dit op basis van 50 locaties gemiddeld 5 locaties per stratum op, waarbij het exacte aantal per stratum evenredig wordt gekozen met het stratumoppervlak. Voor het duurder alternatief gaan we er vanuit dat er per aandachtsgebiedje 3 locaties worden geloot.

De strata (combinatie landschappelijke ligging en grondgebruik en de 6 aandachtsgebieden) zijn ook domeinen, i.c. aparte eenheden waarover uitspraken over effecten kunnen worden gedaan. Hiermee wordt ook voldoende ruimtelijke spreiding gegarandeerd voor een zinnige modelvalidatie. Bovendien kunnen naast uitspraken over effecten per domein ook validatiecriteria per domein worden

² Het blijkt dat de stratificatie volgens geohydrologie sterk samenhangt met de stratificatie volgens geomorfologie, bodem en Gt.

berekend, hetgeen ook variabele criteria per domein mogelijk maakt: in grondwaterafhankelijke natuurgebieden kunnen bijvoorbeeld hogere eisen aan modelnauwkeurigheid worden gesteld dan in hoog gelegen landbouwgebieden. Figuur 3 toont de stratificatie waarbij de 6 aandachtsgebieden als aparte strata zijn aangegeven. Het uiteindelijke aantal strata is gelijk aan 14 om dat vanwege hun geringe oppervlakte het stratum “overige natuur en intermediar” is samengenomen met “overige natuur en kwel”.

Selectie locaties

Per stratum h worden een vast aantal locaties n_h geloot. Dit gaat als volgt te werk:

1. loot een x -coördinaat uit een uniforme verdeling met bereik groter of gelijk aan het bereik van x -coördinaten binnen het stratum;
2. loot een y -coördinaat uit een uniforme verdeling met bereik groter of gelijk aan het bereik van y -coördinaten binnen het stratum;
3. Als de x -coördinaat en de y -coördinaat beiden binnen het stratum vallen wordt de locatie geaccepteerd;
4. herhaal stappen 1 t/m 3 totdat n_h locaties zijn geloot.

Per stratum worden eerst 3 locaties geloot om tenminste op verantwoorde wijze per stratum een variantie te kunnen berekenen. Voor het goedkopere alternatief betekent dat er eerst $9 \times 3 = 27$ locaties worden geloot. De overige 23 worden vervolgens toegedeeld aan de strata evenredig aan de variantie van de realisatiegraad (de belangrijkste doelvariabele van de het monitoringsysteem). Zoals uitgelegd in Hoofdstuk 6 kan een schatting van de variantie van de realisatiegraad binnen een stratum worden verkregen als het semivariogram van de realisatiegraad bekend is. In deze studie is dit afgeleid uit een andere Waterloodstudie in De Leijen (Finke e.a., 2001). De oppervlakten en de varianties van de strata staan in Tabel 5 in Hoofdstuk 6. Als we voor het duurdere alternatief ook 23 toe te delen locaties willen overhouden na een initiële toedeling van 3 locaties per stratum, dan komt het totaal aantal locaties daarmee op $14 \times 3 + 23 = 65$.

Selectie tijdstippen

- Grondwaterstanden en stijghoogten worden continu gemeten met behulp van drukopnemers. De gemeten waarden worden gemiddeld per dag en opgeslagen.
- Waterkwaliteitsparameters worden twee maal per jaar gemeten, namelijk als de grondwaterstand zich rond GVG- en GLG-niveau bevindt. Hoofdstuk 5 beschrijft de manier om deze tijdstippen te bepalen.

Schattingmethode

Het gemiddelde \bar{z}_h van een variabele z (bijv. RMSE, concentratie of GxG bepaald op 1 meetlocatie) voor een stratum h wordt geschat uit het ongewogen gemiddelde van de n_h waarden $z_{hi}, i = 1, \dots, n_h$ op de meetlocaties binnen het stratum:

$$\hat{\bar{z}}_h = \frac{1}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} z_{hi} \quad (1)$$

Het dakje betekent dat we te maken hebben met een schatting. Het gemiddelde voor het gehele gebied \bar{z}_G volgt uit de stratungemiddelden als

$$\hat{\bar{z}}_G = \frac{1}{A_G} \sum_{h=1}^H A_h \hat{\bar{z}}_h \quad (2)$$

met A_h het oppervlak van stratum h , H het aantal strata, $A_G = A_1 + \dots + A_H$ het totale oppervlak van het gebied.

Nauwkeurigheid schatting

De nauwkeurigheid van de schatting wordt gemeten door de variantie van de schattingsfout. Voor een stratum h wordt deze geschat als:

$$\hat{V}(\hat{\bar{z}}_h) = \frac{1}{n_h(n_h - 1)} \sum_{i=1}^{n_h} (z_{hi} - \hat{\bar{z}}_h)^2 \quad (3)$$

en voor het hele gebied met

$$\hat{V}(\hat{\bar{z}}_G) = \frac{1}{A_G^2} \sum_{h=1}^H A_h^2 \hat{V}(\hat{\bar{z}}_h) \quad (4)$$

Regressieschatter

In het geval dat er *op elke locatie* binnen het gebied (gebiedsdekkend) een waarde bekend is van een hulpvariabele y die gecorreleerd is met de doelvariabele z kan deze gebruikt worden om de schattingen van \bar{z}_h en \bar{z}_G te verbeteren. Men kan hierbij denken aan de uitvoer van het grondwatermodel of een digitaal terreinmodel zoals het AHN. We gaan er vanuit dat er een lineair verband bestaat tussen z en y . Als dat het geval is dan ziet de regressieschatter voor stratum h er als volgt uit (Cochran, 1977):

$$\hat{\bar{z}}_{hc} = \hat{\bar{z}}_h + b(\bar{y}_h - \hat{\bar{y}}_h) \quad (5)$$

met $\hat{\bar{z}}_h$ geschat volgens vergelijking (1), \bar{y}_h het werkelijke gemiddelde van de hulpvariabele binnen het stratum (bekend omdat y overal bekend is) en $\hat{\bar{y}}_h$ het gemiddelde van de waarden van de hulpvariabele op de steekproefpunten. Met y_{hi} de waarde van de hulpvariabele op steekproefpunt i in stratum h volgt $\hat{\bar{y}}_h$ uit:

$$\hat{\bar{y}}_h = \frac{1}{n_h} \sum_{i=1}^{n_h} y_{hi} \quad (6)$$

Uit (5) is te zien dat de regressieschatter bestaat uit het gewone steekproefgemiddelde berekend met (1) plus een correctie op basis van het verschil tussen de werkelijke gemiddelde waarde van de hulpvariabele en het gemiddelde ervan op basis van de steekproef. De grootte van de correctie hangt af van b en is groter naarmate z en y beter gecorreleerd zijn. Bij voldoende aantal punten per stratum is het mogelijk om voor elk stratum apart een waarde voor de correctiefactor b te schatten. Het verwachte aantal punten (ca 50) en aantal strata (ca 10) laat dat in dit geval niet toe. We zullen dus werken met dezelfde correctiefactor voor alle strata. Deze wordt in dat geval als volgt berekend:

$$b = \frac{\sum_{h=1}^H \frac{A_h^2}{n_h(n_h-1)} \sum_{i=1}^{n_h} (z_{hi} - \hat{z}_h)(y_{hi} - \hat{y}_h)}{\sum_{h=1}^H \frac{A_h^2}{n_h(n_h-1)} \sum_{i=1}^{n_h} (z_{hi} - \hat{z}_h)^2} \quad (7)$$

met \hat{z}_h en \hat{y}_h de steekproefgemiddelden van stratum h berekend met (1) en (6). De variantie van de schattingsfout $V(\hat{z}_{hr})$ wordt geschat met de volgende formule:

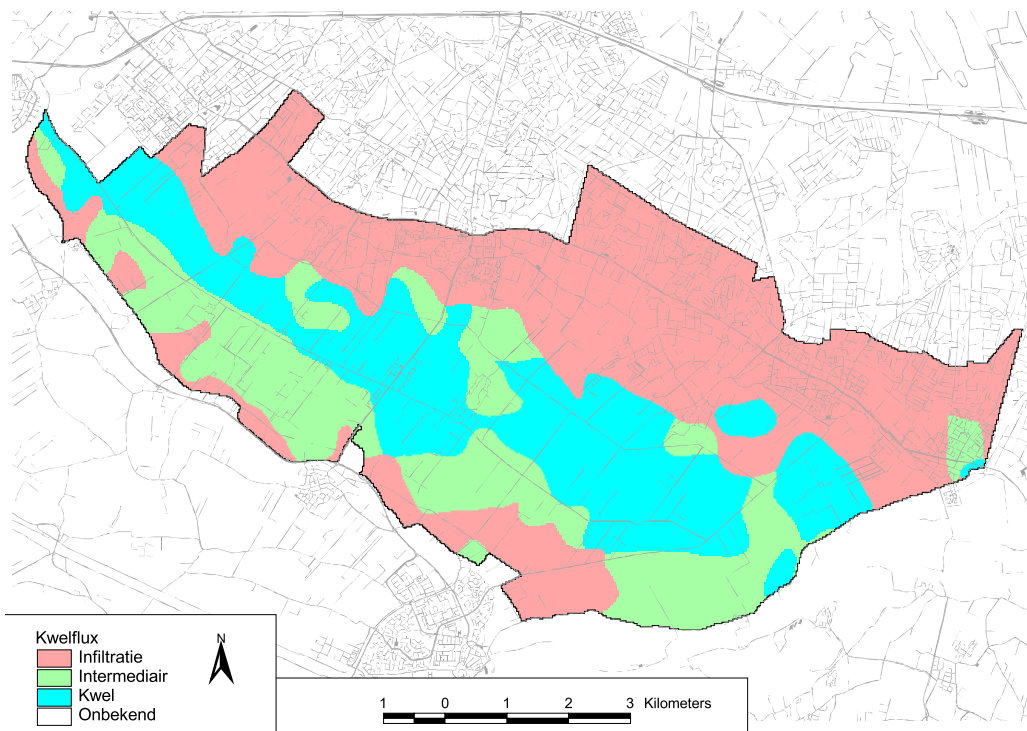
$$\hat{V}(\hat{z}_{hr}) = \frac{1}{n_h(n_h-1)} \sum_{i=1}^{n_h} [(z_{hi} - \hat{z}_h) - b(y_{hi} - \hat{y}_h)]^2 \quad (8)$$

Als we kijken naar Vergelijking (7) dan geldt dat de teller daarvan evenredig is met de correlatie tussen z en y . Als de correlatie 0 is (de ruimtelijke variatie van de hulpvariabele vertoont geen lineair verband met de ruimtelijke variatie van de doelvariabele) dan is b ook 0, en reduceert (8) tot vergelijking (3). Als er wel correlatie is dan is te zien aan (8) dat daarmee het stratumgemiddelde altijd nauwkeuriger geschat wordt door gebruik te maken van de hulpinformatie.

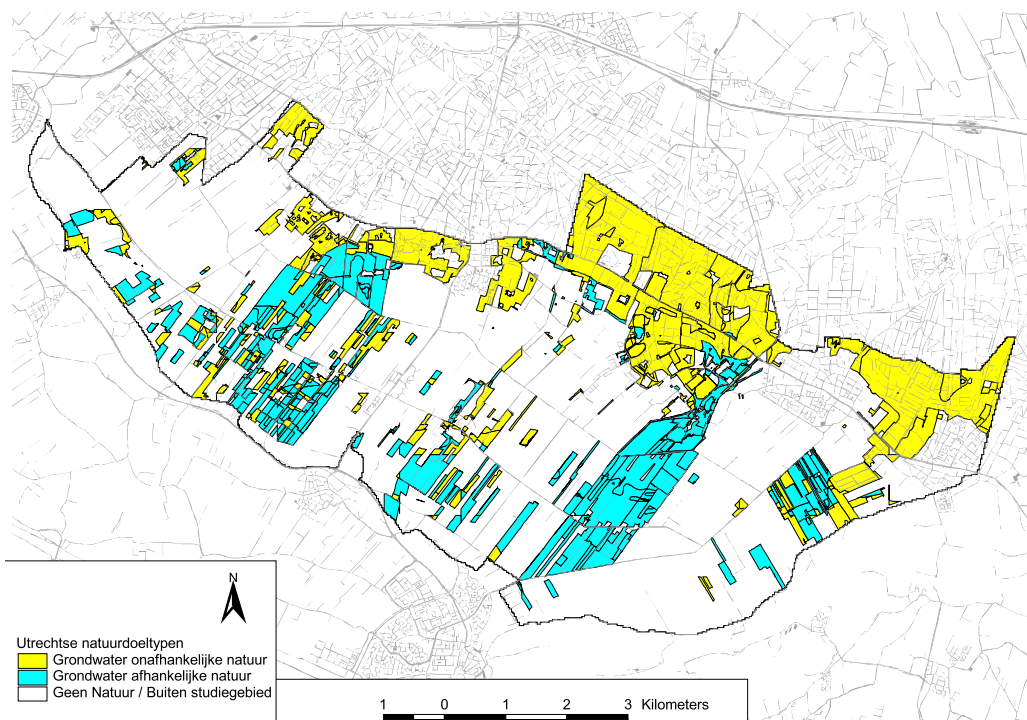
Vergelijkingen (5) t/m (8) leveren stratumgemiddelden en bijbehorende schattingsvarianties op. Hieruit kunnen vervolgens weer gebiedsgemiddelden en varianties worden berekend door toepassing van vergelijkingen van de vorm (2) en (4):

$$\hat{z}_{Gr} = \frac{1}{A_G} \sum_{h=1}^H A_h \hat{z}_{hr} \quad (9)$$

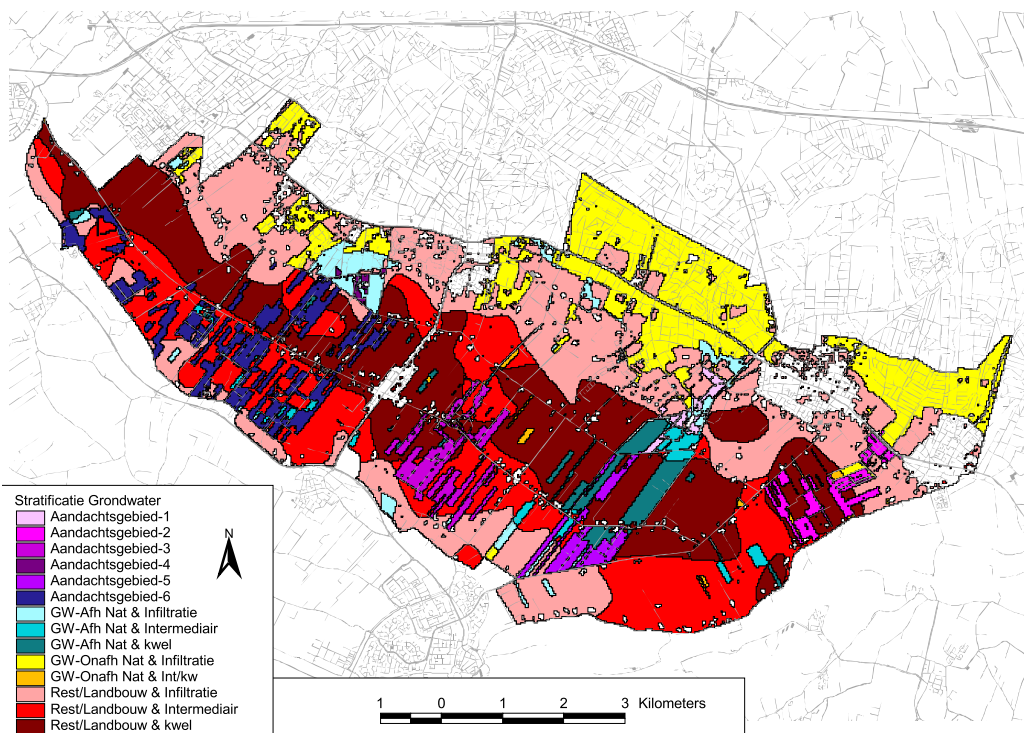
$$\hat{V}(\hat{z}_{Gr}) = \frac{1}{A_G^2} \sum_{h=1}^H A_h^2 \hat{V}(\hat{z}_{hr}) \quad (10)$$



Figuur 1 Indeling van het studiegebied in infiltratie, kwel en intermediaire gebieden. Indeling gebaseerd op een kaart van Van de Valk (2002), geïnterpreteerd uit Gerretsen en De Boer (1993-1996).



Figuur 2 Indeling van het studiegebied in doeltypen op basis van de natuurdoeltypenkaart van de Provincie Utrecht.



Figuur 3 Stratificatie ten behoeve van grondwater op basis van kaarten in Figuren 1 en 2 en de ligging van 6 aandachtsgebieden natuur.

4.2 Oppervlaktewater

Stratificatie

Stratificatie is gebaseerd op twee eigenschappen: watertype en waterlooporde. Met betrekking tot watertype worden 9 strata onderscheiden.

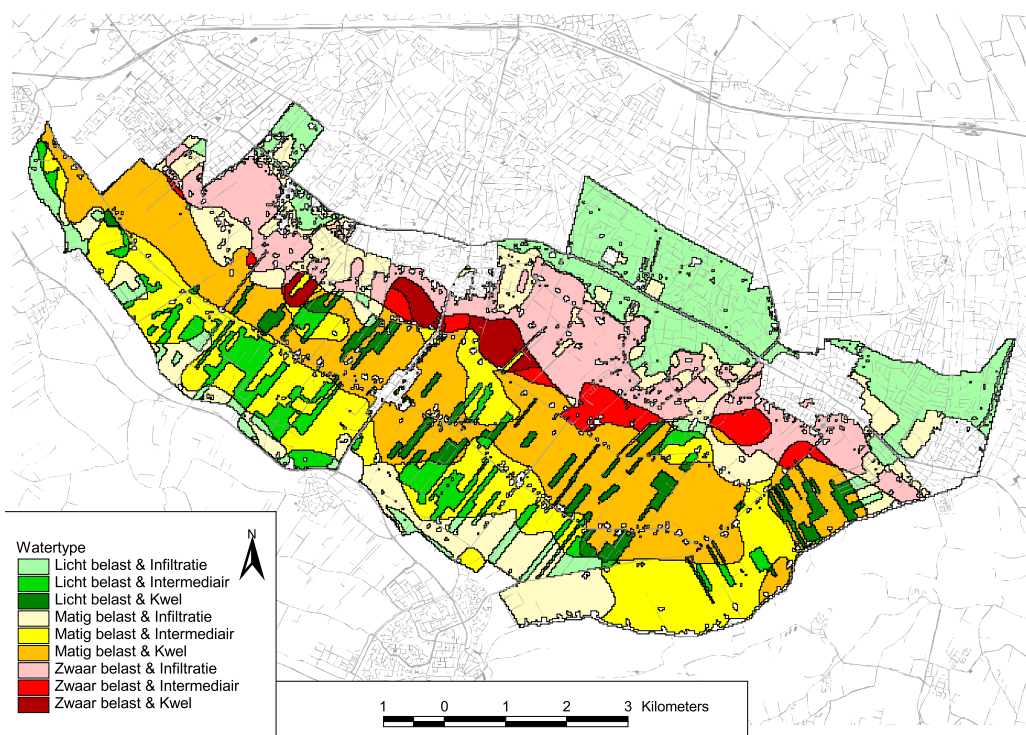
- lithoclien/atmoclien. 3 klassen (Figuur 1):
 1. kwel: > 0.5 mm/d;
 2. intermediair: $-0.5 - 0.5$ mm/d;
 3. infiltratie: < -0.5 mm/d;
- mate van oppervlaktewaterbelasting met nutriënten (Figuur 4):
 1. laag;
 2. matig;
 3. hoog.

Kruising van beide indelingen leidt tot $3 \times 3 = 9$ strata.

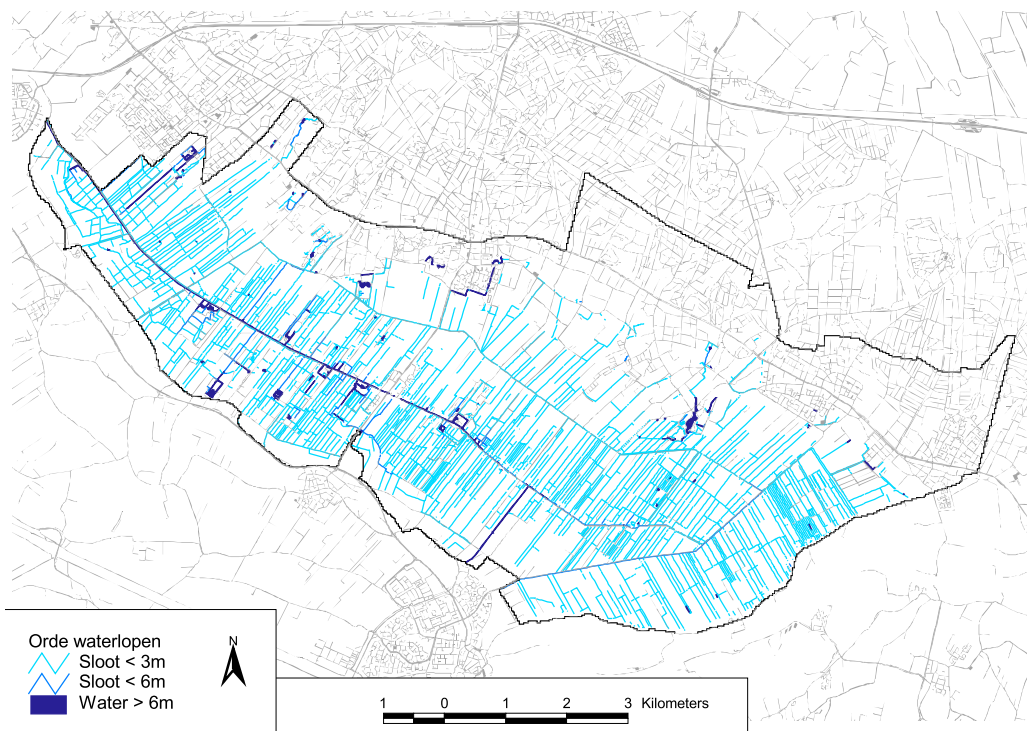
Figuur 4 is als volgt samengesteld. Op basis van de ontwateringstoestand (uit 1:50000 Gt-kaart), de grondsoort (uit 1: 50000 bodemkaart) en het bodemgebruik (uit LGN3 en Figuur 2) zijn scores gegeven voor mate van uitspoeling en afspoeling naar het oppervlaktewater van N en P: (1) laag, (2) matig, (3) hoog. Tabel 1 toont de scores per klasse van ontwateringstoestand, grondsoort en bodemgebruik. Vervolgens zijn de scores voor N apart vermenigvuldigd en de scores voor P apart vermenigvuldigd. Tenslotte is op basis van de totale scores van N en P opgeteld het gebied in 3 klassen van oppervlaktewaterbelasting ingedeeld.

Tabel 1 Scores (1 laag tot 3 hoog) voor mate van N en P belasting van oppervlaktewater als functie van ontwateringstoestand, grondsoort en bodemgebruik.

Ontwateringstoestand		
	N	P
Gt I, II, III, III*, V, V*	2.5	3
Gt IV, VI	2.5	2
GT VII, VIII	1	1
Grondsoort (bovengrond)		
	N	P
Zand	2	2
Moerig/veen	3	3
Klei/zavel/leem	1	1
Bodemgebruik		
	N	P
Natuur	1	1
Grasland	3	2
Bouwland	2	3



Figuur 4 Indeling van het gebied in watertypen.



Figuur 5 Waterlopen in het gebied onderverdeeld in orden 1, 2 en 3.

Het oppervlaktewater per stratum is verder ingedeeld in 3 grootteklassen van waterlopen (zie Figuur 5):

1. orde 1: watervoerend met breedte > 6 m
2. orde 2: watervoerend met breedte 3-6 m.
3. orde 3: watervoerend met breedte < 3 m.

Droogvallende waterlopen en kleine poelen en vijvers vallen buiten het steekproefkader.

De uiteindelijke stratificatie opgebouwd uit de combinatie van watertypen (9 klassen) en orde waterlopen (3 klassen) (combinatie van Figure 4 en 5) wordt niet getoond omdat die op deze schaal niet leesbaar is.

Selectie locaties

Hierbij maken we gebruik van een zogenaamde *gestratificeerde tweetrapssteekproef*. Per stratum (watertype \times orde waterloop) worden n_{hk} panden (met teruglegging) geloot. De insluitkans van een pand i binnen watertype $h = 1, \dots, 9$ en orde $k = 1, 2, 3$ is evenredig met de oppervlakte water van het pand A_{hki} binnen het stratum. Per pand worden n_{hki} secties geloot. Dit gebeurt middels een aantal regelmatige afstanden met een aselekt beginpunt.

De waarden van n_{hk} en n_{hki} kunnen worden geoptimaliseerd als de varianties van de doelvariabelen binnen de panden bekend zouden zijn. Omdat dit niet het geval is hanteerden we de volgende strategie. We gaan uit van een maximaal aantal te loten panden, namelijk 150. Dit aantal is bepaald uit kosten oogpunt, door aan te nemen dat 150 panden het maximale aantal is dat door twee mensen in 10 werkdagen kan worden bezocht. Het oppervlak van het pand wordt gehanteerd als een maat voor de

variantie van de variabelen binnen het pand. De meest efficiënte strategie is dan om het aantal panden per stratum evenredig te nemen aan het totale pandoppervlak A_{hk} van het stratum. Hierbij wordt de aanvullende eis gesteld dat voor ieder stratum tenminste 3 panden worden geloot. Een vergelijkbare strategie is gekozen voor het aantal secties per geloot pand. We gaan uit van maximaal 450 toe te delen secties (gemiddeld 3 per pand). Per pand moet tenminste 1 sectie worden geloot. De overige secties worden zo verdeeld dat het aantal gelote secties per pand evenredig is met het oppervlak van het pand A_{hki} .

De n_{hki} secties worden stroomopwaarts afgelopen en het volgende waargenomen in deze volgorde:

1. meting zuurstofgehalte;
2. verzameling water voor mengmonster in midden waterloop;
3. meting diepte met peilstok op regelmatige afstand op n_3 locaties in de sectie op regelmatige afstanden, met de afspraak: orde 1 waterloop $n_3 = 3$; orde 2 waterloop $n_3 = 5$; orde 3 waterloop $n_3 = 7$.

Na aflopen van het pand wordt het mengmonster bemeten met de Hydrion-10³ sonde om de gemiddelde concentraties van het pand hki te bepalen. Deze locaties worden bij herhaling bemonsterd.

Selectie tijdstippen

Er wordt tweemaal per jaar gemeten: als de grondwaterstand op GVG-niveau is en als de grondwaterstand op GLG-niveau is. Op GVG-niveau zijn hoge N, en P-concentraties te verwachten omdat dit moment net na het afspoelings- en uitspoelingseizoen komt. In de loop van het groeiseizoen neemt de N-concentratie o.i.v. plantengroei af, zodat op GLG-niveau lage concentraties zijn te verwachten. Op deze wijze hebben we de dus de totale dynamiek te pakken. Voor P is dit wat minder eenduidig. Of de P-concentratie afneemt hangt onder andere af van de mate van nalevering uit de waterbodem en hoe het zuurstofgehalte zich gedurende het groeiseizoen ontwikkelt.

Op bestaande locaties met meetstuwen en bestaande vaste locaties voor het meten van oppervlaktewaterkwaliteit worden tegelijkertijd concentraties bepaald met zowel de Hydrion-10 sonde als uit analyses in het laboratorium. Op deze wijze kunnen eventuele systematische afwijkingen in de Hydrion-10 metingen worden gebruikt voor een gebiedscorrectie.

Logistiek

Het idee is dat twee mensen met de sonde, een peilstok, een plank (om over smalle waterlopen te leggen) en een lichte rubberboot (voor brede waterlopen) het veld ingaan.

³ Een nadeel van deze sonde is dat deze alleen het anorganische nitraat en ammonium meet en niet het totale N. Dat wat gebonden is aan zwevende organische stof, een belangrijke N,P-bron bij oppervlaktewaterbelasting wordt niet meegenomen. Verder wordt P helemaal niet gemeten. Dit is de prijs die men voor snelheid en geringe kosten betaalt.

Schattingsmethode en variantie schattingsfout

We noemen \bar{z}_{hki} de gemiddelde waarde van de doelvariabele voor pand i behorende tot watertype h en waterlooporde k . Dit pandgemiddelde wordt als volgt geschat:

- zuurstof (met z_{hkij} het gemeten gehalte in sectie j)

$$\hat{\bar{z}}_{hki} = \frac{1}{n_{hki}} \sum_{j=1}^{n_{hki}} z_{hkij} \quad (11)$$

- waterdiepte (met z_{hkij} nu de gemeten de j de dieptemeting in het pand)

$$\hat{\bar{z}}_{hki} = \frac{1}{n_3 n_{hki}} \sum_{j=1}^{n_3 n_{hki}} z_{hkij} \quad (12)$$

- concentraties: direct door meting mengmonster met Hydrion-10 sonde.

Op basis van de pandgemiddelden⁴ kunnen vervolgens de stratumgemiddelden van concentraties en waterdiepten (dus het gemiddelde voor een orde waterloop in een bepaald watertype) berekend worden via het ongewogen gemiddelde (omdat al bij loting rekening is gehouden met de pandoppervlakte):

$$\hat{\bar{z}}_{hk} = \frac{1}{n_{hk}} \sum_{i=1}^{n_{hk}} \hat{\bar{z}}_{hki} \quad (13)$$

en de bijbehorende variantie van de schattingsfout wordt geschat met

$$\hat{V}(\hat{\bar{z}}_{hk}) = \frac{1}{n_{hk}(n_{hk}-1)} \sum_{i=1}^{n_{hk}} (\hat{\bar{z}}_{hki} - \hat{\bar{z}}_{hk})^2 \quad (14)$$

Voor de waterkwaliteit (concentraties) zijn we geïnteresseerd in het gemiddelde per watertype: $\bar{z}_h, h=1, \dots, 9$. Dit kan geschat worden via het volgende gewogen gemiddelde:

$$\hat{\bar{z}}_h = \frac{1}{A_h} \sum_{k=1}^3 A_{hk} \hat{\bar{z}}_{hk} \quad (15)$$

met A_{hk} de oppervlakte van alle waterlopen van orde k in stratum h en $A_h = A_{h1} + A_{h2} + A_{h3}$ de totale oppervlakte aan waterlopen in stratum h . De variantie van de schattingsfout van (15) wordt geschat als:

⁴ Naast waterdiepte kan men ook denken aan andere hydromorfologische parameters (Van der Molen en Verdonschot, 2000) waarvan men op een of andere wijze het pandgemiddelde schat (breedte, stroomsnelheid en bedekkingsgraad met waterplanten). Deze kunnen dan vervolgens gebruikt worden om stratumgemiddelden te schatten met gebruik van dezelfde formules die hieronder volgen voor de waterdiepte.

$$\hat{V}(\hat{z}_h) = \frac{1}{A_h^2} \sum_{k=1}^3 A_{hk}^2 \hat{V}(\hat{z}_{hk}) \quad (16)$$

Willen we tenslotte de gemiddelde concentratie voor het gehele gebied weten dan wordt deze geschat als:

$$\hat{z}_G = \frac{1}{A_G} \sum_{h=1}^9 A_h \hat{z}_h \quad (17)$$

met A_h de oppervlakte van de waterlopen in stratum h en A_G de totale oppervlakte aan waterlopen in het gebied. De bijbehorende variantie van de schattingsfout wordt geschat als:

$$\hat{V}(\hat{z}_G) = \frac{1}{A_G^2} \sum_{h=1}^9 A_h^2 \hat{V}(\hat{z}_h) \quad (18)$$

Voor de waterdiepte zijn we geïnteresseerd in het gemiddelde per orde waterloop $\bar{z}_k, k = 1, \dots, 3$, en wordt uit \hat{z}_{hk} geschat als

$$\hat{z}_k = \frac{1}{A_k} \sum_{h=1}^9 A_{hk} \hat{z}_{hk} \quad (19)$$

met A_{hk} de oppervlakte van alle waterlopen van orde k in stratum h en $A_k = A_{1k} + A_{2k} + \dots + A_{9k}$ de totale oppervlakte aan waterlopen van orde k in het gebied. De variantie van de schattingsfout van (15) wordt vervolgens geschat als:

$$\hat{V}(\hat{z}_k) = \frac{1}{A_k^2} \sum_{h=1}^9 A_{hk}^2 \hat{V}(\hat{z}_{hk}) \quad (20)$$

5 Uitwerking van de meetstrategie: het uiteindelijke monitoringsysteem

In dit hoofdstuk wordt de uiteindelijke meetstrategie beschreven. Deze bestaat uit de volgende onderdelen:

1. *ontwerp*: wat te meten, waar te meten, wanneer te meten en hoe te meten;
2. *verwerking*: een beschrijving hoe de waarnemingen verwerkt moeten worden. Dit behelst dus de verdere berekeningen die nodig zijn om de doelstellingen van het monitoringsysteem te bewerkstelligen;
3. *protocollen*. Aanvullende informatie bijvoorbeeld ten aanzien van non-response en dataopslag.

Hierbij maken we weer onderscheid tussen grondwater en oppervlaktewater.

5.1 Grondwater

5.1.1 Ontwerp

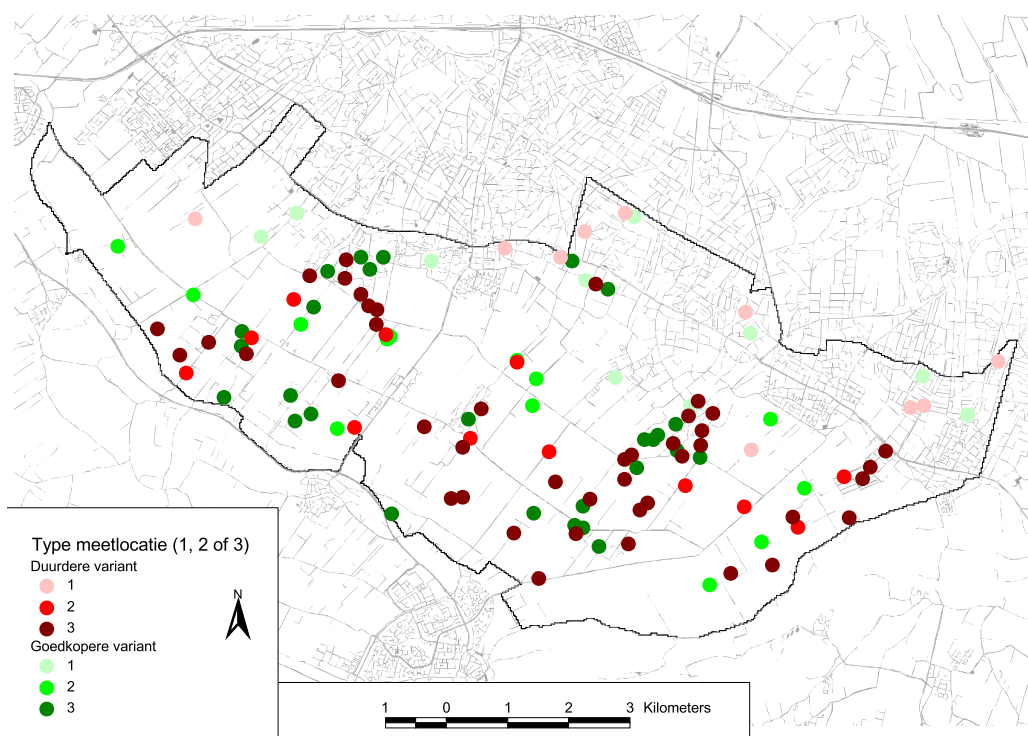
Ten aanzien van het ontwerp kunnen we onderscheid maken tussen vier soorten variabelen: statische bodemvariabelen, grondwaterstanden, stijghoogten en grondwaterkwaliteit. Voor elk van deze variabelen geven we aan wat, waar, wanneer en hoe gemeten moet worden. Een overzicht van de geselecteerde (gelote) meetlocaties is te zien op de kaart in Figuur 6. Hierop worden 3 typen locaties aangegeven met toenemende hoeveelheid meetinspanning:

- code 1: statische bodemvariabelen en grondwaterstanden;
- code 2: statische bodemvariabelen, grondwaterstanden en stijghoogten;
- code 3: statische bodemvariabelen, grondwaterstanden, stijghoogten en grondwaterkwaliteit.

Tabel 2 toont per stratum het aantal gelote locaties. De lijst met gelote coördinaten wordt vermeld in Bijlage 1.

Tabel 2 Aantal gelote locaties per stratum voor goedkopere (50) en duurdere alternatief (65). Stratumcodes: lb - landbouw, gwn - grondwaterafhankelijke natuur, ovn - overige natuur, abn# - aandachtsgebied natuur (+ nummer), kw - kwel, imd - intermediair, inf - infiltratie. Totaal abn betreft de goedkope optie waarbij de aandachtsgebieden natuur worden samengenomen.

Stratum	goedkoper	Duurder
lb-inf	3	3
ovn-inf	7	6
ovn-imd/kw	7	6
lb-kw	3	3
lb-imd	3	3
gwn-inf	7	6
gwn-kw	6	5
gwn-imd	7	5
abn1		5
abn2		5
abn3		5
abn4		3
abn5		5
abn6		5
Totaal abn	7	
Totaal gebied	50	65



Figuur 6 Gelote locaties voor grondwaterstand (code 1), grondwaterstand en stijghoogte (code 2) en grondwaterstand, stijghoogte en grondwaterkwaliteit (code 3).

5.1.1.1 Statische bodemvariabelen

Wat en hoe te meten

Bij het zetten van de grondwaterstandsbuizen worden de volgende (min of meer) statische bodemvariabelen bepaald:

- textuurbeschrijving (inclusief organischestofgehalte). Hierbij wordt een bodemkundige beschrijving van de laagopbouw gegeven tot op de diepte waarop de onderkant van de grondwaterstandsbuis wordt geplaatst. In ten Cate e.a. (1995) wordt gedetailleerd beschreven hoe een dergelijke profielbeschrijving moet worden uitgevoerd;
- bovengrond, op basis van een veldvochtig monster:
 - vedingstoestand: C/N-verhouding, C/P_{org}-verhouding;
 - etrofiëringstoestand: P_{anorg}/P_{tot};
 - bsentoestand: Ca_s/CEC;
 - deze drie kenmerken worden met name genoemd in het Standaard Meetprotocol Verdoging (Kemmers e.a., 1995). In paragraaf 8.4 van Kemmers e.a. (1995) wordt beschreven hoe de bodem bemonsterd kan worden en op welke wijze C/N, C/P_{org}, P_{anorg}/P_{tot} en Ca_s/CEC kunnen worden bepaald;
- C-waarde deklaag. Op code 2/3 locaties wordt ook de stijghoogte gemeten. Dit betekent dat bij het plaatsen van de stijghoogtebuis de textuur bemonsterd wordt tot op de filterdiepte. We willen de C-waarde weten vanaf GLG-niveau tot de diepte van de filter. Stel nu dat we op een locatie N lagen aantreffen met respectievelijke diktes van d_1, \dots, d_N en doorlatendheden k_1, \dots, k_N dan kan de C-waarde als volgt bepaald worden:
 - een bovengrens aan de C-waarde is er een waarbij verondersteld wordt dat de aangeboorde lagen een grote uitgestrektheid hebben. De C-waarde wordt dan berekend met de volgende formule (Bierkens en Van de Gaast, 1998):

$$C = \sum_{i=1}^N \frac{d_i}{k_i} \quad (21)$$

- een ondergrens aan de C-waarde wordt gevonden als er wordt verondersteld dat de aangeboorde lagen slechts de breedte van de boorkern hebben en in een *random* mozaïek het omliggende domein opvullen. De C-waarde wordt dan berekend als (op basis van Desbarats, 1992):

$$C = \frac{\sum_{i=1}^N d_i}{\left\{ \sum_{i=1}^N d_i [k_i]^{1/3} \right\}^3} \quad (22)$$

Onderliggende tabel (Tabel 3) komt uit Bierkens (1994) en geeft (isotroop veronderstelde) doorlatendheden voor verschillende textuurklassen. Het support van deze waarnemingen is circa van 10×10×10 cm. De textuurklassen worden

gedefinieerd in Bierkens (1994, 1996) en komen overeen met de Stiboka-textuurindeling (Ten Cate e.a., 1995: p. A22-A24).

Tabel 3 Doorlatendheden (verondersteld isotroop) voor verschillende textuurklassen. De getallen zijn gemiddelde waarden uit Bierkens (1994). Aanzienlijke variatie per textuurklasse is mogelijk.

Textuurklasse	Doorlatendheid (m/d)
Matig tot grof rivierzand	25
Matig tot grof eolisch zand	15
Fijn zand en lemig fijn zand	5
Zavel en lichte klei	0.05
Matig zware, zware en humeuze klei	0.005
Veen	0.5
Gecompacteerd veen	0.05

Waar te meten

Bovengenoemde variabelen worden op alle geselecteerde locaties (code 1, 2 en 3) op de kaart in Figuur 6 gemeten.

Wanneer te meten

Bovengenoemde variabelen worden op twee momenten bepaald. Het eerste moment is bij het inrichten van het netwerk, i.c. voor aanvang van de monitoring van de grondwaterstanden. Het tweede moment is vlak voordat de effecten van de maatregelen worden geëvalueerd door analyse van de dynamische waarnemingsgegevens. Dit zal ongeveer twee jaar na het uitvoeren van de maatregelen zijn en circa vier jaar na de eerste bepaling. De C-waarde wordt alleen bij de eerste ronde bepaald omdat deze niet aan verandering onderhevig is.

5.1.1.2 Grondwaterstanden

Wat en hoe te meten

Grondwaterstanden worden gemeten in landbouwbuizen, i.c. pvc-buizen die geheel zijn opengewerkt: een filter over de gehele lengte. Opname kan met een zogenaamde *diver*, waarmee continue de waterdruk wordt gemeten. Na luchtdrukcorrectie volgt hieruit een grondwaterstand. Het wordt aanbevolen om bijna-continu te meten (bijv. 24 of 96 maal per etmaal), maar de waarnemingen te middelen over een etmaal, om de dagelijkse gang in temperatuur en luchtdruk en overige ruis uit het signaal te filteren. De maaiveldshoogte ten opzichte van NAP dient net naast de buis met een waterpasinstrument bepaald te worden. Omdat de buizen ook voor waterkwaliteitsmonsters zullen worden gebruikt verdient het de voorkeur om wit (kleurloos) PVC te gebruiken en voor langere buizen schroefverbindingen te gebruiken in plaats van verbindingen met PVC-lijm. Het filter wordt omwikkeld met een nylon filterkous. Kemmers e.a. (1995) beschrijft deze en aanvullende richtlijnen voor het plaatsen van peilbuizen.

Waar te meten

De locaties voor metingen van grondwaterstanden staan op de kaart in Figuur 6 (code 1,2,3). De lijst met coördinaten en reservepunten wordt gegeven in Bijlage 1.

Wanneer te meten

Zoals hierboven reeds beschreven verdient het aanbeveling om bijna-continu meten met een *diver* en waarnemingen als daggemiddelden op te slaan. De lengte van de meetperiode is tenminste een jaar voor de ingreep tot twee jaar na de ingreep (dus minimaal drie jaar lang).

5.1.1.3 Stijghoogten dieper grondwater

Wat en hoe te meten

Op plaatsen waar men wil weten of er sprake is van een grotere stijghoogte in het diepere grondwater dan de stijghoogte op het niveau van het freatisch vlak, en er dus potentieel een kwelflux kan worden verwacht, worden naast grondwaterstanden diepere stijghoogten gemeten. Dit gebeurt door naast de grondwaterstandsbuis een langere buis te zetten op grotere diepte (> 3 m) met een filterlengte van 30-50 cm. Voor het plaatsen van de buizen gelden dezelfde richtlijnen als voor grondwaterstandsbuizen (zie Kemmers e.a., 1995). Als er sprake is van een deklaag of een afsluitende laag tussen het freatisch pakket en een eerste watervoerend pakket dan moet het boorgat op de overgang goed worden afgedicht. Omdat ook waterkwaliteitsmonsters moeten worden genomen moet het filter tenminste een meter onder de scheiding deklaag/eerste watervoerend pakket of freatisch/eerste watervoerend pakket zitten om te voorkomen dat er water van boven wordt bemonsterd, of nog erger, de chemische samenstelling van het water wordt beïnvloed door het afdichtmiddel (meestal bentoniet). Meting van de stijghoogte gebeurt weer met een *diver*.

Waar te meten

Stijghoogten worden continu gemeten op de volgende locaties waar ook grondwaterstanden worden gemeten (code 2,3):

- locaties in gebieden die vallen in strata met de klassen “kwel” en “intermediair”;
- locaties die op komgronden zijn geselecteerd: om na te gaan of er veel verticaal verval is;
- locaties die vallen in strata met grondwaterafhankelijke natuur;
- locaties in de 6 aandachtgebieden natuur.

Figuur 6 geeft de code 2 en 3 locaties, de coördinaten staan in Bijlage 1.

Wanneer te meten

Het wordt aanbevolen om bijna-continu met de *diver* te meten en de waarnemingen te middelen over een etmaal en als etmaalgemiddelden op te slaan, dit om de dagelijkse gang in temperatuur en luchtdruk en overige ruis uit het signaal te filteren. De meetperiode beslaat tenminste een jaar voor de ingreep tot twee jaar na de ingreep (minimaal drie jaar).

5.1.1.4 Grondwaterkwaliteit

Wat en hoe te meten

Uit de grondwaterstands- en stijghoogtebuizen worden watermonsters genomen en in het laboratorium geanalyseerd. Richtlijnen voor monsternamen en analyse worden gegeven in Kemmers e.a. (1995). Hierbij moet het volgende nog vermeld worden. Bij het nemen van een watermonster op GVG-niveau (zie hierna), is het van belang dat met name het bovenste water wordt bemonsterd. Omdat voor monsternamen de hele buis een paar keer wordt afgepompt, kan het zijn dat hierbij toch onderliggend kwelwater wordt meegenomen. Om dit te voorkomen zou men bij de eerste monsterronde naast de landbouwbuis een boorgat tot net onder het freatisch vlak kunnen boren en hieruit het watermonster nemen. Daar kan dan vervolgens een ondiepe buis ingezet worden voor bemonstering in navolgende jaren. Van het watermonster worden de volgende parameters bepaald: pH, Ca, Cl, EGV, Redoxpotentiaal, SO₄, HCO₃, Mg, Na, K.

Waar te meten

Waterkwaliteitsvariabelen worden gemeten op alle locaties waar grondwaterstanden en stijghoogten worden gemeten die vallen in:

- strata met grondwaterafhankelijke natuur;
- de zes aandachtgebieden natuur.

De locaties (coördinaten in Bijlage 1) staan in Figuur 6 aangeduid als code 3.

Wanneer te meten

Watermonsters worden twee maal per jaar genomen gedurende vanaf tenminste één jaar voor de ingreep tot tenminste twee jaar daarna. Bemonstering vindt plaats als de grondwaterstand op GVG-niveau is (maart-april), wanneer er sprake is van bijna volledige berging, de bodem op veldcapaciteit is en men op kwelplekken ook regenwater bovenin het bodemprofiel verwacht, en op GLG-niveau (augustus-september) aan het eind van het groeiseizoen wanneer al het regenwater is verdampt of afgevoerd en het bovenste grondwater in kwelgebieden uit aangevoerd kwelwater bestaat. Het vaststellen van het moment van bemonstering voor GVG/GLG-niveau gaat als volgt (zie Finke e.a., 2001):

1. bepaal de klimaatsonafhankelijke GxG met behulp van tijdreeksanalyse met het programma KALTFN (Bierkens en Bron, 2001) voor tenminste 10 bestaande freatische OLGA-buizen verspreid over het gebied;
2. monitor de grondwaterstandsfluctuatie in deze buizen en bekijk of de grondwaterstand overeenkomt met het GVG-niveau (voorjaar) en GLG-niveau (najaar);
3. als dit het geval is dan kan tenminste 2 dagen na een regenperiode gemeten worden. Op dit moment worden de monsters genomen;
4. als er tijdens de monsterperiode op een dag gedurende een aanzienlijke periode regen valt (dit geldt dus niet voor een bui of motregen) dan is het raadzaam op deze dag geen waarnemingen te doen. Het is echter wel zaak om de totale lengte van de waarnemingsperiode zo kort mogelijk te houden, dus dit kan wat geschipper betekenen.

5.1.2 Verwerking metingen

In deze paragraaf wordt behandeld hoe na inwinning van de grondwatergegevens deze verder bewerkt moeten worden om de doelgrootheden te berekenen. Hierbij wordt uitgegaan van de verschillende doelstellingen van het monitoringsysteem. Voor elke doelstelling kunnen twee gevallen voorkomen:

1. de verwerking ter realisatie van de doelstelling kan zowel met als zonder hydrologisch model gebeuren. In dit geval worden beide gevallen uitgewerkt;
2. de doelstelling kan alleen gerealiseerd worden als bij de verwerking van de meetgegevens een hydrologisch model kan worden gebruikt.

Bij elke doelstelling wordt aangegeven welke van deze gevallen het betreft.

5.1.2.1 Berekening op locaties

Onafhankelijk van de doelstelling moeten op de locaties van de metingen uit de te meten variabelen de doelvariabelen worden berekend. De doelvariabelen worden dan vervolgens verder bewerkt tot doelgrootheden, afhankelijk van het meetdoel (zie de subsubparagrafen hierna). We behandelen dus eerst hier de berekening van doevariabelen uit gemeten variabelen.

- GxG. De klimaatsonafhankelijke GxG wordt berekend via het programma KALTFN (Bierkens en Bron, 2001). Uitgaande van een meetperiode van twee jaar na de ingreep is hiervoor een reeks met tenminste 32 jaar dagneerslag en Makkink-referentieverdamping nodig van respectievelijk het dichtstbijzijnde neerslagstation en hoofdstation.

Berekening van de klimaatsrepresentatieve GxG die representatief voor de periode voor de ingreep gaat als volgt:

1. calibratie van het transfer-ruismodel op de grondwaterstandsreeksen gemeten (waargenomen met *divers* in landbouwbuizen) tot het moment van de ingreep;
2. simulatie van 100 realisaties van elk 30 jaren voor de periode van 30 hele jaren voor de ingreep;
3. schatting GxG voor elke realisatie;
4. verwachte klimaatsonafhankelijke GxG als gemiddelde van 100 GxG's uit realisaties.

Al deze stappen zijn geautomatiseerd in binnen de user interface VIDENTE waar KALTFN (samen met een aantal andere tijdreeksmodellen) is opgenomen (Bierkens en Bron, 2001).

Berekening van de klimaatsrepresentatieve GxG die representatief voor de periode na de ingreep gaat als volgt:

1. calibratie van het transfer-ruismodel op de grondwaterstandsreeksen gemeten vanaf het moment van de ingreep tot tenminste twee jaar na de ingreep, i.c. het evaluatiemoment;
2. simulatie van 100 realisaties van elk 30 jaren *voor* de periode van 30 hele jaren voor de ingreep;
3. schatting GxG voor elke realisatie;

4. verwachte klimaatsonafhankelijke GxG als gemiddelde van 100 GxG's uit realisaties.

Let op: de simulatie van realisaties is dus ook hier voor de weerreeks die overeenkomt met de 30 jaar voor de ingreep. Het enige verschil in de GxG tussen voor en na de ingreep is dus de ingreep zelf!

- Realisatiegraad en natschade De realisatiegraad landbouw op een locatie kan geschat worden op basis van bodemtype, landbouwdoeltype (grasland of akkerbouw) en GHG, GLG en de Helptabel (Werkgroep Helptabel, 1987). Uit de evaluatie van de Helptabel volgt de natschade (%) en droogteschade (%). Een gemoderniseerde versie van de Helptabel wordt geïmplementeerd in het STOWA Waternoodinstrumentarium. Op basis van de natschade en droogteschade volgt de realisatiegraad landbouw als:

$$R_{\text{land}} = \max\left(\frac{100 - \text{natschade} - \text{droogteschade}}{100}, 0\right) \quad (23)$$

De realisatiegraad natuur kan berekend worden volgens de procedure beschreven in Finke e.a. (2001). Hierbij wordt de GVG, de GLG en het bodemtype gebruikt. Wel geldt dat voor grondwaterafhankelijke natuur wat betreft grondwaterkwaliteit op dit moment alleen nog gekeken wordt naar het wel of niet voorkomen van kwel in de wortelzone, terwijl het beter is om te kijken naar de basenbezetting in de bovengrond en de kwaliteit van het grondwater (wat hier wel wordt gemeten). Op dit moment zijn er dus nog geen functies of tabellen die de grondwaterkwaliteit en de basenbezetting koppelen aan realisatiegraad van een natuurdoeltype. Er is in het monitoringontwerp echter op geanticipeerd dat deze op korte termijn wel zullen worden afgeleid. Het programma DOENAT (Hoogland e.a., 2002) kan voor ruimtelijke bestanden en voor lijsten met punten de doelrealisatie natuur berekenen. Ook dit programma zal worden geïmplementeerd in het STOWA Waternoodinstrumentarium.

- Grondwaterkwaliteit. Voor alle grondwaterkwaliteitsparameters (pH, Ca, Cl, EGV, Redoxpotentiaal, SO₄, HCO₃, Mg, Na, K) geldt:
 - concentratie op GVG-niveau voor ingreep: middelen alle waarnemingen genomen op GVG-niveau van voor de ingreep;
 - concentratie op GLG-niveau voor ingreep: middelen alle waarnemingen genomen op GLG-niveau van voor de ingreep;
 - concentratie op GVG-niveau na ingreep: middelen alle waarnemingen genomen op GVG-niveau van na de ingreep;
 - concentratie op GLG-niveau na ingreep: middelen alle waarnemingen genomen op GLG-niveau van na de ingreep.

Als het neerslagoverschot in de waarnemingsperioden voor en na de ingreep erg verschillen kan overwogen worden om per waarneming voor het neerslagoverschot in dat jaar te corrigeren. Dit zou dan t.z.t. nog moeten worden uitgewerkt.

5.1.2.2 Evaluatie monitoringsysteem na 1 jaar

Er is in voorzien dat het ontworpen monitoringsysteem na circa een jaar wordt geëvalueerd. Hier worden de benodigde berekeningen beschreven. Er wordt bij deze beschrijving vanuit gegaan dat alle berekeningen op meetlocaties voor elke doelvariabele zijn gedaan voor de periode vanaf de start van het waarnemen tot het evaluatiemoment conform de beschrijving in 5.1.2.1.

Evaluatie nauwkeurigheid zonder hydrologisch model

- Evaluatie van nauwkeurigheid domeingemiddelden.
 1. We beginnen met de evaluatie van de schattingsnauwkeurigheid van de stratumgemiddelden. Met z als één van de doelvariabelen en maaiveldshoogte als hulpvariabele y kunnen (in volgorde) vergelijkingen (1), (6), (7), (8) worden berekend. Dit levert de variantie van de schatter van het gemiddelde van alle strata op $V(\hat{z}_{hr})$. Is deze voldoende klein, dan voldoet het netwerk, als niet dan moeten er locaties worden bijgeloot. Als maat voor “voldoende klein” zou men bijvoorbeeld de relatieve fout kunnen hanteren. Hiertoe moet men ook de schatting zelf uitvoeren: achtereenvolgens vergelijkingen (1), (6), (5). Dit levert \hat{z}_{hr} op. Men kan dan bijvoorbeeld eisen dat de relatieve fout ten hoogste 10% is:

$$\frac{\sqrt{V(\hat{z}_{hr})}}{|\hat{z}_{hr}|} \leq 0.1 \quad (24)$$

De twee lijnen in de noemer betekenen “absolute waarde”, zodat (24) ook voor negatieve waarden van \hat{z}_{hr} gebruikt kan worden. Men kan natuurlijk ook per stratum verschillende eisen stellen and de relatieve nauwkeurigheid.

2. Evaluatie nauwkeurigheid d.m.v. toetsing. Een ander type eis, die op zijn plaats is als verschillen in \bar{z}_h voor en na een ingreep moeten worden getoetst, is dat men per stratum afspreekt wat een “relevant verschil” is waar men nog wakker van ligt. Dus men wil verschillen groter dan deze waarde met voldoende zekerheid willen aantonen. Stel dat dit voor doelgrootheid \bar{z}_h de waarde $\bar{\Delta z}_h$ is. Om wat meer te kunnen zeggen over de maximale grootte van de schattingsvariantie in relatie tot $\bar{\Delta z}_h$ volgt nu eerst een intermezzo over toetsen van verschillen.

Intermezzo: Toetsen van verschillen bij gepaarde waarnemingen

Er volgt nu eerst een kort intermezzo over het toetsen op verschillen in het geval van gepaarde waarnemingen. In het vervolg zal hier veel naar worden terugverwezen. Stel nu dat $\bar{\Delta z}_h$ het stratumgemiddelde voor is van de verschillen op locaties $\Delta z_{hi} = z_{hi(2)} - z_{hi(1)}$ van de variabele z (bijv. GxG)

voor en na de ingreep. Verder veronderstellen we dat de verschillen Δz_{hi} normaal verdeeld zijn. Bij een toets op verschillen is de nulhypothese dat het verschil gemiddeld nul is:

$$H_0 : \bar{\Delta z}_h = 0 \quad (25)$$

De alternatieve hypothese zegt dat het gemiddeld verschil niet nul is:

$$H_1 : \bar{\Delta z}_h \neq 0 \quad (26)$$

Op basis van het geschatte verschil $\hat{\Delta z}_h$ (door invullen van de verschillen op meetpunten in vergelijking 1 of 5) moet dan bepaald worden of er echt een systematisch verschil is. Bedenk hierbij dat het geschatte stratungemiddelde verschil ook op een toevalligheid kan berusten, omdat we schatten op basis van een beperkt aantal waarnemingen. Voor gepaarde waarnemingen kunnen we nu de volgende zogenaamde “toetsingsgrootte” berekenen:

$$t = \frac{\hat{\Delta z}_h}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\Delta z}_h)}} \quad (27)$$

Met $\hat{V}(\hat{\Delta z}_h)$ de variantie van de schattingsfout respectievelijk voor en na de ingreep (berekend uit de verschillen op meetpunten met vergelijkingen 3 of 8). Meestal wordt er met 95% nauwkeurigheid getoetst, hegeen betekent dat de kans dat we ten onrechte de 0-hypothese verwerpen kleiner is dan 5%. De 0-hypothese wordt verworpen als geldt:

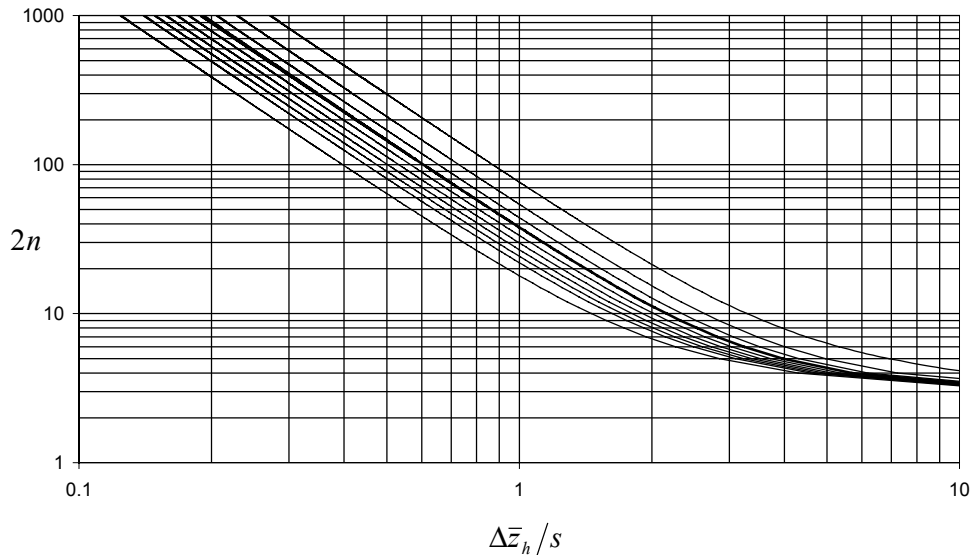
$$|t| > t_{0.975}^{n-1} \quad (28)$$

waarbij $t_{0.975}^{n-1}$ het 97.5-percentiel is van de Student's t -verdeling met $n-1$ vrijheidsgraden. De waarde hiervan kan uit tabellen in statistiekboeken (bijv. Oude Voshaar, 1994) worden afgelezen.

Stel nu verder dat we met bovenbeschreven toets een verschil dat groter of gelijk is aan $\Delta \bar{z}_h$ met 80% zekerheid willen onderkennen (dit heet het onderscheidend vermogen van een toets). Als de ruimtelijk gemiddelde verschillen en schattingsvarianties worden berekend met vergelijkingen (1) en (3) dan kan uit Figuur 7 het benodigd aantal waarnemingen worden afgelezen. De dikke lijn geldt voor een onderscheidend vermogen van 80%. Het gebruik van Figuur 7 gaat als volgt in zijn werk. We berekenen na één jaar de zogenaamde steekproefvariantie s^2 met:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (z_{hi} - \bar{z}_h)^2 \quad (29)$$

Vervolgens berekenen we $\Delta\bar{z}_h/s$ en kijken (via de dikke lijn) wat het benodigd aantal waarnemingen n is om dit onderscheidend vermogen te bewerkstelligen. Op deze wijze kunnen we kijken of er waarnemingslocaties bijgeloot moeten worden.



Figuur 7 Relatie tussen onderscheiden vermogen, relevant verschil, steekproefvariantie en benodigde aantal waarnemingen voor een toets of gemiddelde verschillen afwijken van 0. Met dank aan Martin Knotters (Alterra) voor gebruik van deze figuur.

Figuur 7 geldt alleen voor de schatter (1) en dus niet voor de regressieschatter (5). Door deze echter te gebruiken gaan we uit van een *worst case* scenario: het benodigd aantal waarnemingen is voldoende om ook relevante verschillen aan te tonen als er geen correlatie is tussen hulpvariabelen en de verschillen op meetpunten. Figuur 7 is ook nog een *worst case* scenario om een andere reden. Er wordt verondersteld dat de waarden voor en na de ingreep niet gecorreleerd, i.c. dat de variantie van de verschillen de som is van de varianties op de twee tijdstippen: $s_{\Delta}^2 = s_1^2 + s_2^2$. Het is echter meer waarschijnlijk dat de waarden op de twee tijdstippen positief gecorreleerd zijn $s_{\Delta}^2 < s_1^2 + s_2^2$. Het aantal benodigde waarnemingen dat op deze wijze wordt bepaald is dus aan de veilige kant.

3. Evalueer ook (9) en (10) om de schatting en schattingsvariantie voor het hele gebied te verkrijgen. Gebruik vervolgens vergelijking (24) om na te gaan of er voldoende waarnemingen in het gehele gebied zijn genomen.
- Evaluatie nauwkeurigheid voorspelling op punten via interpolatie.
In het geval van het ontbreken van een hydrologisch model gaan we er vanuit dat we maaiveldshoogte als hulpvariabele tot onze beschikking hebben. We

gebruiken geostatistische methodieken. De volgende methoden komen in aanmerking:

1. *ordinary kriging*. Hierbij wordt van de variabelen direct een semivariogram geschat en dit wordt gebruikt voor interpolatie. Er wordt geen gebruik gemaakt van hulpinformatie. Deze techniek wordt alleen toegepast als er geen verband is tussen maaiveldshoogte en de doelvariabele. Voor het schatten van het semivariogram kan het GSLIB-programma (Deutsch and Journel, 1998) *gamv.exe* gebruikt worden. Voor de kriging het GSLIB-programma *kt3d.exe*;
2. *regressie en residuele kriging*. Er wordt een regressievergelijking afgeleid tussen de doelvariabele en de hulpvariabele. Dit kan bijvoorbeeld in *Excel*. Hiermee wordt de doelvariabele op alle locaties van het interpolatiegrid voorspeld (bijvoorbeeld via *ARCVIEW*) alsmede op de locaties met waarnemingen. Op de locaties van de waarnemingen zijn er dan verschillend tussen waarneming en regressievoorspelling, residuen genaamd. Vervolgens wordt van de residuen een semivariogram geschat (met *gamv.exe*) waarmee de residuen ruimtelijk worden geïnterpoleerd met *ordinary kriging* (*kt3d.exe*). De geïnterpoleerde residuen worden tenslotte opgeteld bij de voorspellingen van het regressiemodel om de uiteindelijke voorspelling te krijgen;
3. *kriging met externe trend*. Deze methode is gelijk aan de vorige methode tot en met de schatting van het semivariogram van residuen. Vervolgens wordt uitgaande van de regressievoorspellingen, de originele metingen (dus niet de residuen) en het semivariogram van de residuen direct een krigingvoorspelling van de doelvariabele verkregen op het interpolatiegrid. Het veld van regressievoorspellingen kan hierbij gezien worden als een vlak dat de vorm van het trendvlak aangeeft. Het GSLIB-programma *kt3d.exe* is ook geschikt voor deze krigingmethodiek.

Om onderling consistente voorspellingen te krijgen wordt aanbevolen alleen de GxG op deze wijze te interpoleren en de realisatiegraad en vernattingschade direct uit de geïnterpoleerde GxG-waarden af te leiden.

We wijzen er op dat deze geostatistische methoden nogal wat expertise behoeven. Het ligt dan ook voor de hand dergelijke analyses door experts uit te laten voeren. In Goovaerts (1997) worden voornoemde geostatistische methoden behandeld. Het voert te ver om ze binnen dit rapport in detail te behandelen omdat een dergelijke verhandeling vele tientallen pagina's zou beslaan. We vermelden voor de volledigheid bij elke methode wel een referentie naar software waarin de methode is geïmplementeerd.

Om de voorspelnauwkeurigheid te bepalen zou men gebruik kunnen maken van de krigingvariantie die uit de krigingmethoden volgt. Gegeven het geringe aantal locaties om het semivariogram te schatten (ca 50) is het echter te verwachten dat de betrouwbaarheid van deze krigingvariantie gering is. Het is daarom beter om een objectieve maat voor de voorspellingsfout te berekenen via kruisvalidatie. Hiertoe wordt van de n aanwezige meetlocaties er telkens 1 uitgelaten. De meetwaarden op de $n-1$ overige locaties worden gebruikt om de waarde op de weggenomen locatie te voorspellen met kriging. Het verschil tussen de krigingvoorspelling en meetwaarde, de fout e wordt bewaard. Door alle n locaties

er eenmaal uit te laten krijgen we n voorspellingsfouten: e_i , $i=1,\dots,n$. Hieruit bepalen we gemiddelde fout (*Mean Error* ME):

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i \quad (30)$$

en de standaarddeviatie van de fout (SDE):

$$SDE = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (e_i - ME)^2} \quad (31)$$

ME moet ongeveer 0 zijn (anders heb je systematische fouten) en SDE zo klein mogelijk. Op basis van SDE kan gekozen worden tussen de verschillende krigingmethoden.

Evaluatie nauwkeurigheid met hydrologisch model

- Evaluatie van nauwkeurigheid schatting domeingemiddelden.
In dit geval worden dezelfde methoden toegepast als zonder hydrologisch model (regressieschatter), zij het dat nu de maaiveldshoogte wordt vervangen door:
 - een voorspelling van de doelvariabele (bijv. GxG, natschade, realisatiegraad) via het hydrologisch model (+eventuele nabewerking: denk aan het STOWA Waternoodinstrumentarium t.b.v. doelrealisatie), of
 - een uitvoervariabele van het grondwatermodel welke gecorreleerd is met de doelvariabele onder beschouwing.
 In het eerste geval gaat het om stijghoogten, GxG, natschade en doelrealisatie. In het tweede geval om de concentraties (grondwaterkwaliteit). De geschatte schattingsvarianties worden getoetst via vergelijking (24) als hierboven beschreven. Het benodigd aantal waarnemingen per stratum voor het toetsen van verschillen wordt op dezelfde wijze als in het geval “zonder model” via Figuur 7 bepaald.
- Evaluatie nauwkeurigheid voorspelling op punten via interpolatie.
We maken hier ook onderscheid in twee klassen van doelvariabelen:
 - doelvariabelen die op elke locatie van het interpolatiegrid met het hydrologisch model berekend kunnen worden: GxG, natschade en doelrealisatie. Voor deze variabelen zijn er twee methoden beschikbaar:
 - *kriging van residuen*. Hiertoe worden op de meetlocaties de verschillen tussen modelvoorspellingen en waarnemingen (residuen) vastgesteld. Uit de residuen wordt een semivariogram geschat (met *gamv.exe*). Met dit semivariogram worden de residuen ruimtelijke geïnterpoleerd met *ordinary kriging (kt3d.exe)* en weer opgeteld bij de modelvoorspellingen;
 - *kriging met externe trend* (mbv *kt3d.exe*) Als hierboven beschreven, zij het dat nu in plaats van de regressievoorspellingen op basis van maaiveldshoogten, de voorspelde doelvariabele uit het hydrologisch model wordt meegenomen als trendvlak.

Om onderling consistente voorspellingen te krijgen wordt aanbevolen alleen de GxG op deze wijze te interpoleren en de realisatiegraad en vernattingschade direct uit de geïnterpoleerde GxG-waarden af te leiden.

- doelvariabelen die eventueel gecorreleerd zijn met informatie die door het hydrologisch model is gegenereerd. Dit betreft de concentraties. In dit geval wordt voor elke stof apart via regressieanalyse eerst gekeken welk van de hulpinformatie (maaiveldshoogte, GxG, stratumnummer) het best gecorreleerd is met de concentratie van deze stof. Vervolgens wordt met deze hulpinformatie verder gewerkt volgens *regressie en residuele kriging* of *kriging met externe trend*.

Ook bij ruimtelijke interpolatie met behulp van uitvoer van het hydrologisch model wordt de nauwkeurigheid bepaald via het berekenen van *ME* en *SDE* uit kruisvalidatie, en kan de meeste geschikte methode op basis van *SDE* gekozen worden.

Tenslotte dient nog te worden opgemerkt dat het, gegeven de grote gemiddelde afstand tussen de locaties, heel goed mogelijk is dat er geen ruimtelijk verband tussen de waarnemingen (of residuen) op meetlocaties is aan te tonen. In dat geval kan kartering alleen als volgt:

- zonder hydrologisch model:
 - alle doelvariabelen, correlatie met (relatieve) maaiveldshoogte: via regressie, waarbij de nauwkeurigheid volgt uit *SDE* van de residuen van de regressie;
 - alle doelvariabelen, geen correlatie met (relatieve maaiveldshoogte): alleen kartering stratumgemiddelden via toepassing van vergelijkingen (1) en (3);
- met hydrologisch model:
 - GxG, natschade en doelrealisatie: direct uit voorspellingen hydrologisch model (+ eventuele nabewerkingen), waarbij de nauwkeurigheid volgt uit de *SDE* van de residuen;
 - concentraties: correlatie met één of meer modeluitvoervariabelen: via regressie, waarbij de nauwkeurigheid volgt uit *SDE* van de residuen van de regressie;
 - concentraties: geen correlatie met enige van de modeluitvoervariabelen: kartering stratumgemiddelden via toepassing van vergelijkingen (1) en (3).

Evaluatie kosten

De evaluatie van de kosten van het meetnet kan gebeuren met hetzelfde kostenmodel als gehanteerd in de ex-ante evaluatie in het volgende hoofdstuk, met dit verschil dat er in plaats van ingeschatte kosten echte kosten kunnen worden opgevoerd. Het verdient de aanbeveling om alle kosten die vanaf het begin van het project gemaakt zijn goed bij te houden en te rubriceren onder de posten zoals genoemd in hoofdstuk 6. Op deze wijze kan een kostenberekening snel worden gedaan volgens het model van de ex-ante evaluatie.

Conclusies uit evaluatie

Uit de evaluatie kunnen de volgende conclusies volgen:

1. zowel de nauwkeurigheid als de kosten zijn acceptabel. De conclusie is niets doen en verder meten;

2. de nauwkeurigheid is onvoldoende. De nauwkeurigheid moet worden verhoogd, maar wel met een zo gering mogelijk kostenstijging;
3. de kosten zijn te hoog. Er kan gekeken worden of er minder kan worden gemeten tegen een acceptabele afname van de nauwkeurigheid;
4. de nauwkeurigheid is net acceptabel of moet verbeterd moeten en de kosten zijn te hoog. In dit geval kan worden onderzocht of een gelijkwaardige of verbeterde nauwkeurigheid is te bereiken tegen geringere kosten.

In het geval van conclusies 2,3,4 moet gezocht worden naar een andere nauwkeurigheid-kostenratio. Deze kan o.a. beïnvloed worden door:

- op meer of minder locaties te meten;
- meer nauwkeurige of goedkopere meetmethoden te gebruiken;
- een ander monitoringontwerp toe te passen. Dit betekent wel dat locaties verplaatst moeten worden, hetgeen een groot nadeel is;
- het gebruik van betere of goedkopere hulpinformatie.

5.1.2.3 Modelvalidatie

De modelvalidatie gebeurt in eerste instantie voor de ingreep om na te gaan of het model op voldoende vertouwen kan rekenen om scenario's met maatregelen door te rekenen. Natuurlijk kan ook na de ingreep, aan het eind van de monitoringperiode (ca 2 jaar na ingreep) een nieuwe validatie volgen om te kijken of het model de nieuwe, gewenste, grondwatersituatie goed heeft voorspeld. Vervolgens kan het model opnieuw worden gecalibreerd (nu gebruik makend van alle grondwaterstands- en stijghoogtewaarnemingen) om eventuele verdere verbeteringen aan de waterhuishouding te plannen.

De feitelijke validatie gaat als volgt:

- kwantitatief: Bereken op elke locatie i in stratum h op basis van n_{hi} grondwaterstands- of stijghoogtewaarnemingen aldaar de gemiddelde fout (ME: bias), de wortel uit de gemiddelde kwadratische fout (RMSE: nauwkeurigheid) en standaardafwijking van de fout (SDE: precisie) als volgt:

$$ME_{hi} = \frac{1}{n_{hi}} \sum_{j=1}^{n_{hi}} (\tilde{h}_{hij} - h_{hij}) \quad (32)$$

$$RMSE_{hi} = \sqrt{\frac{1}{n_{hi}} \sum_{j=1}^{n_{hi}} (\tilde{h}_{hij} - h_{hij})^2} \quad (33)$$

$$SDE_{hi} = \sqrt{\frac{1}{n_{hi}} \sum_{j=1}^{n_{hi}} (\tilde{h}_{hij} - h_{hij} - ME_{hi})^2} \quad (34)$$

met \tilde{h}_{hij} en h_{hij} respectievelijk de met het model berekende en gemeten grondwaterstand of stijghoogte. De ME geeft aan of er sprake is van een systematische afwijking (bias) over de tijd op die locatie, de SDE geeft de grootte

van de toevallige fout (precisie) en de *RMSE* is een maat voor de totale fout (nauwkeurigheid). Vervolgens kunnen we per stratum de gemiddelden bepalen door toepassing van vergelijkingen (1) en (3) en voor het gehele gebied door toepassing van (2) en (4). Per stratum kan nu bekeken worden of de gemiddelde bias ME_h teveel afwijkt van 0. Per stratum kan ook worden bekeken of de twee maal de standaardfout $2 \cdot SDE_h$ groter is dan een relevant verschil Δh voor en na de ingreep wat je ten gevolge van maatregelen nog wilt kunnen hard maken met het model.

- kwalitatief: vergelijk per stratum de verblijftijden van het uittreden water zoals dat wordt berekend met het hydrologisch model met de gemiddelde chemische samenstelling van het water voor dat stratum en beoordeel of deze overeenkomen.

5.1.2.4 Schatten effecten maatregelen en vernattingschade landbouw

Voor en na ingreep worden de volgende stappen genomen:

1. op de meetlocaties worden berekend: GxG, realisatiegraad, natschade (landbouw), grondwaterkwaliteit (concentraties); alles zoals beschreven in 5.1.2.1;
2. schatting gemiddelde waarden per stratum:
 - a. bij ontbreken van een hydrologisch model toepassing regressieschatter met (relatieve) maaiveldshoogte als hulpvariabele: vergelijkingen (1), (6), (7) en (5) voor de schatting; vergelijking (8) voor de variantie;
 - b. bij aanwezigheid van een hydrologisch model: als hierboven, maar nu met hulpvariabelen GxG, realisatiegraad en natschade zoals berekend met het hydrologisch model;
 - c. bij gebrek aan correlatie tussen doelvariabele en enige hulpvariabele: toepassing van vergelijkingen (1) en (3) voor respectievelijk schatting en variantie;
3. schatting gebiedsgemiddelde waarde en schattingsvariantie met vergelijkingen (2) en (4).

Bovenstaande stappen geven stratum- en gebiedsgemiddelde waarden voor en na de ingreep. Om te toetsen of er een significante verandering is opgetreden gaat men als volgt te werk:

4. per meetlocatie worden uit stap 1 de verschillen in GxG, realisatiegraad, natschade (landbouw) en concentraties berekend. Het verschil in natschade voor en na is de zogenaamde vernattingschade;
5. Schatting gemiddelde waarden van verschillen per stratum:
 - a. bij ontbreken van een hydrologisch model toepassing regressieschatter met (relatieve) maaiveldshoogte als hulpvariabele: vergelijkingen (1), (6), (7) en (5) voor de schatting; vergelijking (8) voor de variantie;
 - b. bij aanwezigheid van een hydrologisch model: als hierboven, maar nu met hulpvariabelen verschillen in GxG, realisatiegraad en natschade voor en na de ingreep zoals berekend met het hydrologisch model;
 - c. bij gebrek aan correlatie tussen verschillen en enige hulpvariabele: toepassing van vergelijkingen (1) en (3) voor respectievelijk schatting en variantie.

6. Toetsen of verschillen per stratum significant zijn door toepassing van vergelijkingen (27) en (28).
7. Schatting gebiedsgemiddelde verschil en schattingsvariantie met vergelijkingen (2) en (4) en toetsen op een significant gebiedsgemiddeld verschil via vergelijkingen (27) en (28).

5.1.2.5 Kartering GxG, realisatiegraad, vernattingschade en concentraties

We verwijzen voor een beschrijving van de genoemde methoden (incl. referenties naar literatuur en software) naar paragraaf 5.1.2.2. Hier wordt slechts een korte determinatieboom gegeven om de juiste methodiek te kiezen. Onderstaande methoden worden voor en na de ingreep toegepast zodat twee kaartbeelden ontstaan.

Zonder hydrologisch model

- goede relatie met hulpinformatie en goede ruimtelijke correlatie van regressie-residuen: *regressie en residuele kriging* of *kriging met externe trend*;
- goede relatie met hulpinformatie maar geen ruimtelijke correlatie van regressie-residuen: *alleen regressie*;
- geen relatie met hulpinformatie maar wel een goede ruimtelijke correlatie van doelvariabelen: *ordinary kriging*;
- geen relatie met hulpinformatie en geen ruimtelijke correlatie van doelvariabelen: alleen kartering middels *stratumgemiddelden* mogelijk (zie 5.1.2.4).

In het geval dat de GxG wordt geïnterpoleerd middels *regressie en residuele kriging*, *kriging met externe trend* of *regressie* bevelen we aan om alleen de GxG op deze wijze te interpoleren en de realisatiegraad en vernattingschade direct uit de resulterende kaarten af te leiden; dit om onderling consistente kaarten te krijgen. In het geval dat de GxG wordt gekarteerd met *ordinary kriging* of via voorspelling met *stratumgemiddelden* is de *smoothing* zo groot dat het waarschijnlijk beter is om alle variabelen apart te interpoleren: minimalisatie van het *smoothingeffect* weegt dan zwaarder dan de interne inconsistentie van de resulterende kaarten.

Met een hydrologisch model

GxG, realisatiegraad landbouw en vernattingschade

1. kalibreer na validatie het hydrologisch model opnieuw op alle beschikbare gegevens (voor en na de ingreep), inclusief de stijghoogten van de validatiepunten;
2. bereken de GxG met het opnieuw gecalibreerde hydrologisch model;
3. bereken de residuen tussen de GxG op de meetpunten en die voorspeld met het model en gebruik *kriging van residuen* of *kriging met externe trend* om een verbeterde kaart van de GxG te maken. Als de residuen niet gecorreleerd zijn dan volgt de definitieve GxG-kaart uit stap 2;
4. bereken de realisatiegraad landbouw en vernattingschade (natschade na de ingreep minus natschade voor de ingreep) op basis van de gekarteerde GxG.

Grondwaterkwaliteit: concentraties

Hiervoor kunnen dezelfde methoden worden gebruikt als in het geval zonder hydrologisch model, met dat verschil dat nu naast maaiveldshoogten ook het stratumnummer en de gekarteerde GxG als hulpinformatie kunnen worden gebruikt.

Realisatiegraad natuur

Bereken de realisatiegraad natuur op basis van de gekarteerde GxG en de gekarteerde concentraties.

5.1.2.6 Mogelijkheid om oorzaken vernattingschade aan te geven

Deze stap kan alleen wanneer er een hydrologisch model beschikbaar is. Uitgangspunt is de vernattingschade zoals die door het opnieuw gekalibreerde hydrologisch model (zie 5.1.2.5) is berekend. Mogelijke oorzaken van vernattingschade kunnen worden vastgesteld via een gevoeligheidsstudie, waarin de vernattingschade die door het model is berekend opnieuw wordt berekend onder aan- en uitzetten van verschillende uitgevoerde maatregelen.

5.1.2.7 Evaluatie en bijsturing na vier jaar

Deze stap kan alleen wanneer er een hydrologisch model beschikbaar is. In dat geval kunnen bovenstaande bewerkingen en het hydrologisch model gebruikt worden om de Waternoodprocedure te evalueren en bij te sturen. Dit behelst de volgend stappen:

1. op het laagste ambitieniveau heeft er reeds een evaluatie plaatsgevonden door middel van het schatten en objectief toetsen van de effecten (GxG, realisatiegraad, vernattingschade, grondwaterkwaliteit) van maatregelen per stratum zoals beschreven in 5.1.2.4;
2. op een iets hoger ambitieniveau heeft er reeds een evaluatie plaatsgevonden door middel van het karteren van AGR (GxG), realisatiegraad en vernattingschade zoals beschreven in 5.1.2.5. De AGR en de realisatiegraad kunnen worden vergeleken met de GGR en de bijbehorende geplande realisatiegraad, waarna kan worden vastgesteld waar deze van elkaar verschillen;
3. op het hoogste ambitieniveau kan er een complete GD-kartering worden uitgevoerd, waarbij aanvullende gerichte opnamen worden gedaan en de grondwaterstandsbuizen uit het monitoringsysteem als *backbone* (kapstok) dienen. Op basis van de nieuwe AGR (de GD-kaart) kan de feitelijke doelrealisatie worden berekend en vergeleken met de GGR en de bijbehorende geplande realisatiegraad;
4. Als stap 3 wordt uitgevoerd dan kan het hydrologisch model verder worden gekalibreerd met behulp van de GD-kaart. Met hydrologisch model kunnen vervolgens scenario's worden doorgerekend die het gebied dichter bij de GGR of beoogde realisatiegraad moeten brengen (bijsturing).

5.1.3 Protocollen

We behandelen hier twee zaken: non-response en dataopslag.

Non-response

Er zijn twee gevallen van non-response te onderscheiden:

- 1) geselecteerde locaties kunnen nooit worden bemonsterd, bijvoorbeeld omdat er geen toestemming gegeven is om een buis te plaatsen, omdat een locatie niet geschikt is (bijv. langs een wegberm) of omdat een locatie niet bereikbaar is. In dat geval wordt een reservelocatie genomen. Een lijst van reservelocaties per stratum wordt gegeven in Bijlage 1;
- 2) geselecteerde locaties hebben ontbrekende waarnemingen op sommige bemonsteringstijdstippen. In dit geval vervalt voor dat tijdstip de waarneming. Verder geldt het volgende:
 - in het geval van reeksen (stijghoogte en grondwaterstand): Als waarnemingen nodig zijn voor het bepalen van een temporeel gemiddelde geldt dat als de lengte van gaten in de reeks $\leq 10\%$ reekslengte er opgevuld wordt door interpolatie in de tijd en als de gaten $> 10\%$ reekslengte de locatie vervalt.
 - In het geval van incidentele metingen (grondwaterkwaliteit): bij het ontbreken van waarnemingen op een locatie vervalt de locatie.

Dataopslag

Per locatie wordt de volgende informatie opgeslagen (in Excel, ASCII of Dbase):

- locatiecode;
- x-,y-coördinaten (m RDM);
- z-coördinaat (cm NAP);
- code buis: 1,2 of 3 (zie 5.1.1);
- textuurbeschrijving;
- C/N, C/P_{org}, P_{anorg}/P_{tot} en Ca_s/CEC bovengrond;
- C-waarde (als bepaald);
- Grondwaterstanden:
 - buis/filternummer (TNO-code);
 - datum installatie;
 - bovenkant buis (cm NAP)
 - boven en onderkant filter grondwaterstandsbuis (cm NAP);
 - meetmethode;
 - standen: datum, tijd, waarneming;
- stijghoogten:
 - buis/filternummer (TNO-code);
 - datum installatie;
 - bovenkant buis (cm NAP)
 - boven en onderkant filter grondwaterstandsbuis (cm NAP);
 - meetmethode;
 - standen: datum, tijd, waarneming;

- grondwaterkwaliteit:
 - buis/filternummer (TNO-code);
 - per stof de bepalingmethode
 - waarnemingen: datum, tijd, : pH, Ca, Cl, EGV, Redoxpotentiaal, SO₄, HCO₃, Mg, Na, K.

Alle missende waarnemingen krijgen code –9999.

5.2 Oppervlaktewater

5.2.1 Ontwerp

Het betreft hier drie soorten variabelen: debieten, waterdiepten en concentraties: EGV, O₂, chloride, calcium, ammonium, nitraat en fosfaat. Het is zinvol om onderscheid te maken in de volgende soorten van metingen: debieten, oppervlaktewaterkwaliteit op vaste locaties, oppervlaktewaterkwaliteit en waterdiepte in het gebied.

5.2.1.1 Debieten

Wat en hoe te meten

Debieten worden gemeten op locaties met vaste stuwen. Op deze locaties wordt met een drukmechanisme continue de waterhoogte h net bovenstrooms van de stuw gemeten in een zogenaamde *stilling well* en met behulp van een stuwformule $Q = ah^b$ het debiet bepaald en opgeslagen in een datalogger.

Waar te meten

Het opnieuw vaststellen van de locaties van stuwen valt niet onder dit monitoringontwerp. Er wordt uitgegaan van de bestaande locaties van vaste meetstuwen zoals weergegeven in Figuur 8.

Wanneer te meten

Met behulp van de drukmeter en de datalogger kan bijna continue worden gemeten. Om ruis ten gevolge van golfslag e.d.. uit te middelen worden meestal gemiddelde debieten voor stappen van een kwartier opgeslagen.

5.2.1.2 Oppervlaktewaterkwaliteit op vaste locaties

Wat en hoe te meten

Op een aantal vaste locaties worden watermonsters genomen en geanalyseerd in het laboratorium op de volgende parameters: EGV, Cl, Ca, NH₄, NO₃ en PO₄, totaal N en totaal P. Voor voorschriften over monsternamen, het bewaren van monsters en laboratoriumanalyses wordt o.a. verwezen naar Kemmers e.a. (1995). Tegelijkertijd worden de volgende parameters met de Hydrion-10 sonde bepaald: EGV, Ph, Cl, Ca, NH₄, NO₃, en O₂ met een O₂-sonde.

Waar te meten

Op de locaties van de meetstuw (net voor de meetstuw), in waterlopen net stroomafwaarts van waterinlaatpunten en op locaties die nu reeds als vaste locaties voor waterkwaliteitsmetingen worden gebruikt (zie Figuur 8).

Wanneer te meten

Tenminste vier maal per jaar. In ieder geval op het moment van GVG en GLG wanneer grondwaterkwaliteit wordt bepaald en de oppervlaktewaterkwaliteit en waterdiepte in het gebied wordt bemonsterd. Verder op twee tussenliggende tijdstippen. Door vier maal per jaar te meten kan op vier tijdstippen in het jaar de vracht worden geschat. De correlatie tussen concentratie of vracht en afvoer kan dan op basis van twee jaar meten (8 waarnemingen) bij benadering worden vastgesteld om te komen tot een redelijke schatting van jaarvrachten. Jaarvrachten zijn belangrijk in verband met de stoffenbalans van het stroomgebied van een afvoerlocatie.

5.2.1.3 Oppervlaktewaterkwaliteit en waterdiepte in het gebied

Het betreft hier de halfjaarlijkse steekproef op oppervlaktewaterkwaliteit en waterdiepte zoals reeds grotendeels beschreven in paragraaf 4.2.

Wat en hoe te meten

Het doel is de gemiddelde waterdiepte en gemiddelde concentratie van opgeloste stoffen voor een geloot waterlooppand te bepalen. Per pand is een aantal profielen geloot. Er wordt in het pand stroomopwaarts gelopen langs de gelote profielen van het pand.

1. met een aparte O₂-sonde wordt de O₂-concentratie gemeten door deze midden in de waterloop neer te laten;
2. vervolgens wordt op dezelfde locatie een watermonster genomen. Dit moet voor elk profiel een even groot (gelijk volume) monster zijn;
3. vervolgens wordt met een peilstok de waterdiepte gemeten op respectievelijk 3, 5 en 7 locaties voor orde 1, 2 en 3 waterlopen regelmatig verdeeld over het profiel.

Nadat alle profielen in het pand bezocht zijn:

4. alle gemeten O₂-concentraties worden gemiddeld om tot een gemiddelde O₂-concentratie voor het pand te komen;
5. alle gemeten waterdiepten worden gemiddeld om tot een gemiddelde waterdiepte voor het pand te komen;
6. alle watermonsters worden in 1 vat gemengd tot een mengmonster. Van dit monster wordt met de Hydrion-10 sonde de volgende concentraties bepaald (welke gemiddelde concentraties zijn voor het pand): EGV, Ph, Cl, Ca, NH₄, NO₃. Wanneer deze beschikbaar zijn kan op termijn ook met sondes PO₄ en SO₄ worden gemeten.

Waar te meten

Figuur 9 toont de gekozen panden verdeeld over orden 1, 2 en 3. De stratificatie naar watertypen en waterlooppanden is te zien in Figuren 4 en 5. In de tabel in Bijlage

2 staat de volledige informatie van de gekozen panden, alsmede reservepanden per stratum. Dus per watertype, per orde waterloop:

- totaal aantal panden in het stratum;
- aantal gelote panden;
- per geloot pand: nummer (overeenkomend met ARC/VIEW bestand) oppervlakte, aantal profielen, coördinaten van de profielen;
- idem voor de gelote reservepanden.

Wanneer te meten

Gemeten wordt wanneer de grondwaterstand op GVG-niveau is (maart-april) en wanneer deze op GLG-niveau is (augustus-september), dus in dezelfde periode als de grondwaterkwaliteit wordt bepaald. In subsubparagraaf 5.1.1.4. wordt uiteengezet op welke wijze het moment van GVG/GLG kan worden vastgesteld.

5.2.2 Verwerking metingen

In deze subparagraaf beschrijven we hoe we de gemeten variabelen kunnen verwerken tot doelvariabelen en doelgrootheden. Hierbij gaan we uit van de doelstellingen van het monitoringsysteem.

5.2.2.1 Berekening op locaties

Het berekenen van gemiddelde waarden per pand is reeds beschreven in paragraaf 4.2:

- gemiddeld O₂-gehalte met vergelijking (11);
- gemiddelde waterdiepte met vergelijking (12);
- gemiddelde concentraties EGV, Ph, Cl, Ca, NH₄, NO₃ direct met Hydrion-10 sonde en eventueel PO₄ en SO₄ met aparte sondes als deze reeds zijn ontwikkeld.

5.2.2.2 Evaluatie monitoringsysteem na 1 jaar

Toetsen relevante verschillen

1. bereken voor elk stratum (combinatie watertype en orde van waterloop) hk het stratumgemiddelde met vergelijking (13) en bepaal de steekproefvariantie met

$$s_{hk}^2 = \frac{1}{(n_{hk} - 1)} \sum_{i=1}^{n_{hk}} (\hat{z}_{hki} - \hat{\bar{z}}_{hk})^2 ; \quad (35)$$

2. bepaal voor elk stratum het relevante verschil $\Delta\bar{z}_{hk}$ voor en na de ingreep dat men nog wil kunnen aantonen;
3. evalueer met behulp van Figuur 7 of er voldoende panden per stratum zijn geloot;

Schatten van gemiddelden per watertype en waterloop orde

1. schat met behulp van (15) en (16) de gemiddelde concentratie \bar{z}_h per watertype h en de bijbehorende schattingsvariantie $V(\hat{z}_h)$;
2. bereken de relatieve fout $\sqrt{\hat{V}(\hat{z}_h)} / |\hat{z}_h|$ en bekijk of deze kleiner is dan 10%.
3. schat met behulp van (17) en (18) de gemiddelde concentratie \bar{z}_G voor het gebied en de bijbehorende schattingsvariantie $V(\hat{z}_G)$;
4. bereken de relatieve fout $\sqrt{\hat{V}(\hat{z}_G)} / |\hat{z}_G|$ en bekijk of deze kleiner is dan 10%.
5. schat met behulp van (19) en (20) de gemiddelde waterdiepte \bar{z}_k per orde waterloop k en de bijbehorende schattingsvariantie $V(\hat{z}_k)$;
6. bereken de relatieve fout $\sqrt{\hat{V}(\hat{z}_k)} / |\hat{z}_k|$ en bekijk of deze kleiner is dan 10%.

Evaluatie kosten

Net zoals bij het grondwater kunnen we gebruik maken van hetzelfde kostenmodel dat gebruikt is in de ex-ante evaluatie in hoofdstuk 6.

Conclusies uit evaluatie

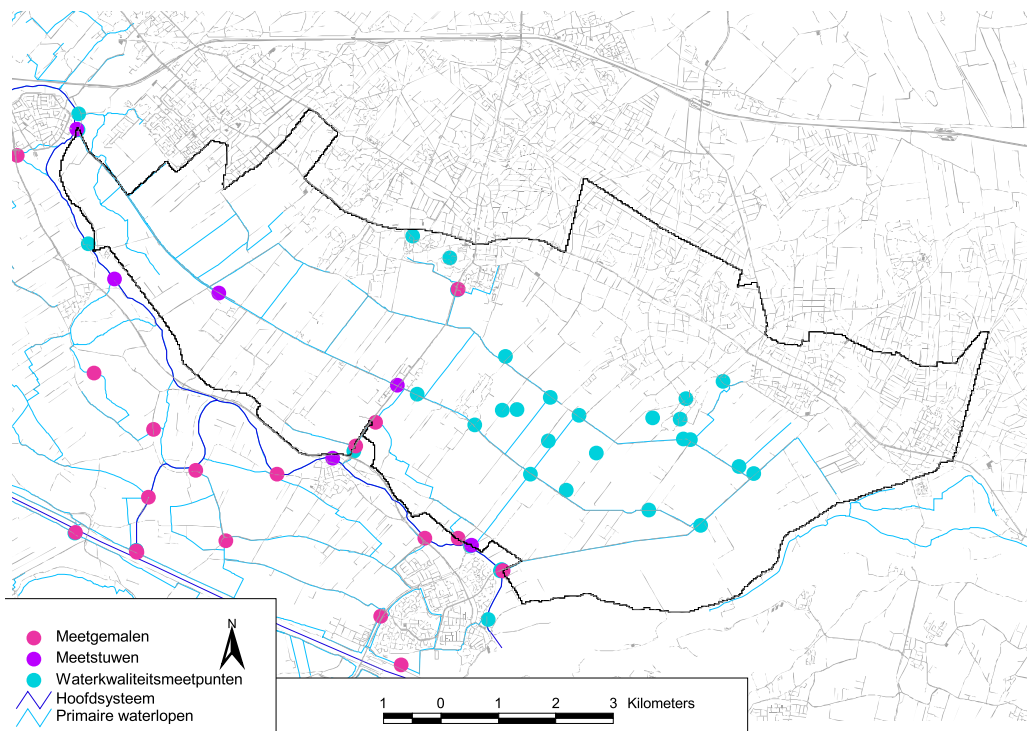
Voor een opsomming van de conclusies die uit de evaluatie getrokken kunnen worden, alsmede van de daarbij behorende acties verwijzen we naar subsubparagraaf 5.1.2.2.

5.2.2.3 Modelvalidatie

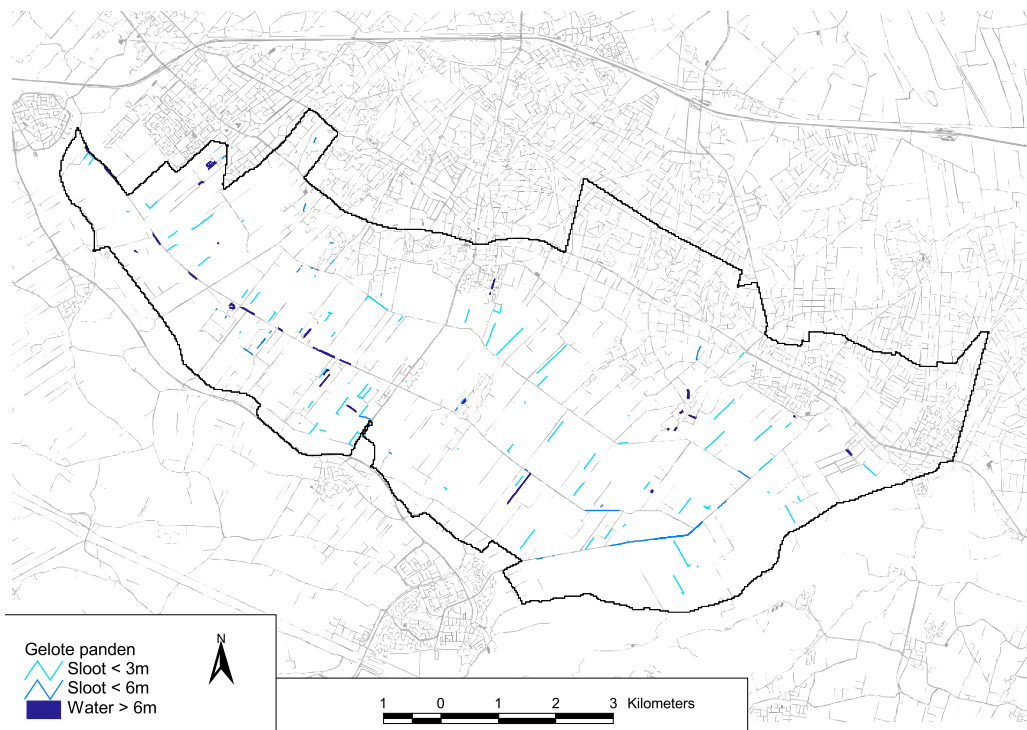
Met Q_k het gemeten debiet op tijdstap k , \tilde{Q}_k het debiet berekend met het hydrologisch model, \bar{Q} het gemiddelde debiet over de meetperiode met K metingen wordt de volgende statistische grootte berekend:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{k=1}^K (Q_k - \tilde{Q}_k)^2}{\sum_{k=1}^K (Q_k - \bar{Q})^2} \quad (36)$$

We spreken van een voldoende mate van model *performance* wanneer de fractie verklaarde variantie $R^2 \geq 0.7$.



Figuur 8 Locaties meetstuwen, waterinlaatgemalen, wateruitlaatgemalen en overige vaste locaties voor waarnemingen oppervlaktewaterkwaliteit.



Figuur 9 Gelote oppervlaktewaterpanden van orde 1, 2 en 3.

5.2.2.4 Schatten effecten maatregelen

Effect op het afvoerregime

Bereken met het gekijkte hydrologisch model op de locaties van de gemeten debieten 30 jaar dagafvoeren voor de situatie voor en na de ingreep (beide situaties verschillen in het waterhuishoudkundig systeem) maar wel met dezelfde meteoreeks als invoer (om het effect van het weer er uit te filteren). Bereken voor en na de ingreep de volgende statistieken:

- de total afvoer;
- de afvoerduurlijn. Deze geeft het aantal dagen per jaar dat een zekere afvoer wordt overschreden. Deze kan eenvoudig worden berekend door alle K etmaalafvoeren ($K \gg 365$) van groot naar klein te ordenen. De overschrijdingsduur in dagen per jaar voor de k de afvoer in de geordende rij $k = 1, \dots, K$ wordt dan geschat door:

$$D = \frac{365.25k}{K + 1} \quad (37)$$

De maatgevende afvoer is de afvoer met een overschrijdingsduur van 1 dag per jaar (dus volgnummer $k = (K+1)/365.25$);

- De afvoerregimecurve. Deze wordt op dezelfde wijze berekend als de grondwaterregimecurve (zie Finke e.a. 2001) en geeft per dag de gemiddelde afvoer (gemiddeld over 30 jaar), alsmede de grenzen waar 95% van de afvoeren op die dag tussen zitten;
- *time to peak*. In de afvoerhydrologie is dit de tijd tot de piek van de zogenaamde eenheidshydrograaf (*unit hydrograph*) die de reactie van een stroomgebied op een eenheidsinput (meestal 1 mm over het gehele stroomgebied) van neerslag geeft. De *time to peak* geeft dus aan hoe snel een stroomgebied reageert op een neerslaggebeurtenis. De gemiddelde responstijd hangt af van de gemiddelde berging (natheid) in het gebied en de mate van drainage, en kan dus door maatregelen zijn veranderd. Om de gemiddelde responstijd te bepalen kan men op basis van de 30 jaar gegenereerde afvoerreeksen en de bijbehorende neerslagoverschotreeksen de eenheidshydrograaf van het stroomgebied van een afvoermeetpunt voor en na de ingreep schatten. Hieruit volgt dan de *time to peak* voor en na. Voor het afleiden van een eenheidshydrograaf uit neerslag- en afvoerreeksen verwijzen we naar de standaard hydrologische literatuur (Dooge, 1973; Shaw, 1983)

Vershillen in statistieken voor en na de ingreep kunnen worden vastgesteld. In het algemeen zullen op basis van 30 jaar dagafvoeren de statistieken betrekkelijk nauwkeurig geschat worden, zodat men zich niet al te druk zal hoeven te maken over de significantie van opgemerkte verschillen. Alleen de vraag of een vastgesteld verschil in maatgevende afvoer of *time to peak* relevant is behoeft dan beantwoord te worden.

Effect op oppervlaktewaterkwaliteit op permanente meetpunten

De verwerking van meetgegevens op de permanente meetpunten (afvoermeetpunten, waterinlaatpunten en huidige vaste locaties waterkwaliteit) bestaat uit het berekenen van de gemiddelde concentratie op GVG- en GLG-niveau van alle gemeten stoffen voor de meetperioden voor en na ingreep⁵. Als ook de afvoer (en waterinlaat) wordt gemeten kunnen vrachtschattingen per jaar t.b.v. de stoffenbalans worden gemaakt.

Effect op oppervlaktewaterkwaliteit in het gebied

De berekening en toetsing van de waterkwaliteitparameters in het gebied gaat als volgt:

1. per pand wordt de gemiddelde concentratie en waterdiepte voor een meetronde berekend volgens de beschrijving in 5.2.2.1;
2. de waarden uit alle meetronden op GVG-niveau voor de ingreep worden gemiddeld om voor elk pand een gemiddelde waarde op GVG-niveau voor de ingreep te krijgen³. Op vergelijkbare wijze worden per pand gemiddelde waarden op GLG-niveau voor de ingreep verkregen;
3. de waarden uit alle meetronden op GVG-niveau na de ingreep worden gemiddeld om voor elk pand een gemiddelde waarde op GVG-niveau na de ingreep te krijgen³. Op vergelijkbare wijze worden per pand gemiddelde waarden op GLG-niveau na de ingreep verkregen;
4. bereken per pand de verschillen in waarden voor en na de ingreep voor GVG- en GLG-niveau.

In het navolgende wordt met de variabele $z_{(1)}$ en $z_{(2)}$ de waarde van de concentratie of de waterdiepte (op GVG- of GLG-niveau) respectievelijk voor en na de ingreep bedoeld. We gebruiken Δz voor het verschil tussen de concentratie of de waterdiepte na en voor de ingreep (op GVG- of GLG-niveau): $\Delta z = z_{(2)} - z_{(1)}$. De volgende stappen worden herhaald per stratum (watertype of orde) en gedaan voor zowel de waarden op GVG- en GLG-niveau:

5. schat met behulp van (15) en (16) de gemiddelde concentratie $\bar{z}_{h(1)}$ per watertype h en de bijbehorende schattingsvariantie $V(\hat{\bar{z}}_{h(1)})$ voor de ingreep;
6. schat met behulp van (15) en (16) de gemiddelde concentratie $\bar{z}_{h(2)}$ per watertype h en de bijbehorende schattingsvariantie $V(\hat{\bar{z}}_{h(2)})$ na de ingreep;
7. schat met behulp van (15) en (16) het gemiddelde verschil in concentratie $\bar{\Delta z}_h$ na en voor de ingreep per watertype h en de bijbehorende schattingsvariantie $V(\hat{\bar{\Delta z}}_h)$;
8. evalueer met behulp van de schatting $\hat{\bar{\Delta z}}_h$ en de geschatte schattingsvariantie $\hat{V}(\hat{\bar{\Delta z}}_h)$ de toestingsgroottheid (27) en kijk met (28) of er sprake is van een significante verandering in gemiddelde concentratie voor watertype h ;

⁵ Eventuele correctie voor afvoer/neerslagoverschot zou mogelijk kunnen zijn om een schatting van langjarige gemiddelden te krijgen.

9. schat met behulp van (17) en (18) de gemiddelde concentratie $\bar{z}_{G(1)}$ voor het gebied en de bijbehorende schattingsvariantie $V(\hat{\bar{z}}_{G(1)})$ voor de ingreep;
10. schat met behulp van (17) en (18) de gemiddelde concentratie $\bar{z}_{G(2)}$ voor het gebied en de bijbehorende schattingsvariantie $V(\hat{\bar{z}}_{G(2)})$ na de ingreep;
11. schat met behulp van (17) en (18) het gemiddelde verschil in concentratie $\bar{\Delta z}_G$ na en voor de ingreep voor het gebied en de bijbehorende schattingsvariantie $V(\hat{\bar{\Delta z}}_G)$;
12. evalueer met behulp van de schatting $\hat{\bar{\Delta z}}_G$ en de geschatte schattingsvariantie $\hat{V}(\hat{\bar{\Delta z}}_G)$ de toestingsgrootheid (27) en kijk met (28) of er sprake is van een significante verandering in gemiddelde concentratie voor het gebied;
13. schat met behulp van (19) en (20) de gemiddelde waterdiepte $\bar{z}_{k(1)}$ per orde waterloop k en de bijbehorende schattingsvariantie $V(\hat{\bar{z}}_{k(1)})$ voor de ingreep;
14. schat met behulp van (19) en (20) de gemiddelde waterdiepte $\bar{z}_{k(2)}$ per orde waterloop k en de bijbehorende schattingsvariantie $V(\hat{\bar{z}}_{k(2)})$ na de ingreep;
15. schat met behulp van (19) en (20) het gemiddeld verschil in waterdiepte $\bar{\Delta z}_k$ na en voor de ingreep per orde waterloop k en de bijbehorende schattingsvariantie $V(\hat{\bar{\Delta z}}_k)$;
16. evalueer met behulp van de schatting $\hat{\bar{\Delta z}}_k$ en de geschatte schattingsvariantie $\hat{V}(\hat{\bar{\Delta z}}_k)$ de toestingsgrootheid (27) en kijk met (28) of er sprake is van een significante verandering in waterdiepte voor waterlopen van orde k .

5.2.3 Protocollen

Net zoals bij het grondwater spelen hier twee zaken: non-response en dataopslag.

Non-response

Er zijn twee gevallen van non-response te onderscheiden:

1. geselecteerde panden kunnen nooit worden bemonsterd, bijvoorbeeld omdat er geen toestemming gegeven is om op het land te komen of omdat een locatie niet bereikbaar is. In dat geval wordt het eerstvolgende reservepand genomen. Een lijst van reservepanden per stratum wordt gegeven in Bijlage 2;
2. geselecteerde locaties of panden hebben ontbrekende waarnemingen op sommige bemonsteringstijdstippen. In dit geval vervalt voor dat tijdstip de waarneming. Verder geldt het volgende:
 - in het geval van reeksen op vaste locaties (debieten bij meetstuwen): als waarnemingen nodig zijn voor het bepalen van een temporeel gemiddelde geldt dat als de lengte van gaten in de reeks $\leq 10\%$ reekslengte er opgevuld

wordt door interpolatie in de tijd en als de gaten > 10% reekslengte de locatie vervalt.

- In het geval van incidentele metingen (grondwaterkwaliteit): als er geen waarnemingen op een locatie zijn genomen vervalt de locatie of pand.

Dataopslag (in Excel, ASCII of Dbase):

Oppervlaktewaterkwaliteit in het gebied, per pand:

- pandcode;
- orde waterloop (stratum);
- watertype (stratum);
- pandoppervlak;
- aantal secties;
- x-,y-coördinaten secties;
- meetmethoden (per variabele);
- per sectie:
 - x-,y-coördinaten;
 - waarnemingen: datum, tijd, O₂-gehalte, waterdiepten (3, 5 of 7 waarnemingen);
- hele pand: gemiddelden: datum, tijd, GVG of GLG, EGV, Ph, Cl, Ca, NH₄, NO₃, O₂, waterdiepte.

Debieten op vaste locaties meetstuwen:

- code meetstuw;
- datum installatie;
- stuwformule + parameters;
- NAP-hoogte(n) stuwkruin;
- debieten: datum, tijd, overstorthoogte (aparte code als verdrongen), debiet.

Debieten bij gemalen (incl. waterinlaatpunten):

- code gemaal;
- datum installatie;
- code: inlaat of uitlaat;
- parameters: capaciteit (per omwenteling of per draaiuur), minimale/maximale opvoerhoogte, energieverbruik per omwenteling;
- debieten: datum, tijd, electriciteitsgebruik of draaiuren.

Oppervlaktewaterkwaliteit op vaste locaties:

- code meetpunt;
- x-,y-coördinaten meetpunt;
- code gemaal of stuw als het punt daarbij hoort;
- meetmethoden;
- waarnemingen laboratorium: datum, tijd, GVG of GLG of daartussen, EGV, Ph, Cl, Ca, NH₄, NO₃, PO₄.
- waarnemingen Hydrion-10: datum, tijd, GVG of GLG of daartussen, EGV, Ph, Cl, Ca, NH₄, NO₃, O₂.

Alle missende waarnemingen krijgen code -9999.

6 Ex-ante evaluatie monitoringsysteem

In dit laatste hoofdstuk wordt geprobeerd van te voren een inschatting te maken van de te bereiken nauwkeurigheid en de kosten van het monitoringsysteem.

6.1 Nauwkeurigheid

De nauwkeurigheid van zowel het schatten van stratumgemiddelden als het voorspellen van waarden op onbezochte locaties via geostatistische interpolatie hangt af van de waarnemingsdichtheid, de grootte van de variatie van de variabele in kwestie en van de mate van ruimtelijke correlatie van de variabele. De laatste twee kenmerken worden samengevat in het zogenaamde semivariogram. Semivariogrammen van de variabelen die bepaald zullen worden zijn van te voren niet bekend. Voor het proefgebied De Leijen (Finke e.a., 2001) hebben we echter de beschikking over semivariogrammen van de volgende variabelen: GHG, GVG, GLG, realisatiegraad landbouw, realisatiegraad natuur, natschade landbouw. Voor deze variabelen is het op basis van deze semivariogrammen mogelijk een inschatting te maken van:

- de standaardafwijking van de fout in de schatting van een stratumgemiddelde als functie van stratumoppervlak en stratumvorm en het aantal locaties in het stratum;
- de gemiddelde standaardafwijking van de interpolatiefout (dit is de wortel uit de krigingvariantie) als functie van het aantal waarnemingen in het gebied.

Voor de overige variabelen (concentraties voor grondwaterkwaliteit en oppervlakte-waterkwaliteit en waterdiepte) is het bij gebrek aan semivariogrammen niet mogelijk om vooraf een inschatting te maken van de nauwkeurigheid. We beperken ons dus alleen tot bovengenoemde variabelen die allen betrekking hebben op het grondwatergedeelte van het monitoringsysteem.

Bij de berekening van de standaardafwijkingen van de schattingsfouten van ruimtelijke gemiddelden gaan we uit van een enkelvoudig aselechte steekproef per stratum. Bij de berekening van de gemiddelde standaardafwijking van de interpolatiefout is aangenomen dat de locaties gelijkmatig over het gebied zijn verspreid op basis van grid sampling. Er wordt gebruikt gemaakt wordt van *ordinary* kriging, dus wordt er nog geen rekening gehouden met hulpinformatie. Daarom zullen schattingen van de nauwkeurigheden waarschijnlijk aan de voorzichtige kant zijn.

6.1.1 De nauwkeurigheid van stratum- en gebiedsgemiddelden

De eerste stap in het bepalen van de standaardafwijking van de schattingsfout van stratum- en gebiedsgemiddelden is het bepalen van semivariogrammen. Op basis van de gridbestanden van GxG, realisatiegraad natuur en landbouw en landbouwnatschade van de Waterloodstudie De Leijen (Finke e.a., 2001) zijn

semivariogrammen van deze variabelen geschat. Hierbij zijn niet de totale gridbestanden gebruikt (ca 130000 pixels), maar een representatieve steekproef van ca 8500 locaties waarin zowel de korte- als de langeafstandsvariatie goed is vertegenwoordigd. De steekproef is noodzakelijk omdat het schatten van semivariogrammen op basis alle pixels in verband met rekentijden ondoenlijk is.

Om het semivariogram te gebruiken voor het schatten van de variantie binnen een stratum (als ook voor kriginginterpolatie) moet er een zogenaamde geoorloofde continue functie worden aangepast aan het experimentele semivariogram. In dit geval is hiervoor een combinatie van een *nugget* en exponentieel model gebruikt (zie Goovaerts, 1997). Dit betekent dat de semivariantie γ tussen twee locaties die op een afstand $s = |\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1|$ (ook wel “lag” geheten) van elkaar liggen wordt gemodelleerd als:

$$\gamma(s) = \begin{cases} 0 & s = 0 \\ c_0 + c \cdot \exp(-s/a) & s > 0 \end{cases} \quad (38)$$

Afbeeldingen van de experimentele semivariogrammen en de aangepaste functies zijn te zien in Bijlage 3. Tabel 4 geeft de parameters van de aangepaste functies.

Tabel 4 Parameters van aangepaste semivariogrammodellen (nugget en exponentieel model) voor geschatte experimentele semivariogrammen uit de Waterloodstudie De Leijen.

Variabele	c_0	c	a (m)
GHG (cm)	10.6	190	728
GVG (cm)	6.23	266	665
GLG (cm)	50.5	1846	1815
Realisatiegraad natuur	0.0100	0.233	437
Realisatiegraad landbouw	0.00150	0.00479	396
Natschade landbouw (%)	12.0	53.1	432

Als het semivariogram γ_h voor een bepaald stratum h bekend is, dan kan, onder bepaalde veronderstellingen⁶, de variantie σ_h^2 van variabele binnen het stratum h worden geschat door de volgende integraal

$$\hat{\sigma}_h^2 = \frac{1}{A_h^2} \int_{\mathbf{x}_2 \in \Omega_h} \int_{\mathbf{x}_1 \in \Omega_h} \gamma_h(|\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1|) d\mathbf{x}_1 d\mathbf{x}_2 \quad (39)$$

Hierin staat Ω_h voor alle mogelijke coördinaten in het vlak die deel uitmaken van het stratum en A_h voor het stratumoppervlak. In de praktijk benaderen we bovenstaande integraal door de een groot aantal (zeg 10000) puntenparen binnen het stratum h te loten, voor elk puntenpaar de semivariantie met (38) te berekenen en semivarianties voor alle (10000) gelote puntenparen te middelen. Tabel 5 geeft voor elk stratum de geschatte varianties voor de 6 beschouwde variabelen. Ook de

⁶ Voor wie geïnteresseerd is: de veronderstelling is dat de waarden van de variabele binnen het stratum de neerslag zijn van een zogenaamd nulde orde intrinsiek stochastisch proces.

variantie voor het gehele gebied wordt gegeven. Deze kan als volgt berekend worden uit de stratumvarianties:

$$\hat{\sigma}_G^2 = \frac{1}{A_G^2} \sum_{h=1}^H A_h^2 \hat{\sigma}_h^2 \quad (40)$$

Tabel 5 Geschatte varianties van 6 variabelen binnen de onderscheiden strata. Stratumcodes: lb - landbouw, gwn - grondwaterafhankelijke natuur, ovr - overige natuur, abn# - aandachtsgebied natuur (# nummer), kw - kweel, imd - intermediair, inf - infiltratie. Totaal abn betreft de goedkope optie waarbij de aandachtsgebieden natuur worden samengenomen.

Stratum	A_h	GHG	GVG	GLG	R natuur	R landbouw	Natschade
lb-inf	1641.375	190.95	260.26	1601.88		0.006187	63.796
ovr-inf	930.625	182.25	249.26	1428.29	0.23148		
ovr-imd/kw	30.688	178.62	243.77	1440.83	0.22562		
lb-kw	1438.813	186.94	255.28	1511.93		0.006143	63.251
lb-imd	1142.938	187.81	256.27	1537.80		0.006147	63.303
gwn-inf	160.75	174.89	238.54	1414.87	0.22193		
gwn-kw	135.938	156.43	215.80	1032.13	0.21232		
gwn-imd	75.875	174.98	238.63	1399.47	0.22111		
abn1	32.375	110.28	153.10	564.14	0.16771		
abn2	78.438	129.61	180.09	707.59	0.18930		
abn3	125.688	133.18	185.19	729.40	0.19384		
abn4	9.25	75.35	103.19	346.61	0.12269		
abn5	80.063	127.37	176.87	695.18	0.18637		
abn6	292.875	166.93	230.00	1113.05	0.22178		
Totaal abn	618.689	157.53	217.45	1010.03	0.21369		
Totaal gebied	6175.691	187.44	255.82	1530.76	0.22885	0.006163	63.504

De standaardafwijking van de schattingsfout in het stratumgemiddelde voor n_h waarnemingen kan nu eenvoudig worden geschat via:

$$S(\hat{z}_h) \equiv \sqrt{V(\hat{z}_h)} = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_h^2}{n_h}} \quad (41)$$

Met behulp van Tabel 5 en vergelijking (41) zou men dus tevoren een inschatting kunnen maken hoeveel waarnemingen nodig zijn om een bepaalde minimale nauwkeurigheid te garanderen. Andersom kunnen we op deze wijze een inschatting maken van de nauwkeurigheid van het huidige steekproefontwerp. In tabel 6 worden de verwachte nauwkeurigheden in de vorm van de voorspelde standaardafwijking van de schattingsfout gegeven.

Tabel 6 Geschatte standaardafwijkingen van schattingsfouten van stratumgemiddelden voor 6 variabelen. Stratumcodes: zie tabelopschrift Tabel 5. Totaal abn betreft de goedkope optie waarbij de aandachtsgebieden natuur worden samengenomen. Voor het gehele gebied is de goedkope (g) en de duurdere (d) optie berekend. De getallen voor de niet aandachtsgebieden zijn gebaseerd op het aantal locaties geloot onder de duurdere optie.

Stratum	GHG (cm)	GVG (cm)	GLG (cm)	R landb.	R natuur	Natschade (%)
lb-inf	8.0	9.3	23.1		0.0454	4.61
ovn-inf	5.5	6.4	15.4	0.196		
ovn-imd/kw	5.5	6.4	15.5	0.194		
lb-kw	7.9	9.2	22.4		0.0453	4.59
lb-imd	7.9	9.2	22.6		0.0453	4.59
gwn-inf	5.4	6.3	15.4	0.192		
gwn-kw	5.6	6.6	14.4	0.206		
gwn-imd	5.9	6.9	16.7	0.210		
abn1	4.7	5.5	10.6	0.183		
abn2	5.1	6.0	11.9	0.195		
abn3	5.2	6.1	12.1	0.197		
abn4	5.0	5.9	10.7	0.202		
abn5	5.0	5.9	11.8	0.193		
abn6	5.8	6.8	14.9	0.211		
Totaal abn	4.7	5.6	12.0	0.175		
Tot. geb. (d)	1.7	2.0	4.9	0.059	0.0097	0.99
Tot. geb. (g)	1.9	2.3	5.5	0.068	0.0111	1.13

6.1.2 De nauwkeurigheid van geïnterpoleerde waarden op een punt

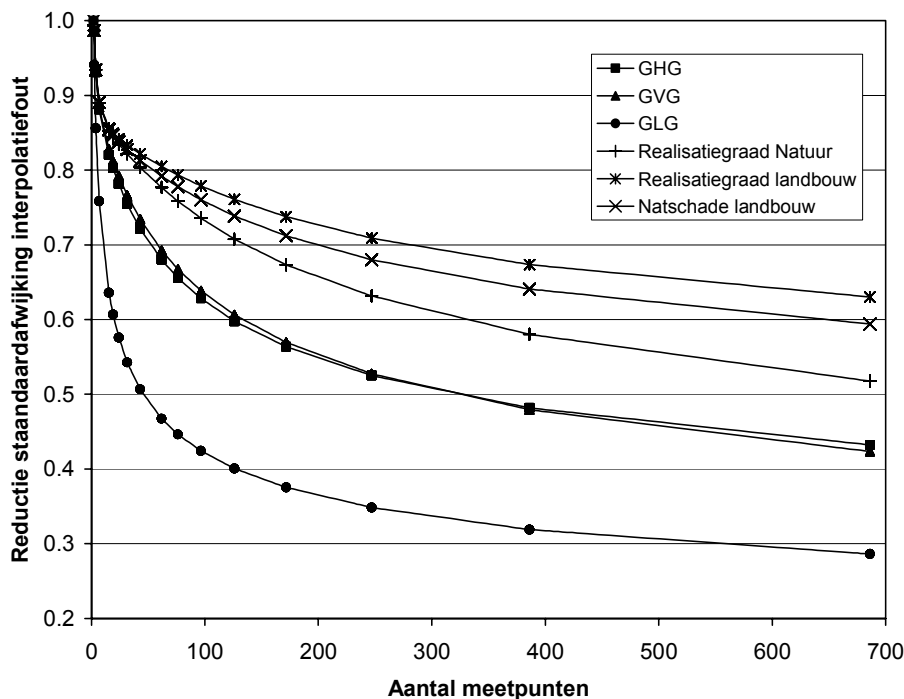
Met het semivariogram kan ook geschat worden wat de maximale interpolatiefout is als we met behulp van *ordinary* kriging-interpolatie de waarde van een variabele op een onbezochte locatie voorspellen. Hierbij wordt er van uitgegaan dat de locaties regelmatig over het gebied (in een vierkant grid) zijn verdeeld. In Tabel 7 staan de geschatte (maximale) standaardafwijkingen van de interpolatiefout als we maar 2 waarnemingen zouden hebben (dit is het minimaal aantal nodig om *ordinary* kriging toe te passen). Figuur 10 toont voor elk van de 6 variabelen de reductiefactor van de standaardafwijking als functie van het aantal waarnemingen in het gebied. Dus om de gemiddelde standaardafwijking van de fout in kriginginterpolatie te schatten moet de reductiefactor uit Figuur 10 worden vermenigvuldigt met bijbehorende waarde in Tabel 7. Op deze wijze zijn voor de waarnemingsdichtheden van de goedkope (50 waarnemingen) en de dure optie (65 waarnemingen) de standaardafwijkingen van de interpolatiefouten voorspeld. De resultaten staan in Tabel 8.

Tabel 7 Geschatte maximale standaardafwijkingen van de *ordinary*-kriginginterpolatiefout voor 6 variabelen wanneer slechts op twee locaties is waargenomen.

Variabele	Geschatte standaardafwijking
GHG (cm)	16.8
GVG (cm)	19.6
GLG (cm)	47.9
Realisatiegraad natuur	0.586
Realisatiegraad landbouw	0.0962
Natschade landbouw (%)	9.76

Tabel 8 Geschatte maximale standaardafwijkingen van kriging-interpolatiefouten van 6 variabelen voor 50 en 65 locaties binnen het gebied.

N_G	GHG (cm)	GVG (cm)	GLG (cm)	R natuur	R landb.	Natschade (%)
50	11.9	14.1	23.6	0.465	0.0785	7.86
65	11.3	13.5	22.2	0.453	-	-



Figuur 10 Reductiefactor maximale standaardafwijking ordinary-kriginginterpolatiefout als functie van het aantal waarnemingen in het gebied.

6.2 Kosten

Tabel 9 toont voor de duurdere optie (65 locaties) de kostenberekening gebaseerd op het aantal locaties met landbouwbuizen, het aantal locaties met diepere stijghoogten, het aantal locaties waar grondwaterkwaliteit wordt gemeten, het aantal te loten panden en het aantal locaties waar oppervlaktewaterkwaliteit wordt gemeten. Alle kosten zijn exclusief BTW. De arbeidskosten per mensdag zijn gebaseerd op veldwerktarieven van Alterra. Materiële kosten zijn betrokken van verschillende leveranciers. De totale kosten voor 4 jaar komen op € 472720. In de goedkope optie (alle aandachtsgebieden samen nemen) komen de kosten op € 407990. Het aandeel van eenmalige kosten hierin is relatief groot, zodat bij het langer operationeel zijn van het monitoringnetwerk de kosten per jaar sterk zullen afnemen. Verder geldt dat het kostenoverzicht dat in paragraaf 6.2 wordt gegeven voldoende gedetailleerd is om op de aspecten van het ontwerp besparingen door te voeren.

De duurste post voor het grondwater wordt gevormd door de *divers* (€ 105600). Bij handmatig meten komt men bij 65 buizen op 3 mandagen per meetronde, hetgeen per jaar neerkomt op $3 \times 24 \times 600 = € 43200$. Dus, als meer dan twee jaar wordt gemeten is het aanschaffen van de *divers* reeds kostenbesparend. De duurste post bij oppervlaktewaterkwaliteit is de Hydrion-10 sonde. Voor vier jaar is dit totaal € 72000. Als alle mengmonsters uit de 150 gelote panden zouden worden geanalyseerd in het laboratorium zou dit over vier jaar neerkomen op $150 \times 2 \times 4 \times 90 = 108000$. Met de Hydrion-10 bespaart men dus 50% van de kosten, zij het dat dan niet alle parameters worden meegenomen.

Tabel 9 Overzicht kosten monitoringstelsel.

	Aantal	Aantal malen per jaar	Aantal per dag (€)	Kosten per mensdag (€)	Mat. kosten per stuk (€)	Kosten (€)
GRONDWATER						
Enmalige uitgaven						
plaatsen buizen:						
landbouwbuizen (inc. beschermkap en slot)	65		10	600	70	8750
diepe stijghoogtebuizen (inc. beschermkap en slot)	55		3	600	80	15200
diver + bekabeling en afsluitdop	120				880	105600
diver read out software (gratis bij van Essen)	1				0	0
barodiver (voor luchtdrukcorrectie)	3				350	1050
Uitleesunit	1				280	280
portable pc	1				2000	2000
analyse bodemonsters (begin en eind periode)	130				140	18200 +
totaal eenmalig						151080
Jaarlijkse uitgaven						
uitlezen dataloggers divers	120	1	40	600		1800
nemen grondwaterkwaliteitsmonsters	86	2	20	600		4800
analyse grondwaterkwaliteitsmonsters	86	2			80	13760 +
totaal per jaar						20360
OPPERVLAKTEWATER						
Enmalige uitgaven						
Hydrion-10 sonde	1				30000	30000
O ₂ -sonde	1				5000	5000
portable pc	1				2000	2000 +
totaal eenmalig						37000
Jaarlijkse uitgaven						
opp. waterkwaliteit (Hydrion 10) en waterdiepte in pand	150	2	15	1200		24000
nemen grondwaterkwaliteitsmonsters + meten met Hydrion-10	40	2	20	600		2400
analyse oppervlaktewaterkwaliteitsmonsters	40	4			90	14400
Onderhoudscontract Hydrion-10	1				5000	5000
vervanging sondes	10	2			250	5000 +
totaal per jaar						50800
TOTAAL VOOR 4 JAAR MONITORING						472720

7 Conclusies

Ten behoeve van het toepassen van de waternoodprocedure is in het gebied van de Langbroekerwetering een monitoringsysteem voor grondwater en oppervlaktewater ontworpen. Vanwege het geringe aantal locaties per oppervlakte-eenheid is voor zowel grondwater als oppervlaktewater gekozen voor ontwerpgebaseerde methoden van selectie van meetlocaties.

Voor grondwater wordt gebruikt gemaakt van een gestratificeerde aselecte steekproef op basis van een indeling van het gebied in geohydrologie en landgebruik. De te meten variabelen zijn grondwaterstand, stijghoogte dieper grondwater en concentraties van opgeloste stoffen (de laatste twee maal per jaar). Hierbij zijn twee opties doorgerekend, een goedkopere waarbij aandachtsgebieden natuur zijn samengenomen tot 1 stratum, en een waarbij deze als aparte strata zijn behandeld. De verwachte nauwkeurigheid (standaardfout) van de schatting van gemiddelde realisatiegraad per stratum varieert van 0.0453 tot 0.211. Voor landbouwnatschade zijn de verschillen tussen strata gering en is de standaardfout gemiddeld 4.6%. Deze waarden zullen waarschijnlijk nog aanzienlijk worden verbeterd bij gebruik van regressieschatters met maaiveldshoogten of de uitkomsten van een hydrologisch model als hulpinformatie. De verwachte nauwkeurigheid van interpolatie van de realisatiegraad naar punten is 0.0785 voor landbouw. Voor landbouwnatschade is deze 7.86%. De verwachte nauwkeurigheid van geïnterpoleerde realisatiegraad natuur is gelijk aan 0.456 voor de goedkope optie (50 locaties) en 0.453 voor de duurdere optie (65 locaties). Ook hier geldt dat aanzienlijke verbeteringen verwacht kunnen worden door het gebruik van hulpinformatie in de vorm van maaiveldshoogten en de uitkomsten van een hydrologisch model.

Bij het oppervlaktewater worden per waterloopoppand twee maal per jaar de gemiddelde diepte en de gemiddelde concentraties van een aantal opgeloste stoffen bepaald. Stratificatie is naar waterlooporde en watertype. De steekproef is een gestratificeerde aselect tweetrapssteekproef waarbij per geloot pand ook een aantal (minimaal 1 en gemiddeld 3) secties worden geloot waar de bemonstering plaatsvindt. De nauwkeurigheid die bereikt kan worden is van tevoren niet in te schatten omdat geen semivariogrammen van de te meten variabelen binnen de waterlopen bekend zijn. Het debiet wordt gemeten op waterinlaatpunten (gemalen), meetstuwen en uitlaatgemalen. Op deze locaties, alsmede op een aantal bestaande vaste locaties, wordt de waterkwaliteit 4 maal per jaar bepaald.

De verwachte kosten van de monitoring (sec) over 4 jaar zijn € 472720 voor de duurdere optie en € 407990 voor de goedkopere optie. Het aandeel van eenmalige kosten hierin is relatief groot, zodat in het geval dat het monitoringsysteem langer dan vier jaar operationeel is, de kosten per jaar sterk zullen afnemen. Verder geldt dat het kostenoverzicht dat in paragraaf 6.2 wordt gegeven voldoende gedetailleerd is om op de aspecten van het ontwerp besparingen door te voeren.

8 Literatuur

- Bierkens, M.F.P., 1994 *Complex confining layers: a stochastic analysis of hydraulic properties at various scales*. Proefschrift Universiteit Utrecht. Netherlands Geographical Studies 184.
- Bierkens, M.F.P., 1996. Modeling hydraulic conductivity of a complex confining layer at various spatial scales. *Water Resources Research* 32(8), 2369-2382.
- Bierkens, M.F.P. en J.W.J. Van der Gaast, 1998. Upscaling hydraulic conductivity: theory and examples from geohydrological studies. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 50, 193-207.
- Bierkens, M.F.P. and W.A. Bron, 2001. *VIDENTE: a graphical user interface and decision support system for stochastic modelling of water table fluctuations at a single location*. Wageningen, Alterra. Rapport 118.
- Cochran, W.G., 1977. *Sampling techniques* (3rd edition). New York, John Wiley and Sons.
- De Gruijter, J.J., 2000. *Sampling for spatial inventory and monitoring of natural resources*. Wageningen, Alterra. Rapport 070.
- Desbarats, A.J., 1992. Spatial averaging of transmissivity in three-dimensional heterogeneous porous media. *Mathematical Geology* 24(3), 249-267.
- Dooge, J.C.I., 1973. *Linear theory of hydrologic systems*. Washington D.C, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture. Technical Bulletin 1468.
- Deutsch, C.V. and A.G. Journel., 1998. *GSLIB, Geostatistical Software Library and User's Guide* (2nd edition). New York, Oxford University Press.
- Finke, P.A., W.P.C. Zeeman, G. Schouten, J. Runhaar, P. van der Molen, W. van der Meer, J.J. de Gruijter, M.F.P. Bierkens, P.J.T. van Bakel and J. Hoeks (red.), 2001. *Beter werken met "Waterlood". Een proeftoepassing in het herinrichtingsgebied De Leijen*. Wageningen, Alterra. Rapport 267.
- Gerretsen, M. en A. de Boer (1993-1996). *Hydrologisch onderzoek Kromme Rijn* (vier deelrapporten). Utrecht, Rapport Provincie Utrecht.
- Goovaerts, P., 1997. *Geostatistics for natural resources evaluation*. New York, Oxford University Press.
- Hoogland, T., J. Runhaar en M.F.P. Bierkens, 2002. *DOENAT: een applicatie voor de allocatie van natuurdoeltypen en de berekening van de doelrealisatie*. Wageningen, Alterra. Rapport 400.

Kemmers R.H., J.M.J. Gieske, P. Veen en L.M.L. Zonneveld, 1995. *Standaard meetprotocol verdroging. Voorlopige richtlijnen voor monitoring van anti-verdrogingsprojecten*. Lelystad, RIZA. NOV-rapport 15.1.

Shaw, E.M., 1983. *Hydrology in practice*. Londen, Chapman & Hall.

Ten Cate, J.A.M., A.F. van Holst, H. Kleier en J. Stolp. *Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Technisch Document 19D.

Projectgroep Waterlood, 1998. *Grondwater als leidraad voor het oppervlaktewater. Een op het grondwater georiënteerde aanpak voor inrichting en beheer van oppervlaktewatersystemen*. Utrecht, Dienst Landelijke Gebieden. Den Haag, Unie van Waterschappen. DLG-publicatie 1998/2.

Van der Molen, J.S. en P.F.M. Verdonchot, 2002. *Waterlood deelrapport 7: Effecten op aquatische ecosystemen*. Utrecht, STOWA. Rapport 2002-09.

Van der Valk, M.R. (2002). Toelichting bij de kwel – en infiltratiekaart van de Provincie Utrecht. Persoonlijke mededeling.

Van Geer, F.C., M.F.P. Bierkens, E. van Leeuwen, H. Hakvoort, T. Hoogland, en J. Peeters, 2002. *Waterlood deelrapport 2: Meten voor Waterlood*. Utrecht, STOWA. Rapport 2002-02.

Werkgroep Helptabel, 1987. *De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige productie*. Utrecht, Landinrichtingsdienst.

Bijlage 1 Locaties grondwater

Tabel A1 *Gelote locaties en reservelocaties en bijbehorende eigenschappen, goedkopere variant.*

Stratum	X_coord	Y_coord	Volgnummer	locatie	Keuze	Code
1	148690	449607	10544	1	1	1
1	149329	450238	4937	1	2	1
1	156134	446209	66593	1	3	1
1	154488	447305	47308	2	1	1
1	148611	449686	9690	2	2	1
1	158227	445948	71171	2	3	1
1	151479	449209	16228	3	1	1
1	152730	444120	92692	3	2	1
1	147971	449659	9942	3	3	2
2	154798	449935	7436	1	1	1
2	154511	449458	12610	1	2	1
2	153089	448794	22720	1	3	1
2	160250	446701	58062	2	1	1
2	156291	447020	52826	2	2	1
2	154001	448843	22001	2	3	1
2	155716	446830	55800	3	1	1
2	159330	447380	46086	3	2	1
2	160800	447375	46583	3	3	1
2	154004	448897	21247	4	1	1
2	154009	449816	8540	4	2	1
2	155215	447857	37619	4	3	1
2	149277	449997	6943	5	1	1
2	155775	447964	36032	5	2	1
2	159974	446944	54219	5	3	1
2	156700	448022	35284	6	1	1
2	154205	449891	7863	6	2	1
2	156229	447975	35657	6	3	1
2	159519	447330	47003	7	1	1
2	160819	447476	44278	7	2	1
2	155275	448197	32444	7	3	1
3	149342	448171	32622	1	1	2
3	153072	446158	67324	1	2	2
3	152947	447597	42267	1	3	2
3	152883	447585	42265	2	1	2
3	158189	445653	75139	2	2	2
3	152905	446557	60390	2	3	2
3	147581	448656	24457	3	1	2
3	149417	447962	35794	3	2	2
3	151555	447194	49538	3	3	2
3	150809	447979	35458	4	1	2
3	152446	447140	50475	4	2	2
3	153110	446221	66476	4	3	2
3	156028	443918	94261	5	1	2
3	153221	446384	63462	5	2	2
3	152855	446467	62121	5	3	2
3	150754	447930	36242	6	1	2
3	157363	445688	74754	6	2	2
3	157413	444969	84644	6	3	2
3	153131	446849	55702	7	1	2
3	147167	447864	37313	7	2	2

3	152710	447375	46327	7	3	2
4	153192	447288	47728	1	1	2
4	154311	447109	50994	1	2	2
4	151408	446149	67680	1	3	2
4	157582	445495	77584	2	1	2
4	154100	446436	62615	2	2	2
4	158155	445028	83746	2	3	2
4	157023	446623	59702	3	1	2
4	157993	444963	84667	3	2	2
4	154292	445798	73250	3	3	2
5	156883	444611	88390	1	1	2
5	149424	448667	24529	1	2	2
5	151979	445486	77363	1	3	2
5	146346	449446	12695	2	1	2
5	152336	444375	90613	2	2	2
5	152860	445240	80930	2	3	2
5	149939	446472	62010	3	1	2
5	152422	446513	61224	3	2	2
5	149450	446816	55997	3	3	2
6	150478	449073	18474	1	1	3
6	153595	449053	18576	1	2	3
6	153271	444195	92139	1	3	3
6	154366	448751	23144	2	1	3
6	150477	449080	18074	2	2	3
6	158736	445378	79058	2	3	3
6	149787	449038	18833	3	1	3
6	155990	447523	43693	3	2	3
6	153100	443487	97112	3	3	1
6	150330	449271	15424	4	1	3
6	150114	449393	13574	4	2	3
6	150884	449142	17317	4	3	3
6	150694	449273	15438	5	1	3
6	152580	444517	89210	5	2	3
6	153204	449506	11888	5	3	3
6	150831	445077	82816	6	1	3
6	153482	444027	93265	6	2	3
6	153089	443591	96463	6	3	3
6	153785	449208	16295	7	1	3
6	150084	448702	23771	7	2	3
6	147529	450728	1888	7	3	3
7	154225	444544	89029	1	1	3
7	155072	445462	77842	1	2	3
7	153982	445239	80972	1	3	3
7	149549	448451	27778	2	1	3
7	154815	444983	84235	2	2	3
7	155495	445732	73984	2	3	3
7	155188	446367	63962	3	1	3
7	155100	445253	80675	3	2	3
7	154064	445324	79931	3	3	3
7	154959	446285	65260	4	1	3
7	155183	445645	75373	4	2	3
7	154146	445342	79581	4	3	3
7	153962	445197	81637	5	1	3
7	153860	445970	70622	5	2	3
7	154155	444672	87771	5	3	3

7	155107	446289	65266	6	1	3
7	155530	445628	75387	6	2	3
7	155524	445823	72953	6	3	3
9	153958	444850	85658	1	1	3
9	153608	444654	87749	1	2	3
9	155856	446005	69914	1	3	3
9	153152	445081	82909	2	1	3
9	147853	448243	31367	2	2	3
9	156981	444355	90797	2	3	3
9	153826	444892	85380	3	1	3
9	148670	446988	52980	3	2	3
9	155672	446221	66574	3	3	3
9	155869	446000	69914	4	1	3
9	149591	446745	57263	4	2	3
9	155752	446294	65292	4	3	3
9	155492	446107	68260	5	1	3
9	153763	444813	86180	5	2	3
9	153676	444637	88009	5	3	3
9	149252	446594	59835	6	1	3
9	156805	444472	89858	6	2	3
9	151311	445420	78409	6	3	3
9	149509	446706	57696	7	1	3
9	148382	447151	49883	7	2	3
9	155649	446288	65287	7	3	3
50	154836	445834	72565	1	1	3
20	157781	445183	81790	1	2	3
60	148652	447548	42979	1	3	3
60	148383	448059	34171	2	1	3
60	150122	447720	39977	2	2	3
30	152131	446649	59092	2	3	3
10	155478	446541	60902	3	1	3
60	149749	448798	22616	3	2	3
60	146546	449286	14916	3	3	3
60	148368	447816	38200	4	1	3
30	151880	445716	74192	4	2	3
60	149454	446469	61991	4	3	3
60	148092	446984	52957	5	1	3
50	154381	444368	90695	5	2	3
60	147570	448698	24062	5	3	3
30	152089	446623	59522	6	1	3
60	148013	448278	30566	6	2	3
30	151572	445550	76291	6	3	3
60	149181	447015	52571	7	1	3
60	148892	448138	33005	7	2	3
60	147974	448274	30974	7	3	3

Tabel A2 Gelote locaties en reservelocaties en bijbehorende eigenschappen, duurdere variant

Stratum	X_coord	Y_coord	Volgnummer	Locatie	Keuze	Code
1	156708	446125	68306	1	1	1
1	147579	450605	2482	1	2	1
1	147655	449812	8453	1	3	1
1	156621	448375	29672	2	1	1
1	153555	448554	26298	2	2	1
1	154549	447026	52326	2	3	1
1	147615	449904	7536	3	1	1
1	151688	449327	14367	3	2	1
1	152481	449014	19307	3	3	1
2	160749	447571	42906	1	1	1
2	149341	451746	7	1	2	1
2	154884	449424	13360	1	3	1
2	159315	446814	56310	2	1	1
2	154443	449593	10957	2	2	1
2	154743	449609	10677	2	3	1
2	152677	449414	13290	3	1	1
2	159561	447139	50693	3	2	1
2	149373	449636	10276	3	3	1
2	154645	449993	6994	4	1	1
2	158738	447724	40271	4	2	1
2	153933	448380	29173	4	3	1
2	153985	449686	9787	5	1	1
2	155038	447486	44123	5	2	1
2	149839	449402	13206	5	3	1
2	159538	446845	55901	6	1	1
2	155008	449690	9828	6	2	1
2	154798	449938	7436	6	3	1
3	152883	447560	42698	1	1	2
3	152191	446572	60361	1	2	2
3	156056	443908	94262	1	3	2
3	157470	444851	85777	2	1	2
3	152959	446620	59555	2	2	2
3	155985	443993	93722	2	3	2
3	156591	445191	81742	3	1	2
3	157223	445179	81767	3	2	2
3	153008	446687	58256	3	3	2
3	148536	447955	35761	4	1	2
3	157633	445642	75471	4	2	2
3	147586	448107	33347	4	3	2
3	158232	445680	74789	5	1	2
3	157555	444689	87643	5	2	2
3	158125	445695	74785	5	3	2
3	150734	448002	35060	6	1	2
3	158189	445682	74787	6	2	2
3	156577	445162	82069	6	3	2
4	155631	445534	76794	1	1	2
4	153556	446347	64335	1	2	2
4	146836	450080	6017	1	3	2
4	152117	446309	64709	2	1	2
4	148574	448504	26917	2	2	2
4	147921	448532	26485	2	3	2
4	153403	446096	68595	3	1	2

4	153424	446954	53592	3	2	2
4	146445	450414	3584	3	3	2
5	149231	448584	25732	1	1	2
5	148269	447458	44331	1	2	2
5	149173	448631	24919	1	3	2
5	147474	447375	46137	2	1	2
5	151967	445742	73848	2	2	2
5	156466	443409	97690	2	3	2
5	150225	446489	61580	3	1	2
5	150490	446657	58596	3	2	2
5	147168	448550	26462	3	3	2
6	147363	447666	40733	1	1	3
6	150899	445186	81523	1	2	3
6	149952	448918	20755	1	3	3
6	150090	449228	15797	2	1	3
6	150901	449057	18491	2	2	3
6	150713	448907	20783	2	3	3
6	154164	448832	22007	3	1	3
6	147363	447602	41616	3	2	3
6	155779	446655	58791	3	3	3
6	150587	448412	28640	4	1	3
6	151865	444902	85016	4	2	3
6	150682	448583	25790	4	3	3
6	152827	444758	86683	5	1	3
6	156592	447357	46478	5	2	3
6	156594	447277	47863	5	3	3
6	153595	449275	15155	6	1	1
6	154869	447822	38451	6	2	3
6	145983	449830	8156	6	3	3
7	154892	445135	82328	1	1	3
7	153600	445310	79913	1	2	3
7	154377	445595	76044	1	3	3
7	153504	445598	76009	2	1	3
7	155246	445660	75021	2	2	3
7	154592	445986	70265	2	3	3
7	154642	445965	70653	3	1	3
7	154478	444550	88793	3	2	3
7	153547	445636	75307	3	3	3
7	154759	446039	69468	4	1	3
7	154735	444967	84538	4	2	3
7	151644	445928	70916	4	3	3
7	155019	445251	80671	5	1	3
7	157269	443808	95033	5	2	3
7	155283	446413	63102	5	3	3
9	147001	448099	33718	1	1	3
9	149249	446695	58115	1	2	3
9	148444	447263	48036	1	3	3
9	157058	444238	91886	2	1	3
9	147753	448289	30557	2	2	3
9	156758	444376	90559	2	3	3
9	156373	444103	92833	3	1	3
9	156414	443902	94276	3	2	3
9	148532	446994	52975	3	3	3
9	155884	446196	67010	4	1	3
9	146900	448563	26046	4	2	2

9	156882	444171	92477	4	3	3
9	155578	446017	69903	5	1	3
9	153101	445122	82586	5	2	3
9	149492	448372	29401	5	3	3
10	155437	446229	66138	1	1	3
10	155868	446755	57071	1	2	3
10	156244	447147	50625	1	3	3
10	155905	446438	62683	2	1	3
10	155522	446456	62224	2	2	3
10	156372	447122	51071	2	3	3
10	156084	446714	57946	3	1	3
10	155555	446486	61782	3	2	3
10	155875	446379	63559	3	3	3
10	155841	446921	54546	4	1	3
10	155175	446084	68664	4	2	3
10	155849	447080	51492	4	3	3
10	155682	446681	58360	5	1	3
10	155974	446842	55810	5	2	3
10	155916	446318	64859	5	3	3
20	158312	445011	84064	1	1	3
20	157261	445280	80412	1	2	3
20	157805	445164	82117	1	3	3
20	158909	446098	68809	2	1	3
20	157738	444878	85522	2	2	3
20	157298	445070	83394	2	3	3
20	158657	445843	72716	3	1	3
20	158242	445469	77964	3	2	3
20	157257	445286	80412	3	3	3
20	158532	445656	75153	4	1	3
20	157806	445511	77230	4	2	3
20	158135	445365	79388	4	3	3
20	157396	445026	83715	5	1	3
20	157302	444978	84335	5	2	3
20	157416	445600	76162	5	3	2
30	151805	445327	79494	1	1	3
30	151268	445581	75926	1	2	3
30	152314	446302	64717	1	3	3
30	151367	446498	61623	2	1	3
30	151689	446069	68940	2	2	3
30	151517	445592	75936	2	3	3
30	151990	445349	79501	3	1	3
30	151960	446124	68120	3	2	3
30	152442	446349	64290	3	3	3
30	151993	446168	67283	4	1	3
30	151443	445791	73141	4	2	3
30	152559	445774	73530	4	3	3
30	152292	446788	56511	5	1	3
30	152099	446906	54405	5	2	3
30	152335	446216	66445	5	3	3
40	150325	448667	24565	1	1	3
40	150444	448824	22268	1	2	3
40	150446	448857	21515	1	3	3
40	150454	448475	27404	2	1	3
40	150013	448954	19999	2	2	3
40	150518	448839	21892	2	3	3

40	150061	448930	20385	3	1	3
40	150379	448632	24968	3	2	3
40	150391	448871	21513	3	3	3
50	154079	445319	79932	1	1	3
50	154095	445415	78516	1	2	3
50	154468	445415	78531	1	3	3
50	153239	444022	93432	2	1	3
50	153560	444712	87225	2	2	3
50	153586	444067	93089	2	3	3
50	153848	444747	86981	3	1	3
50	154550	445574	76402	3	2	3
50	154625	444591	88556	3	3	3
50	154702	444580	88559	4	1	3
50	154038	444256	91564	4	2	3
50	154037	444636	88023	4	3	3
50	154644	445646	75351	5	1	3
50	153984	444584	88530	5	2	3
50	154545	445684	74641	5	3	3
60	149491	448964	19978	1	1	3
60	148840	448331	29782	1	2	3
60	146516	448727	23247	1	3	3
60	149964	447257	48097	2	1	3
60	149417	446475	61548	2	2	3
60	148869	448157	32603	2	3	3
60	148456	447695	40340	3	1	3
60	147436	448020	34933	3	2	3
60	149123	446204	66318	3	3	3
60	150576	448173	32672	4	1	3
60	145761	449531	11312	4	2	3
60	149978	448620	25357	4	3	3
60	147838	447875	36932	5	1	3
60	147577	447966	35723	5	2	3
60	149042	446962	53436	5	3	3

Bijlage 2 Panden en secties oppervlaktewater

Tabel B1 Gelote panden en reservepanden en bijbehorende eigenschappen. De nummering van de watertypen is als volgt: 1- Licht belast & Infiltratie, 3-Matig belast & Kvel, 4-Matig belast & Infiltratie, 7-Matig belast & Intermediair, 8-Licht belast & Intermediair, 9-Licht belast & Kvel, 10-Zwaar belast & Infiltratie, 11-Zwaar belast & Intermediair, 12-Zwaar belast & Kvel. Coördinaten van secties zijn gegeven..

Watertype	Orde waterloop	Keuze	Pand-nr	Oppervlak	aantal secties	X-coord	Y-coord
1	1	1	113	999.34	3	155885	446467
1	1	1	113	999.34	3	155926	446450
1	1	1	113	999.34	3	155968	446433
1	1	1	114	873.92	3	155746	446534
1	1	1	114	873.92	3	155731	446517
1	1	1	114	873.92	3	155713	446507
1	1	1	115	999.34	3	155854	446478
1	1	1	115	999.34	3	155895	446463
1	1	1	115	999.34	3	155937	446446
1	1	2	263	345.81	2	148966	451098
1	1	2	263	345.81	2	148948	451080
1	1	2	264	999.34	3	155887	446466
1	1	2	264	999.34	3	155928	446449
1	1	2	264	999.34	3	155970	446432
1	1	2	265	611.31	2	155703	446402
1	1	2	265	611.31	2	155711	446425
1	1	3	413	947.24	3	155703	446489
1	1	3	413	947.24	3	155704	446466
1	1	3	413	947.24	3	155683	446473
1	1	3	414	656.17	3	149422	451448
1	1	3	414	656.17	3	149434	451462
1	1	3	414	656.17	3	149450	451466
1	1	3	415	999.34	3	155880	446469
1	1	3	415	999.34	3	155921	446452
1	1	3	415	999.34	3	155963	446435
3	1	1	116	1884.5	5	149264	447944
3	1	1	116	1884.5	5	149241	447914
3	1	1	116	1884.5	5	149218	447885
3	1	1	116	1884.5	5	149195	447855
3	1	1	116	1884.5	5	149175	447835
3	1	1	117	3088.22	8	149698	447476
3	1	1	117	3088.22	8	149662	447491
3	1	1	117	3088.22	8	149627	447507
3	1	1	117	3088.22	8	149591	447524
3	1	1	117	3088.22	8	149556	447540
3	1	1	117	3088.22	8	149521	447556
3	1	1	117	3088.22	8	149485	447573
3	1	1	117	3088.22	8	149450	447589
3	1	1	118	3088.22	8	149691	447478
3	1	1	118	3088.22	8	149656	447494
3	1	1	118	3088.22	8	149620	447510
3	1	1	118	3088.22	8	149585	447526
3	1	1	118	3088.22	8	149549	447543
3	1	1	118	3088.22	8	149514	447559
3	1	1	118	3088.22	8	149479	447576
3	1	1	118	3088.22	8	149443	447592
3	1	1	119	2419.49	6	145389	451111

3	1	1	119	2419.49	6	145410	451066
3	1	1	119	2419.49	6	145443	451029
3	1	1	119	2419.49	6	145479	450996
3	1	1	119	2419.49	6	145515	450964
3	1	1	119	2419.49	6	145550	450934
3	1	1	120	1959.97	5	149952	447362
3	1	1	120	1959.97	5	149916	447378
3	1	1	120	1959.97	5	149880	447394
3	1	1	120	1959.97	5	149844	447410
3	1	1	120	1959.97	5	149808	447426
3	1	1	121	3664.41	9	145721	450767
3	1	1	121	3664.41	9	145750	450733
3	1	1	121	3664.41	9	145775	450702
3	1	1	121	3664.41	9	145804	450672
3	1	1	121	3664.41	9	145834	450639
3	1	1	121	3664.41	9	145863	450606
3	1	1	121	3664.41	9	145893	450572
3	1	1	121	3664.41	9	145916	450543
3	1	1	121	3664.41	9	145941	450509
3	1	1	122	1884.5	5	149265	447946
3	1	1	122	1884.5	5	149242	447916
3	1	1	122	1884.5	5	149219	447887
3	1	1	122	1884.5	5	149196	447857
3	1	1	122	1884.5	5	149175	447833
3	1	1	123	137.26	1	147684	449456
3	1	1	124	832.44	3	149348	447647
3	1	1	124	832.44	3	149375	447635
3	1	1	124	832.44	3	149400	447620
3	1	2	266	629.51	2	152050	446579
3	1	2	266	629.51	2	152009	446610
3	1	2	267	791.22	3	147070	450473
3	1	2	267	791.22	3	147113	450511
3	1	2	267	791.22	3	147156	450549
3	1	2	268	841.15	3	145973	450463
3	1	2	268	841.15	3	145988	450440
3	1	2	268	841.15	3	146000	450412
3	1	2	269	658.32	3	149983	447461
3	1	2	269	658.32	3	149961	447431
3	1	2	269	658.32	3	149939	447400
3	1	2	270	1581.89	5	146418	449815
3	1	2	270	1581.89	5	146438	449787
3	1	2	270	1581.89	5	146457	449759
3	1	2	270	1581.89	5	146476	449732
3	1	2	270	1581.89	5	146495	449704
3	1	2	271	4065.57	11	150518	447107
3	1	2	271	4065.57	11	150479	447126
3	1	2	271	4065.57	11	150439	447144
3	1	2	271	4065.57	11	150399	447161
3	1	2	271	4065.57	11	150359	447179
3	1	2	271	4065.57	11	150320	447196
3	1	2	271	4065.57	11	150286	447211
3	1	2	271	4065.57	11	150247	447229
3	1	2	271	4065.57	11	150207	447247
3	1	2	271	4065.57	11	150167	447265
3	1	2	271	4065.57	11	150128	447282

3	1	2	272	1491.51	5	152074	446350
3	1	2	272	1491.51	5	152051	446371
3	1	2	272	1491.51	5	152026	446394
3	1	2	272	1491.51	5	151999	446415
3	1	2	272	1491.51	5	151971	446434
3	1	2	273	168.74	1	147644	448946
3	1	2	274	4065.57	11	150545	447100
3	1	2	274	4065.57	11	150505	447114
3	1	2	274	4065.57	11	150466	447132
3	1	2	274	4065.57	11	150426	447150
3	1	2	274	4065.57	11	150386	447167
3	1	2	274	4065.57	11	150346	447184
3	1	2	274	4065.57	11	150309	447197
3	1	2	274	4065.57	11	150273	447217
3	1	2	274	4065.57	11	150233	447235
3	1	2	274	4065.57	11	150194	447253
3	1	2	274	4065.57	11	150154	447271
3	1	3	416	1093.27	4	146927	450346
3	1	3	416	1093.27	4	146962	450377
3	1	3	416	1093.27	4	146998	450408
3	1	3	416	1093.27	4	147033	450439
3	1	3	417	1802.7	5	146198	450131
3	1	3	417	1802.7	5	146222	450097
3	1	3	417	1802.7	5	146245	450063
3	1	3	417	1802.7	5	146268	450029
3	1	3	417	1802.7	5	146292	449995
3	1	3	418	3162.47	8	151177	446815
3	1	3	418	3162.47	8	151221	446797
3	1	3	418	3162.47	8	151266	446777
3	1	3	418	3162.47	8	151309	446757
3	1	3	418	3162.47	8	151355	446739
3	1	3	418	3162.47	8	151399	446719
3	1	3	418	3162.47	8	151438	446697
3	1	3	418	3162.47	8	151479	446675
3	1	3	419	1058.63	4	151945	446570
3	1	3	419	1058.63	4	151941	446550
3	1	3	419	1058.63	4	151914	446550
3	1	3	419	1058.63	4	151900	446564
3	1	3	420	723.95	3	152083	446495
3	1	3	420	723.95	3	152110	446530
3	1	3	420	723.95	3	152078	446558
3	1	3	421	3664.41	10	145715	450774
3	1	3	421	3664.41	10	145741	450744
3	1	3	421	3664.41	10	145765	450717
3	1	3	421	3664.41	10	145789	450689
3	1	3	421	3664.41	10	145815	450660
3	1	3	421	3664.41	10	145842	450630
3	1	3	421	3664.41	10	145869	450600
3	1	3	421	3664.41	10	145895	450569
3	1	3	421	3664.41	10	145916	450543
3	1	3	421	3664.41	10	145938	450513
3	1	3	422	1212.91	4	151743	446561
3	1	3	422	1212.91	4	151771	446548
3	1	3	422	1212.91	4	151800	446530
3	1	3	422	1212.91	4	151831	446522

3	1	3	423	2737.07	7	145368	451150
3	1	3	423	2737.07	7	145345	451189
3	1	3	423	2737.07	7	145322	451229
3	1	3	423	2737.07	7	145300	451270
3	1	3	423	2737.07	7	145278	451312
3	1	3	423	2737.07	7	145257	451353
3	1	3	423	2737.07	7	145236	451394
3	1	3	424	3162.47	8	151162	446822
3	1	3	424	3162.47	8	151207	446808
3	1	3	424	3162.47	8	151248	446784
3	1	3	424	3162.47	8	151294	446764
3	1	3	424	3162.47	8	151338	446746
3	1	3	424	3162.47	8	151383	446729
3	1	3	424	3162.47	8	151425	446705
3	1	3	424	3162.47	8	151466	446684
4	1	1	125	1911.73	5	155848	446895
4	1	1	125	1911.73	5	155853	446863
4	1	1	125	1911.73	5	155852	446831
4	1	1	125	1911.73	5	155852	446799
4	1	1	125	1911.73	5	155848	446770
4	1	1	126	885.22	3	147629	450852
4	1	1	126	885.22	3	147585	450815
4	1	1	126	885.22	3	147541	450779
4	1	1	127	1222.85	4	152439	448708
4	1	1	127	1222.85	4	152451	448752
4	1	1	127	1222.85	4	152467	448798
4	1	1	127	1222.85	4	152480	448838
4	1	1	128	2444.4	6	147553	450818
4	1	1	128	2444.4	6	147516	450793
4	1	1	128	2444.4	6	147479	450812
4	1	1	128	2444.4	6	147498	450847
4	1	1	128	2444.4	6	147535	450878
4	1	1	128	2444.4	6	147528	450862
4	1	1	129	1911.73	5	155846	446899
4	1	1	129	1911.73	5	155853	446867
4	1	1	129	1911.73	5	155852	446835
4	1	1	129	1911.73	5	155852	446803
4	1	1	129	1911.73	5	155851	446770
4	1	1	130	1893.93	5	152710	444957
4	1	1	130	1893.93	5	152739	444993
4	1	1	130	1893.93	5	152767	445030
4	1	1	130	1893.93	5	152795	445067
4	1	1	130	1893.93	5	152824	445103
4	1	1	131	2458.22	6	158605	445877
4	1	1	131	2458.22	6	158623	445860
4	1	1	131	2458.22	6	158640	445842
4	1	1	131	2458.22	6	158657	445824
4	1	1	131	2458.22	6	158675	445807
4	1	1	131	2458.22	6	158693	445789
4	1	2	275	649.06	3	150331	448812
4	1	2	275	649.06	3	150357	448807
4	1	2	275	649.06	3	150371	448784
4	1	2	276	1636.28	5	158763	445752
4	1	2	276	1636.28	5	158746	445734
4	1	2	276	1636.28	5	158727	445728

4	1	2	276	1636.28	5	158709	445746
4	1	2	276	1636.28	5	158691	445764
4	1	2	277	173.1	1	149588	449279
4	1	2	278	1658.22	5	155781	446575
4	1	2	278	1658.22	5	155796	446597
4	1	2	278	1658.22	5	155808	446622
4	1	2	278	1658.22	5	155807	446646
4	1	2	278	1658.22	5	155804	446663
4	1	2	279	1192.31	4	149541	449226
4	1	2	279	1192.31	4	149550	449228
4	1	2	279	1192.31	4	149571	449225
4	1	2	279	1192.31	4	149575	449246
4	1	2	280	1382.88	4	150386	448919
4	1	2	280	1382.88	4	150439	448923
4	1	2	280	1382.88	4	150492	448927
4	1	2	280	1382.88	4	150545	448930
4	1	2	281	2458.22	7	158610	445872
4	1	2	281	2458.22	7	158625	445857
4	1	2	281	2458.22	7	158640	445842
4	1	2	281	2458.22	7	158655	445827
4	1	2	281	2458.22	7	158670	445812
4	1	2	281	2458.22	7	158685	445797
4	1	2	281	2458.22	7	158687	445782
4	1	3	425	2458.22	7	158610	445873
4	1	3	425	2458.22	7	158625	445858
4	1	3	425	2458.22	7	158640	445843
4	1	3	425	2458.22	7	158654	445827
4	1	3	425	2458.22	7	158669	445812
4	1	3	425	2458.22	7	158684	445797
4	1	3	425	2458.22	7	158688	445783
4	1	3	426	1636.28	5	158769	445758
4	1	3	426	1636.28	5	158751	445740
4	1	3	426	1636.28	5	158733	445722
4	1	3	426	1636.28	5	158715	445740
4	1	3	426	1636.28	5	158697	445759
4	1	3	427	1893.93	5	152724	444974
4	1	3	427	1893.93	5	152752	445011
4	1	3	427	1893.93	5	152780	445047
4	1	3	427	1893.93	5	152809	445084
4	1	3	427	1893.93	5	152837	445120
4	1	3	428	1893.93	5	152711	444958
4	1	3	428	1893.93	5	152740	444995
4	1	3	428	1893.93	5	152768	445032
4	1	3	428	1893.93	5	152796	445068
4	1	3	428	1893.93	5	152825	445105
4	1	3	429	1327.67	4	152307	444433
4	1	3	429	1327.67	4	152335	444469
4	1	3	429	1327.67	4	152363	444506
4	1	3	429	1327.67	4	152391	444542
4	1	3	430	2444.4	7	147572	450845
4	1	3	430	2444.4	7	147545	450817
4	1	3	430	2444.4	7	147515	450792
4	1	3	430	2444.4	7	147482	450807
4	1	3	430	2444.4	7	147488	450841
4	1	3	430	2444.4	7	147521	450865

4	1	3	430	2444.4	7	147549	450877
4	1	3	431	659.54	3	149708	449466
4	1	3	431	659.54	3	149689	449465
4	1	3	431	659.54	3	149679	449481
7	1	1	132	1688.79	5	149949	446631
7	1	1	132	1688.79	5	149981	446607
7	1	1	132	1688.79	5	150013	446584
7	1	1	132	1688.79	5	150046	446561
7	1	1	132	1688.79	5	150075	446535
7	1	1	133	2083.88	6	146569	449595
7	1	1	133	2083.88	6	146587	449569
7	1	1	133	2083.88	6	146607	449538
7	1	1	133	2083.88	6	146628	449508
7	1	1	133	2083.88	6	146650	449477
7	1	1	133	2083.88	6	146673	449450
7	1	1	134	1300.35	4	149509	447189
7	1	1	134	1300.35	4	149531	447215
7	1	1	134	1300.35	4	149553	447242
7	1	1	134	1300.35	4	149570	447264
7	1	1	135	968.28	3	148736	447983
7	1	1	135	968.28	3	148762	447969
7	1	1	135	968.28	3	148788	447954
7	1	1	136	2041.63	6	149599	447162
7	1	1	136	2041.63	6	149571	447125
7	1	1	136	2041.63	6	149542	447089
7	1	1	136	2041.63	6	149514	447052
7	1	1	136	2041.63	6	149485	447015
7	1	1	136	2041.63	6	149456	446979
7	1	1	137	3757.29	9	153104	445452
7	1	1	137	3757.29	9	153075	445414
7	1	1	137	3757.29	9	153046	445376
7	1	1	137	3757.29	9	153017	445338
7	1	1	137	3757.29	9	152987	445300
7	1	1	137	3757.29	9	152958	445262
7	1	1	137	3757.29	9	152928	445224
7	1	1	137	3757.29	9	152899	445186
7	1	1	137	3757.29	9	152870	445148
7	1	1	138	2756.9	7	148086	448350
7	1	1	138	2756.9	7	148121	448338
7	1	1	138	2756.9	7	148154	448319
7	1	1	138	2756.9	7	148186	448300
7	1	1	138	2756.9	7	148219	448281
7	1	1	138	2756.9	7	148252	448261
7	1	1	138	2756.9	7	148284	448242
7	1	1	139	1124.46	4	147896	448350
7	1	1	139	1124.46	4	147921	448349
7	1	1	139	1124.46	4	147946	448350
7	1	1	139	1124.46	4	147943	448335
7	1	1	140	1612.08	5	147950	448360
7	1	1	140	1612.08	5	147939	448375
7	1	1	140	1612.08	5	147918	448389
7	1	1	140	1612.08	5	147894	448385
7	1	1	140	1612.08	5	147874	448376
7	1	1	141	2011.57	6	147191	448942
7	1	1	141	2011.57	6	147214	448923

7	1	1	141	2011.57	6	147237	448903
7	1	1	141	2011.57	6	147260	448883
7	1	1	141	2011.57	6	147283	448864
7	1	1	141	2011.57	6	147305	448845
7	1	2	282	1048.3	3	152368	446035
7	1	2	282	1048.3	3	152335	446065
7	1	2	282	1048.3	3	152304	446098
7	1	2	283	2811.99	8	155692	443511
7	1	2	283	2811.99	8	155705	443497
7	1	2	283	2811.99	8	155712	443479
7	1	2	283	2811.99	8	155714	443461
7	1	2	283	2811.99	8	155727	443447
7	1	2	283	2811.99	8	155728	443432
7	1	2	283	2811.99	8	155743	443433
7	1	2	283	2811.99	8	155753	443416
7	1	2	284	2407.46	7	149044	447807
7	1	2	284	2407.46	7	149070	447791
7	1	2	284	2407.46	7	149097	447776
7	1	2	284	2407.46	7	149123	447767
7	1	2	284	2407.46	7	149145	447748
7	1	2	284	2407.46	7	149171	447733
7	1	2	284	2407.46	7	149198	447718
7	1	2	285	3757.29	10	153087	445429
7	1	2	285	3757.29	10	153061	445394
7	1	2	285	3757.29	10	153034	445360
7	1	2	285	3757.29	10	153008	445326
7	1	2	285	3757.29	10	152981	445292
7	1	2	285	3757.29	10	152955	445258
7	1	2	285	3757.29	10	152928	445224
7	1	2	285	3757.29	10	152902	445190
7	1	2	285	3757.29	10	152875	445155
7	1	2	285	3757.29	10	152847	445125
7	1	2	286	2991.26	8	147747	448558
7	1	2	286	2991.26	8	147774	448542
7	1	2	286	2991.26	8	147800	448525
7	1	2	286	2991.26	8	147828	448510
7	1	2	286	2991.26	8	147855	448494
7	1	2	286	2991.26	8	147883	448478
7	1	2	286	2991.26	8	147910	448462
7	1	2	286	2991.26	8	147938	448446
7	1	2	287	1688.79	5	149935	446641
7	1	2	287	1688.79	5	149967	446617
7	1	2	287	1688.79	5	150000	446594
7	1	2	287	1688.79	5	150032	446571
7	1	2	287	1688.79	5	150064	446547
7	1	2	288	2041.63	6	149613	447180
7	1	2	288	2041.63	6	149585	447143
7	1	2	288	2041.63	6	149556	447106
7	1	2	288	2041.63	6	149528	447070
7	1	2	288	2041.63	6	149499	447033
7	1	2	288	2041.63	6	149470	446997
7	1	2	289	2841.58	8	146701	449416
7	1	2	289	2841.58	8	146724	449388
7	1	2	289	2841.58	8	146746	449360
7	1	2	289	2841.58	8	146770	449333

7	1	2	289	2841.58	8	146795	449307
7	1	2	289	2841.58	8	146820	449282
7	1	2	289	2841.58	8	146846	449257
7	1	2	289	2841.58	8	146870	449234
7	1	2	290	1220.04	4	153394	445264
7	1	2	290	1220.04	4	153360	445288
7	1	2	290	1220.04	4	153325	445312
7	1	2	290	1220.04	4	153292	445339
7	1	2	291	1885.31	5	148048	448361
7	1	2	291	1885.31	5	148024	448382
7	1	2	291	1885.31	5	147993	448400
7	1	2	291	1885.31	5	147962	448418
7	1	2	291	1885.31	5	147932	448437
7	1	3	432	1885.31	5	148046	448362
7	1	3	432	1885.31	5	148022	448383
7	1	3	432	1885.31	5	147991	448401
7	1	3	432	1885.31	5	147960	448419
7	1	3	432	1885.31	5	147934	448438
7	1	3	433	1342.04	4	149009	447037
7	1	3	433	1342.04	4	149045	447021
7	1	3	433	1342.04	4	149047	447006
7	1	3	433	1342.04	4	149011	447028
7	1	3	434	1688.79	5	149951	446629
7	1	3	434	1688.79	5	149984	446606
7	1	3	434	1688.79	5	150016	446583
7	1	3	434	1688.79	5	150048	446559
7	1	3	434	1688.79	5	150075	446533
7	1	3	435	1300.35	4	149528	447212
7	1	3	435	1300.35	4	149550	447238
7	1	3	435	1300.35	4	149567	447261
7	1	3	435	1300.35	4	149588	447260
7	1	3	436	607.12	2	147844	448390
7	1	3	436	607.12	2	147861	448375
7	1	3	437	2966.72	8	147807	448372
7	1	3	437	2966.72	8	147791	448371
7	1	3	437	2966.72	8	147776	448379
7	1	3	437	2966.72	8	147764	448389
7	1	3	437	2966.72	8	147753	448400
7	1	3	437	2966.72	8	147742	448413
7	1	3	437	2966.72	8	147731	448423
7	1	3	437	2966.72	8	147734	448436
7	1	3	438	1027.16	3	150435	446938
7	1	3	438	1027.16	3	150398	446940
7	1	3	438	1027.16	3	150366	446959
7	1	3	439	1048.3	3	152345	446057
7	1	3	439	1048.3	3	152313	446088
7	1	3	439	1048.3	3	152282	446121
7	1	3	440	3013.49	8	147479	448721
7	1	3	440	3013.49	8	147506	448704
7	1	3	440	3013.49	8	147533	448687
7	1	3	440	3013.49	8	147559	448672
7	1	3	440	3013.49	8	147587	448655
7	1	3	440	3013.49	8	147615	448639
7	1	3	440	3013.49	8	147642	448622
7	1	3	440	3013.49	8	147669	448605

7	1	3	441	2304.85	6	148130	447334
7	1	3	441	2304.85	6	148107	447300
7	1	3	441	2304.85	6	148081	447267
7	1	3	441	2304.85	6	148055	447234
7	1	3	441	2304.85	6	148030	447200
7	1	3	441	2304.85	6	148007	447171
8	1	1	142	281.11	2	146231	449330
8	1	1	142	281.11	2	146251	449322
8	1	1	143	213.15	1	155499	446225
8	1	1	144	358.46	2	155619	446229
8	1	1	144	358.46	2	155639	446252
8	1	2	292	157.58	1	146550	449615
8	1	2	293	849.47	3	149515	448308
8	1	2	293	849.47	3	149489	448327
8	1	2	293	849.47	3	149463	448346
8	1	2	294	965.01	3	155308	446241
8	1	2	294	965.01	3	155361	446240
8	1	2	294	965.01	3	155410	446250
8	1	3	442	1234.91	4	148348	447478
8	1	3	442	1234.91	4	148379	447457
8	1	3	442	1234.91	4	148409	447435
8	1	3	442	1234.91	4	148440	447413
8	1	3	443	189.2	1	146493	449700
8	1	3	444	760.88	3	148445	447409
8	1	3	444	760.88	3	148474	447389
8	1	3	444	760.88	3	148502	447368
9	1	1	145	892.89	3	155200	445135
9	1	1	145	892.89	3	155203	445151
9	1	1	145	892.89	3	155207	445168
9	1	1	146	1208.35	4	151974	446723
9	1	1	146	1208.35	4	151961	446706
9	1	1	146	1208.35	4	151949	446690
9	1	1	146	1208.35	4	151932	446686
9	1	1	147	1208.35	4	151974	446728
9	1	1	147	1208.35	4	151965	446711
9	1	1	147	1208.35	4	151953	446695
9	1	1	147	1208.35	4	151938	446685
9	1	2	295	632.64	3	155404	445593
9	1	2	295	632.64	3	155417	445605
9	1	2	295	632.64	3	155431	445612
9	1	2	296	1208.35	4	151973	446722
9	1	2	296	1208.35	4	151961	446706
9	1	2	296	1208.35	4	151949	446689
9	1	2	296	1208.35	4	151931	446686
9	1	2	297	892.89	3	155198	445136
9	1	2	297	892.89	3	155202	445153
9	1	2	297	892.89	3	155209	445168
9	1	3	445	1813.59	5	157713	444756
9	1	3	445	1813.59	5	157715	444775
9	1	3	445	1813.59	5	157698	444789
9	1	3	445	1813.59	5	157685	444810
9	1	3	445	1813.59	5	157680	444831
9	1	3	446	892.89	3	155205	445132
9	1	3	446	892.89	3	155200	445146
9	1	3	446	892.89	3	155203	445164

9	1	3	447	1208.35	4	151975	446727
9	1	3	447	1208.35	4	151965	446711
9	1	3	447	1208.35	4	151953	446694
9	1	3	447	1208.35	4	151937	446685
10	1	1	148	164.75	1	152410	448595
10	1	1	149	1455.58	4	147338	450492
10	1	1	149	1455.58	4	147358	450511
10	1	1	149	1455.58	4	147380	450528
10	1	1	149	1455.58	4	147403	450525
10	1	1	150	204.21	1	157679	446454
10	1	2	298	1455.58	4	147338	450491
10	1	2	298	1455.58	4	147357	450510
10	1	2	298	1455.58	4	147378	450527
10	1	2	298	1455.58	4	147401	450525
10	1	2	299	164.75	1	152411	448596
10	1	2	300	26.04	1	157679	446416
10	1	3	448	164.75	1	152405	448578
10	1	3	449	1455.58	4	147338	450491
10	1	3	449	1455.58	4	147357	450510
10	1	3	449	1455.58	4	147379	450527
10	1	3	449	1455.58	4	147401	450525
10	1	3	450	1455.58	4	147342	450497
10	1	3	450	1455.58	4	147363	450515
10	1	3	450	1455.58	4	147385	450530
10	1	3	450	1455.58	4	147409	450525
1	3	1	1	384.26	2	154195	444335
1	3	1	1	384.26	2	154121	444231
1	3	1	2	75.91	1	150516	448581
1	3	1	3	202.91	1	156815	447560
1	3	2	151	42.67	1	156103	447791
1	3	2	152	84.91	1	155555	446437
1	3	2	153	80.49	1	150497	448457
1	3	3	301	582.71	2	153684	444213
1	3	3	301	582.71	2	153565	444060
1	3	3	302	41.31	1	146732	448838
1	3	3	303	28.79	1	149252	450213
3	3	1	4	677.51	3	147470	449873
3	3	1	4	677.51	3	147346	449787
3	3	1	4	677.51	3	147223	449700
3	3	1	5	614.65	2	145466	450983
3	3	1	5	614.65	2	145426	450824
3	3	1	6	390.26	2	148250	448425
3	3	1	6	390.26	2	148330	448528
3	3	1	7	433.5	2	146496	450076
3	3	1	7	433.5	2	146604	450172
3	3	1	8	474.51	2	157204	445630
3	3	1	8	474.51	2	157087	445525
3	3	1	9	424.42	2	153969	445230
3	3	1	9	424.42	2	153883	445118
3	3	1	10	486.63	2	154217	445781
3	3	1	10	486.63	2	154119	445652
3	3	1	11	56.47	1	157226	445157
3	3	1	12	53.93	1	156219	444844
3	3	1	13	49.13	1	149366	447614
3	3	1	14	395.89	2	147330	449071

3	3	1	14	395.89	2	147435	449152
3	3	1	15	664.11	2	153630	446316
3	3	1	15	664.11	2	153495	446141
3	3	1	16	285.86	2	148098	448535
3	3	1	16	285.86	2	148155	448611
3	3	1	17	41.09	1	154805	446474
3	3	1	18	516.8	2	155848	444983
3	3	1	18	516.8	2	155746	444844
3	3	1	19	171.08	1	149641	447837
3	3	1	20	377.3	2	153236	446995
3	3	1	20	377.3	2	153327	447082
3	3	1	21	242.89	2	156111	444896
3	3	1	21	242.89	2	156179	444861
3	3	1	22	255.47	2	154747	445996
3	3	1	22	255.47	2	154662	445988
3	3	1	23	286.72	2	148659	448240
3	3	1	23	286.72	2	148601	448164
3	3	1	24	58.14	1	153017	446696
3	3	1	25	311.28	2	146875	449603
3	3	1	25	311.28	2	146954	449669
3	3	2	154	230.87	2	152770	446154
3	3	2	154	230.87	2	152723	446093
3	3	2	155	285.68	2	150991	446656
3	3	2	155	285.68	2	150987	446726
3	3	2	156	125.11	1	156056	445341
3	3	2	157	605.17	2	147118	450258
3	3	2	157	605.17	2	146969	450128
3	3	2	158	202.95	1	150960	445922
3	3	2	159	381.01	2	154830	445265
3	3	2	159	381.01	2	154753	445164
3	3	2	160	422.94	2	153678	445570
3	3	2	160	422.94	2	153592	445458
3	3	2	161	329.06	2	149808	448471
3	3	2	161	329.06	2	149874	448558
3	3	2	162	703.33	3	154364	445970
3	3	2	162	703.33	3	154268	445846
3	3	2	162	703.33	3	154323	445744
3	3	2	163	173.65	1	156523	445096
3	3	2	164	214.65	2	145559	449956
3	3	2	164	214.65	2	145596	449895
3	3	2	165	62.24	1	155078	444881
3	3	2	166	41.69	1	154931	446136
3	3	2	167	609.4	2	151919	447642
3	3	2	167	609.4	2	151795	447481
3	3	2	168	938.66	3	151225	446663
3	3	2	168	938.66	3	151098	446498
3	3	2	168	938.66	3	150971	446333
3	3	2	169	617.4	2	146472	450259
3	3	2	169	617.4	2	146317	450123
3	3	2	170	336	2	146779	450102
3	3	2	170	336	2	146699	450046
3	3	2	171	234.6	2	155471	444766
3	3	2	171	234.6	2	155402	444803
3	3	2	172	144.89	1	150014	448500
3	3	2	173	194.66	1	149955	447692

3	3	2	174	277.72	2	148885	447992
3	3	2	174	277.72	2	148943	448065
3	3	2	175	140.15	1	149516	447547
3	3	3	304	138.13	1	156946	443692
3	3	3	305	27.52	1	157348	445162
3	3	3	306	284.68	2	157203	445772
3	3	3	306	284.68	2	157133	445708
3	3	3	307	869.68	3	150934	446513
3	3	3	307	869.68	3	150816	446360
3	3	3	307	869.68	3	150697	446208
3	3	3	308	250.68	2	154552	444902
3	3	3	308	250.68	2	154502	444835
3	3	3	309	68.2	1	154296	446223
3	3	3	310	869.68	3	150949	446533
3	3	3	310	869.68	3	150832	446379
3	3	3	310	869.68	3	150712	446227
3	3	3	311	702.46	3	147365	449543
3	3	3	311	702.46	3	147491	449634
3	3	3	311	702.46	3	147618	449726
3	3	3	312	717.55	3	155386	445244
3	3	3	312	717.55	3	155291	445116
3	3	3	312	717.55	3	155197	444987
3	3	3	313	202.74	2	155813	444345
3	3	3	313	202.74	2	155847	444286
3	3	3	314	188.25	1	148758	448728
3	3	3	315	539.37	2	155625	445162
3	3	3	315	539.37	2	155518	445017
3	3	3	316	168.8	1	152007	446368
3	3	3	317	28.47	1	154070	444783
3	3	3	318	40.35	1	152035	446890
3	3	3	319	180.68	1	146942	449508
3	3	3	320	282.25	2	150366	447446
3	3	3	320	282.25	2	150308	447372
3	3	3	321	1827.72	5	154983	445730
3	3	3	321	1827.72	5	154834	445538
3	3	3	321	1827.72	5	154686	445344
3	3	3	321	1827.72	5	154536	445151
3	3	3	321	1827.72	5	154387	444959
3	3	3	322	472.21	2	154378	446063
3	3	3	322	472.21	2	154281	445938
3	3	3	323	246.8	2	147684	449032
3	3	3	323	246.8	2	147733	448966
3	3	3	324	74.47	1	149416	447591
3	3	3	325	769.03	3	151438	447409
3	3	3	325	769.03	3	151332	447275
3	3	3	325	769.03	3	151227	447140
4	3	1	26	78.42	1	146077	450009
4	3	1	27	701.46	3	156451	446173
4	3	1	27	701.46	3	156337	446067
4	3	1	27	701.46	3	156223	445961
4	3	1	28	791.41	3	150282	448542
4	3	1	28	791.41	3	150422	448443
4	3	1	28	791.41	3	150558	448351
4	3	1	29	142.44	1	150096	446175
4	3	1	30	633.14	2	153127	444419

4	3	1	30	633.14	2	152997	444253
4	3	1	31	79.91	1	148097	449849
4	3	1	32	116.5	1	150015	445947
4	3	1	33	365.57	2	150078	446157
4	3	1	33	365.57	2	150008	446056
4	3	2	176	314.89	2	156057	447809
4	3	2	176	314.89	2	156010	447715
4	3	2	177	106.96	1	149853	449622
4	3	2	178	302.56	2	147740	449785
4	3	2	178	302.56	2	147822	449845
4	3	2	179	38.04	1	148036	449871
4	3	2	180	633.14	3	153099	444383
4	3	2	180	633.14	3	153012	444272
4	3	2	180	633.14	3	152925	444161
4	3	2	181	398.42	2	152628	444967
4	3	2	181	398.42	2	152547	444862
4	3	2	182	1326.96	4	154064	443514
4	3	2	182	1326.96	4	153954	443705
4	3	2	182	1326.96	4	153807	443748
4	3	2	182	1326.96	4	153917	443556
4	3	2	183	64.24	1	149066	450781
4	3	3	326	259.5	2	147713	450046
4	3	3	326	259.5	2	147641	449997
4	3	3	327	44.72	1	147842	449850
4	3	3	328	808.15	3	153002	443838
4	3	3	328	808.15	3	153089	443681
4	3	3	328	808.15	3	153177	443524
4	3	3	329	384.45	2	150397	448295
4	3	3	329	384.45	2	150490	448336
4	3	3	330	423.75	2	156583	445877
4	3	3	330	423.75	2	156480	445781
4	3	3	331	687.57	3	156494	446130
4	3	3	331	687.57	3	156381	446027
4	3	3	331	687.57	3	156268	445925
4	3	3	332	946.71	3	153005	443732
4	3	3	332	946.71	3	153108	443549
4	3	3	332	946.71	3	153211	443365
4	3	3	333	633.14	3	153143	444441
4	3	3	333	633.14	3	153057	444330
4	3	3	333	633.14	3	152970	444219
7	3	1	34	59.11	1	148561	448113
7	3	1	35	327.91	2	152936	445366
7	3	1	35	327.91	2	152869	445280
7	3	1	36	928.09	3	150187	446904
7	3	1	36	928.09	3	150169	446775
7	3	1	36	928.09	3	150298	446907
7	3	1	37	171.64	1	149512	446201
7	3	1	38	308.91	2	146846	449373
7	3	1	38	308.91	2	146930	449432
7	3	1	39	48.14	1	154792	444280
7	3	1	40	604.48	2	155643	443606
7	3	1	40	604.48	2	155745	443433
7	3	1	41	322.76	2	149473	447179
7	3	1	41	322.76	2	149540	447263
7	3	1	42	227.78	2	149315	446710

7	3	1	42	227.78	2	149270	446649
7	3	1	43	843.3	3	155640	444211
7	3	1	43	843.3	3	155733	444048
7	3	1	43	843.3	3	155827	443886
7	3	1	44	59.88	1	156018	443829
7	3	1	45	358.25	2	149379	446304
7	3	1	45	358.25	2	149306	446210
7	3	1	46	376.06	2	150283	446657
7	3	1	46	376.06	2	150206	446558
7	3	1	47	593.95	2	149760	446550
7	3	1	47	593.95	2	149877	446708
7	3	1	48	297.86	2	152799	445969
7	3	1	48	297.86	2	152738	445890
7	3	2	184	422.81	2	149960	448124
7	3	2	184	422.81	2	150046	448235
7	3	2	185	164.59	1	147289	447853
7	3	2	186	928.09	3	150268	447008
7	3	2	186	928.09	3	150141	446846
7	3	2	186	928.09	3	150218	446802
7	3	2	187	1258.12	4	154620	443801
7	3	2	187	1258.12	4	154726	443620
7	3	2	187	1258.12	4	154832	443439
7	3	2	187	1258.12	4	154937	443257
7	3	2	188	446.27	2	156642	444322
7	3	2	188	446.27	2	156716	444193
7	3	2	189	319.65	2	155607	443615
7	3	2	189	319.65	2	155661	443523
7	3	2	190	310.53	2	155224	443631
7	3	2	190	310.53	2	155277	443542
7	3	2	191	565.51	2	147170	448622
7	3	2	191	565.51	2	147010	448522
7	3	2	192	249.45	2	153552	445051
7	3	2	192	249.45	2	153499	444996
7	3	2	193	123.13	1	147687	447528
7	3	2	194	262.76	2	152895	445913
7	3	2	194	262.76	2	152841	445845
7	3	2	195	280.23	2	152566	446572
7	3	2	195	280.23	2	152493	446556
7	3	2	196	261.31	2	156529	443978
7	3	2	196	261.31	2	156573	443903
7	3	2	197	553.07	2	155410	444169
7	3	2	197	553.07	2	155503	444010
7	3	2	198	285.05	2	146010	449246
7	3	2	198	285.05	2	145972	449191
7	3	3	334	14.86	1	152351	446769
7	3	3	335	529.91	2	156804	443877
7	3	3	335	529.91	2	156716	444030
7	3	3	336	1007.75	3	155047	444158
7	3	3	336	1007.75	3	155159	443964
7	3	3	336	1007.75	3	155271	443770
7	3	3	337	446.27	2	156683	444250
7	3	3	337	446.27	2	156758	444121
7	3	3	338	556.99	2	152654	447030
7	3	3	338	556.99	2	152539	446884
7	3	3	339	286.55	2	146957	449168

7	3	3	339	286.55	2	147026	449102
7	3	3	340	57.86	1	148665	448068
7	3	3	341	111.32	1	147621	448558
7	3	3	342	19.67	1	152091	445367
7	3	3	343	114.42	1	152648	446592
7	3	3	344	3.13	1	149299	446469
7	3	3	345	384.33	2	156659	443543
7	3	3	345	384.33	2	156773	443599
7	3	3	346	621.13	3	146684	448483
7	3	3	346	621.13	3	146769	448374
7	3	3	346	621.13	3	146854	448292
7	3	3	347	110.54	1	147862	448502
7	3	3	348	238.3	2	151244	445273
7	3	3	348	238.3	2	151169	445298
8	3	1	49	41.73	1	149096	446341
8	3	1	50	125.46	1	151618	445209
8	3	1	51	25.66	1	149945	447033
8	3	1	52	61.57	1	150215	446135
8	3	1	53	347.37	2	149568	448161
8	3	1	53	347.37	2	149631	448250
8	3	1	54	34.8	1	148060	447820
8	3	1	55	21.2	1	156469	443973
8	3	1	56	55.22	1	148073	447927
8	3	2	199	185.76	1	146531	449470
8	3	2	200	360.07	2	148987	446758
8	3	2	200	360.07	2	148913	446663
8	3	2	201	691.52	3	149521	446038
8	3	2	201	691.52	3	149626	445969
8	3	2	201	691.52	3	149775	445929
8	3	2	202	220.23	2	152411	445912
8	3	2	202	220.23	2	152366	445855
8	3	2	203	46.25	1	152359	445804
8	3	2	204	347.37	2	149548	448135
8	3	2	204	347.37	2	149618	448227
8	3	2	205	368.63	2	149370	448276
8	3	2	205	368.63	2	149446	448373
8	3	2	206	491.67	2	147170	448162
8	3	2	206	491.67	2	147270	448292
8	3	3	349	487.23	2	151620	445632
8	3	3	349	487.23	2	151720	445760
8	3	3	350	114.54	1	152303	446707
8	3	3	351	45.67	1	152044	445667
8	3	3	352	107.22	1	148164	447825
8	3	3	353	606.74	2	148532	447682
8	3	3	353	606.74	2	148662	447796
8	3	3	354	94.06	1	153792	444916
8	3	3	355	78.29	1	146447	449417
8	3	3	356	462.64	2	151344	445614
8	3	3	356	462.64	2	151249	445492
9	3	1	57	247.78	2	155146	445289
9	3	1	57	247.78	2	155099	445222
9	3	1	58	37.06	1	150937	447046
9	3	1	59	189.27	1	150843	448146
9	3	1	60	500.76	2	157671	444660
9	3	1	60	500.76	2	157588	444805

9	3	1	61	108.56	1	154717	444538
9	3	1	62	321.06	2	154477	444446
9	3	1	62	321.06	2	154415	444359
9	3	1	63	35.62	1	151843	445885
9	3	1	64	162.24	1	157786	445001
9	3	2	207	206.37	1	152008	446198
9	3	2	208	202.71	1	155209	445255
9	3	2	209	500.76	2	157674	444654
9	3	2	209	500.76	2	157591	444799
9	3	2	210	106.22	1	151897	446174
9	3	2	211	190.06	1	149788	448446
9	3	2	212	1109.07	4	158107	445499
9	3	2	212	1109.07	4	158208	445345
9	3	2	212	1109.07	4	158309	445189
9	3	2	212	1109.07	4	158409	445034
9	3	2	213	259.35	2	154004	444508
9	3	2	213	259.35	2	153952	444440
9	3	2	214	38.68	1	156312	444300
9	3	3	357	411.97	2	157490	444756
9	3	3	357	411.97	2	157558	444637
9	3	3	358	411.97	2	157485	444765
9	3	3	358	411.97	2	157553	444646
9	3	3	359	101.67	1	155214	445384
9	3	3	360	111.73	1	150241	447995
9	3	3	361	426.44	2	154694	444702
9	3	3	361	426.44	2	154611	444587
9	3	3	362	491.56	2	154724	444605
9	3	3	362	491.56	2	154628	444473
9	3	3	363	28.95	1	151390	446028
9	3	3	364	61.38	1	158280	445051
10	3	1	65	454.61	2	158981	445537
10	3	1	65	454.61	2	159093	445435
10	3	1	66	358.56	2	152548	448264
10	3	1	66	358.56	2	152596	448357
10	3	1	67	220.84	2	157582	446297
10	3	1	67	220.84	2	157636	446347
10	3	1	68	143.26	1	149634	449101
10	3	1	69	744.29	3	153383	447359
10	3	1	69	744.29	3	153503	447474
10	3	1	69	744.29	3	153622	447589
10	3	1	70	597.82	2	157049	446077
10	3	1	70	597.82	2	157198	446210
10	3	2	215	259.65	2	151750	448385
10	3	2	215	259.65	2	151774	448469
10	3	2	216	152.35	1	149521	449134
10	3	2	217	82.4	1	149532	449075
10	3	2	218	234.49	2	149977	448780
10	3	2	218	234.49	2	150038	448731
10	3	2	219	825.32	3	153244	448647
10	3	2	219	825.32	3	153132	448502
10	3	2	219	825.32	3	153031	448349
10	3	2	220	475	2	154865	447951
10	3	2	220	475	2	154850	448082
10	3	3	365	111.2	1	147353	450594
10	3	3	366	1049.07	4	148596	450431

10	3	3	366	1049.07	4	148457	450325
10	3	3	366	1049.07	4	148319	450218
10	3	3	366	1049.07	4	148180	450110
10	3	3	367	1382.23	4	148744	450495
10	3	3	367	1382.23	4	148564	450351
10	3	3	367	1382.23	4	148384	450207
10	3	3	367	1382.23	4	148204	450063
10	3	3	368	200.88	2	150622	448671
10	3	3	368	200.88	2	150610	448605
10	3	3	369	165.25	1	147545	450621
10	3	3	370	91.68	1	153856	447019
11	3	1	71	392.44	2	152014	448230
11	3	1	71	392.44	2	151975	448105
11	3	1	72	747.88	3	156397	446503
11	3	1	72	747.88	3	156517	446618
11	3	1	72	747.88	3	156634	446736
11	3	1	73	331.39	2	153261	447243
11	3	1	73	331.39	2	153341	447319
11	3	2	221	747.88	3	156342	446448
11	3	2	221	747.88	3	156461	446564
11	3	2	221	747.88	3	156579	446681
11	3	2	222	74.85	1	153630	446675
11	3	2	223	561.31	2	157326	446068
11	3	2	223	561.31	2	157465	446193
11	3	3	371	394.95	2	157843	445946
11	3	3	371	394.95	2	157771	446056
11	3	3	372	151.44	1	157511	445892
11	3	3	373	641.63	3	154533	446765
11	3	3	373	641.63	3	154600	446663
11	3	3	373	641.63	3	154497	446563
12	3	1	74	982.17	3	152650	447663
12	3	1	74	982.17	3	152805	447817
12	3	1	74	982.17	3	152959	447970
12	3	1	75	61.86	1	149361	448889
12	3	1	76	652.02	2	152426	447912
12	3	1	76	652.02	2	152348	447709
12	3	2	224	20.24	1	152934	447574
12	3	2	225	982.17	3	152632	447646
12	3	2	225	982.17	3	152787	447800
12	3	2	225	982.17	3	152942	447954
12	3	2	226	247.11	2	149161	448627
12	3	2	226	247.11	2	149211	448692
12	3	3	374	1116.84	4	152872	448177
12	3	3	374	1116.84	4	152741	448045
12	3	3	374	1116.84	4	152611	447912
12	3	3	374	1116.84	4	152479	447780
12	3	3	375	1039.29	3	152413	447769
12	3	3	375	1039.29	3	152539	447963
12	3	3	375	1039.29	3	152667	448155
12	3	3	376	260.86	2	149245	448459
12	3	3	376	260.86	2	149298	448528
1	2	1	77	181.12	1	153519	444031
1	2	1	78	624.21	2	147765	450945
1	2	1	78	624.21	2	147818	450988
1	2	1	79	519.94	2	149384	451299

1	2	1	79	519.94	2	149353	451251
1	2	2	227	519.94	2	149387	451305
1	2	2	227	519.94	2	149355	451258
1	2	2	228	624.21	2	147789	450966
1	2	2	228	624.21	2	147816	450957
1	2	2	229	624.21	2	147752	450934
1	2	2	229	624.21	2	147804	450979
1	2	3	377	519.94	2	149369	451281
1	2	3	377	519.94	2	149347	451228
1	2	3	378	605.34	2	155660	446584
1	2	3	378	605.34	2	155611	446538
1	2	3	379	605.34	2	155676	446600
1	2	3	379	605.34	2	155627	446554
3	2	1	80	890.55	3	156463	444948
3	2	1	80	890.55	3	156413	444904
3	2	1	80	890.55	3	156364	444861
3	2	1	81	4234.06	10	156048	444578
3	2	1	81	4234.06	10	155978	444515
3	2	1	81	4234.06	10	155908	444453
3	2	1	81	4234.06	10	155834	444395
3	2	1	81	4234.06	10	155741	444381
3	2	1	81	4234.06	10	155648	444369
3	2	1	81	4234.06	10	155554	444358
3	2	1	81	4234.06	10	155461	444347
3	2	1	81	4234.06	10	155368	444336
3	2	1	81	4234.06	10	155274	444324
3	2	1	82	2716.07	7	154126	444823
3	2	1	82	2716.07	7	154212	444823
3	2	1	82	2716.07	7	154298	444821
3	2	1	82	2716.07	7	154384	444820
3	2	1	82	2716.07	7	154471	444820
3	2	1	82	2716.07	7	154557	444821
3	2	1	82	2716.07	7	154643	444821
3	2	1	83	106.64	1	146334	450467
3	2	1	84	259.54	2	154343	444902
3	2	1	84	259.54	2	154326	444879
3	2	1	85	4234.06	10	156062	444591
3	2	1	85	4234.06	10	155992	444528
3	2	1	85	4234.06	10	155922	444465
3	2	1	85	4234.06	10	155850	444404
3	2	1	85	4234.06	10	155760	444383
3	2	1	85	4234.06	10	155667	444372
3	2	1	85	4234.06	10	155573	444361
3	2	1	85	4234.06	10	155480	444349
3	2	1	85	4234.06	10	155386	444338
3	2	1	85	4234.06	10	155293	444326
3	2	2	230	1019.79	3	154803	444957
3	2	2	230	1019.79	3	154758	444897
3	2	2	230	1019.79	3	154713	444836
3	2	2	231	4234.06	11	156058	444587
3	2	2	231	4234.06	11	155994	444530
3	2	2	231	4234.06	11	155931	444473
3	2	2	231	4234.06	11	155866	444417
3	2	2	231	4234.06	11	155788	444387
3	2	2	231	4234.06	11	155703	444376

3	2	2	231	4234.06	11	155618	444366
3	2	2	231	4234.06	11	155534	444356
3	2	2	231	4234.06	11	155449	444346
3	2	2	231	4234.06	11	155364	444335
3	2	2	231	4234.06	11	155279	444325
3	2	2	232	332.81	2	151726	446282
3	2	2	232	332.81	2	151703	446253
3	2	2	233	622.66	2	146437	449908
3	2	2	233	622.66	2	146488	449955
3	2	2	234	337.91	2	150057	447265
3	2	2	234	337.91	2	150034	447236
3	2	2	235	510.92	2	151774	446528
3	2	2	235	510.92	2	151739	446483
3	2	3	380	388.92	2	149213	448030
3	2	3	380	388.92	2	149239	448064
3	2	3	381	1981.83	6	149529	447565
3	2	3	381	1981.83	6	149573	447623
3	2	3	381	1981.83	6	149618	447681
3	2	3	381	1981.83	6	149663	447739
3	2	3	381	1981.83	6	149708	447797
3	2	3	381	1981.83	6	149752	447855
3	2	3	382	140.29	1	149431	447562
3	2	3	383	1332.62	4	154802	444772
3	2	3	383	1332.62	4	154875	444781
3	2	3	383	1332.62	4	154939	444815
3	2	3	383	1332.62	4	155013	444817
3	2	3	384	890.55	3	156455	444941
3	2	3	384	890.55	3	156405	444897
3	2	3	384	890.55	3	156356	444854
3	2	3	385	4234.06	11	156058	444587
3	2	3	385	4234.06	11	155994	444530
3	2	3	385	4234.06	11	155931	444473
3	2	3	385	4234.06	11	155866	444417
3	2	3	385	4234.06	11	155788	444387
3	2	3	385	4234.06	11	155703	444376
3	2	3	385	4234.06	11	155618	444366
3	2	3	385	4234.06	11	155534	444356
3	2	3	385	4234.06	11	155449	444346
3	2	3	385	4234.06	11	155364	444335
3	2	3	385	4234.06	11	155279	444325
4	2	1	86	1170.47	4	156050	447649
4	2	1	86	1170.47	4	156024	447589
4	2	1	86	1170.47	4	156005	447527
4	2	1	86	1170.47	4	155994	447463
4	2	1	87	1625.71	5	149038	448956
4	2	1	87	1625.71	5	149051	448972
4	2	1	87	1625.71	5	149064	448989
4	2	1	87	1625.71	5	149077	449006
4	2	1	87	1625.71	5	149090	449022
4	2	1	88	1987.05	5	153302	443993
4	2	1	88	1987.05	5	153282	443989
4	2	1	88	1987.05	5	153261	443986
4	2	1	88	1987.05	5	153240	443983
4	2	1	88	1987.05	5	153219	443979
4	2	1	89	310.77	2	149645	449467

4	2	1	89	310.77	2	149679	449470
4	2	1	90	776.61	3	149162	450020
4	2	1	90	776.61	3	149172	450073
4	2	1	90	776.61	3	149186	450129
4	2	1	91	1474.2	4	150689	445804
4	2	1	91	1474.2	4	150680	445810
4	2	1	91	1474.2	4	150670	445816
4	2	1	91	1474.2	4	150661	445821
4	2	2	236	210.52	2	149260	451126
4	2	2	236	210.52	2	149255	451103
4	2	2	237	313.76	2	149240	451082
4	2	2	237	313.76	2	149223	451052
4	2	2	238	1625.71	5	148894	448770
4	2	2	238	1625.71	5	148911	448792
4	2	2	238	1625.71	5	148927	448813
4	2	2	238	1625.71	5	148944	448835
4	2	2	238	1625.71	5	148961	448856
4	2	2	239	558.06	2	149743	449469
4	2	2	239	558.06	2	149797	449448
4	2	2	240	1474.2	4	150822	445682
4	2	2	240	1474.2	4	150791	445700
4	2	2	240	1474.2	4	150769	445722
4	2	2	240	1474.2	4	150770	445752
4	2	2	241	1987.05	6	153307	443994
4	2	2	241	1987.05	6	153289	443991
4	2	2	241	1987.05	6	153272	443988
4	2	2	241	1987.05	6	153255	443985
4	2	2	241	1987.05	6	153238	443982
4	2	2	241	1987.05	6	153220	443979
4	2	3	386	425.06	2	147876	447073
4	2	3	386	425.06	2	147873	447038
4	2	3	387	229.4	2	147330	450701
4	2	3	387	229.4	2	147311	450684
4	2	3	388	1474.2	4	150653	445868
4	2	3	388	1474.2	4	150655	445876
4	2	3	388	1474.2	4	150658	445885
4	2	3	388	1474.2	4	150661	445893
4	2	3	389	343.16	2	154272	444168
4	2	3	389	343.16	2	154234	444161
4	2	3	390	1625.71	5	148885	448758
4	2	3	390	1625.71	5	148901	448780
4	2	3	390	1625.71	5	148918	448801
4	2	3	390	1625.71	5	148935	448823
4	2	3	390	1625.71	5	148951	448844
4	2	3	391	138.89	1	156084	446677
7	2	1	92	945.96	3	150176	446449
7	2	1	92	945.96	3	150245	446435
7	2	1	92	945.96	3	150311	446411
7	2	1	93	165.29	1	147654	448324
7	2	1	94	1113.54	4	156755	445485
7	2	1	94	1113.54	4	156808	445452
7	2	1	94	1113.54	4	156861	445420
7	2	1	94	1113.54	4	156913	445387
7	2	1	95	222.99	2	147810	448180
7	2	1	95	222.99	2	147801	448157

7	2	1	96	3528	9	155185	444313
7	2	1	96	3528	9	155099	444303
7	2	1	96	3528	9	155012	444293
7	2	1	96	3528	9	154926	444282
7	2	1	96	3528	9	154840	444269
7	2	1	96	3528	9	154754	444254
7	2	1	96	3528	9	154668	444239
7	2	1	96	3528	9	154582	444224
7	2	1	96	3528	9	154496	444209
7	2	1	97	343.07	2	153020	445527
7	2	1	97	343.07	2	153051	445505
7	2	2	242	529	2	147479	448101
7	2	2	242	529	2	147515	448148
7	2	2	243	3528	9	155234	444319
7	2	2	243	3528	9	155148	444309
7	2	2	243	3528	9	155061	444299
7	2	2	243	3528	9	154975	444288
7	2	2	243	3528	9	154888	444278
7	2	2	243	3528	9	154803	444263
7	2	2	243	3528	9	154717	444247
7	2	2	243	3528	9	154631	444232
7	2	2	243	3528	9	154545	444217
7	2	2	244	1056.11	3	156651	445116
7	2	2	244	1056.11	3	156592	445064
7	2	2	244	1056.11	3	156534	445012
7	2	2	245	2765.08	8	149046	447066
7	2	2	245	2765.08	8	149093	447127
7	2	2	245	2765.08	8	149140	447188
7	2	2	245	2765.08	8	149186	447249
7	2	2	245	2765.08	8	149233	447310
7	2	2	245	2765.08	8	149281	447371
7	2	2	245	2765.08	8	149328	447431
7	2	2	245	2765.08	8	149376	447491
7	2	2	246	458.03	2	153238	445377
7	2	2	246	458.03	2	153280	445348
7	2	2	247	3528	9	155191	444314
7	2	2	247	3528	9	155105	444304
7	2	2	247	3528	9	155018	444293
7	2	2	247	3528	9	154932	444283
7	2	2	247	3528	9	154846	444270
7	2	2	247	3528	9	154760	444255
7	2	2	247	3528	9	154674	444240
7	2	2	247	3528	9	154588	444225
7	2	2	247	3528	9	154502	444210
7	2	3	392	329.19	2	149947	447121
7	2	3	392	329.19	2	149969	447150
7	2	3	393	478.95	2	147789	448324
7	2	3	393	478.95	2	147822	448366
7	2	3	394	3528	9	155202	444315
7	2	3	394	3528	9	155116	444305
7	2	3	394	3528	9	155029	444295
7	2	3	394	3528	9	154943	444284
7	2	3	394	3528	9	154857	444272
7	2	3	394	3528	9	154771	444257
7	2	3	394	3528	9	154685	444242

7	2	3	394	3528	9	154599	444227
7	2	3	394	3528	9	154514	444212
7	2	3	395	295.71	2	149812	447240
7	2	3	395	295.71	2	149838	447219
7	2	3	396	1369.23	4	150604	446201
7	2	3	396	1369.23	4	150561	446263
7	2	3	396	1369.23	4	150501	446299
7	2	3	396	1369.23	4	150432	446326
7	2	3	397	1113.54	4	156723	445504
7	2	3	397	1113.54	4	156776	445472
7	2	3	397	1113.54	4	156829	445439
7	2	3	397	1113.54	4	156881	445407
8	2	1	98	3230.52	8	148565	447899
8	2	1	98	3230.52	8	148570	447905
8	2	1	98	3230.52	8	148575	447912
8	2	1	98	3230.52	8	148580	447918
8	2	1	98	3230.52	8	148585	447925
8	2	1	98	3230.52	8	148590	447931
8	2	1	98	3230.52	8	148595	447938
8	2	1	98	3230.52	8	148600	447944
8	2	1	99	3230.52	8	148425	447721
8	2	1	99	3230.52	8	148434	447733
8	2	1	99	3230.52	8	148442	447744
8	2	1	99	3230.52	8	148451	447755
8	2	1	99	3230.52	8	148460	447766
8	2	1	99	3230.52	8	148468	447777
8	2	1	99	3230.52	8	148477	447788
8	2	1	99	3230.52	8	148486	447799
8	2	1	100	3230.52	8	148358	447634
8	2	1	100	3230.52	8	148367	447646
8	2	1	100	3230.52	8	148376	447657
8	2	1	100	3230.52	8	148384	447669
8	2	1	100	3230.52	8	148393	447680
8	2	1	100	3230.52	8	148402	447691
8	2	1	100	3230.52	8	148411	447703
8	2	1	100	3230.52	8	148419	447714
8	2	1	101	3230.52	8	148426	447723
8	2	1	101	3230.52	8	148435	447734
8	2	1	101	3230.52	8	148443	447745
8	2	1	101	3230.52	8	148452	447756
8	2	1	101	3230.52	8	148461	447767
8	2	1	101	3230.52	8	148469	447778
8	2	1	101	3230.52	8	148478	447789
8	2	1	101	3230.52	8	148487	447800
8	2	1	102	3230.52	8	148204	447578
8	2	1	102	3230.52	8	148214	447571
8	2	1	102	3230.52	8	148224	447563
8	2	1	102	3230.52	8	148234	447556
8	2	1	102	3230.52	8	148244	447549
8	2	1	102	3230.52	8	148255	447542
8	2	1	102	3230.52	8	148265	447534
8	2	1	102	3230.52	8	148275	447527
8	2	1	103	3230.52	8	148136	447626
8	2	1	103	3230.52	8	148144	447620
8	2	1	103	3230.52	8	148152	447614

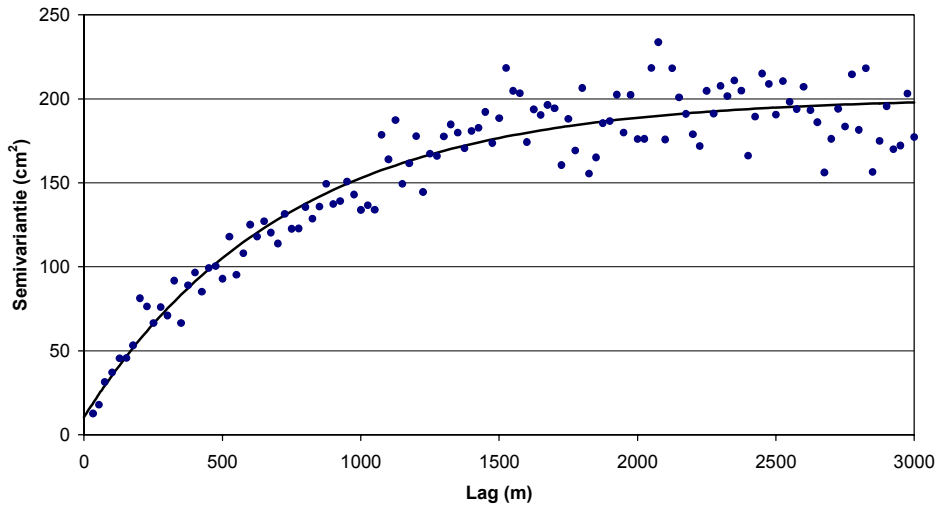
8	2	1	103	3230.52	8	148161	447608
8	2	1	103	3230.52	8	148169	447603
8	2	1	103	3230.52	8	148177	447597
8	2	1	103	3230.52	8	148185	447591
8	2	1	103	3230.52	8	148194	447585
8	2	2	248	3230.52	9	148197	447582
8	2	2	248	3230.52	9	148206	447576
8	2	2	248	3230.52	9	148215	447570
8	2	2	248	3230.52	9	148224	447563
8	2	2	248	3230.52	9	148234	447557
8	2	2	248	3230.52	9	148243	447550
8	2	2	248	3230.52	9	148252	447544
8	2	2	248	3230.52	9	148261	447537
8	2	2	248	3230.52	9	148270	447531
8	2	2	249	3230.52	9	148430	447727
8	2	2	249	3230.52	9	148437	447737
8	2	2	249	3230.52	9	148445	447747
8	2	2	249	3230.52	9	148453	447757
8	2	2	249	3230.52	9	148460	447767
8	2	2	249	3230.52	9	148468	447777
8	2	2	249	3230.52	9	148476	447786
8	2	2	249	3230.52	9	148483	447796
8	2	2	249	3230.52	9	148491	447806
8	2	2	250	945.72	3	147655	448214
8	2	2	250	945.72	3	147678	448197
8	2	2	250	945.72	3	147701	448180
8	2	2	251	945.72	3	147668	448205
8	2	2	251	945.72	3	147691	448188
8	2	2	251	945.72	3	147714	448171
8	2	2	252	3230.52	9	148354	447628
8	2	2	252	3230.52	9	148361	447639
8	2	2	252	3230.52	9	148369	447649
8	2	2	252	3230.52	9	148377	447659
8	2	2	252	3230.52	9	148385	447669
8	2	2	252	3230.52	9	148392	447679
8	2	2	252	3230.52	9	148400	447689
8	2	2	252	3230.52	9	148408	447699
8	2	2	252	3230.52	9	148416	447709
8	2	2	253	3230.52	9	148426	447722
8	2	2	253	3230.52	9	148433	447732
8	2	2	253	3230.52	9	148441	447742
8	2	2	253	3230.52	9	148448	447752
8	2	2	253	3230.52	9	148456	447761
8	2	2	253	3230.52	9	148464	447771
8	2	2	253	3230.52	9	148471	447781
8	2	2	253	3230.52	9	148479	447791
8	2	2	253	3230.52	9	148487	447801
8	2	3	398	3230.52	9	148496	447812
8	2	3	398	3230.52	9	148504	447822
8	2	3	398	3230.52	9	148512	447832
8	2	3	398	3230.52	9	148520	447842
8	2	3	398	3230.52	9	148528	447852
8	2	3	398	3230.52	9	148536	447862
8	2	3	398	3230.52	9	148543	447872
8	2	3	398	3230.52	9	148551	447882

8	2	3	398	3230.52	9	148559	447892
8	2	3	399	235.88	2	149474	448363
8	2	3	399	235.88	2	149491	448384
8	2	3	400	3230.52	9	148494	447810
8	2	3	400	3230.52	9	148502	447820
8	2	3	400	3230.52	9	148510	447830
8	2	3	400	3230.52	9	148518	447840
8	2	3	400	3230.52	9	148526	447850
8	2	3	400	3230.52	9	148534	447860
8	2	3	400	3230.52	9	148541	447870
8	2	3	400	3230.52	9	148549	447880
8	2	3	400	3230.52	9	148557	447890
8	2	3	401	3230.52	9	148281	447530
8	2	3	401	3230.52	9	148288	447542
8	2	3	401	3230.52	9	148297	447554
8	2	3	401	3230.52	9	148305	447565
8	2	3	401	3230.52	9	148314	447577
8	2	3	401	3230.52	9	148323	447588
8	2	3	401	3230.52	9	148331	447599
8	2	3	401	3230.52	9	148340	447611
8	2	3	401	3230.52	9	148349	447622
8	2	3	402	3230.52	9	148426	447722
8	2	3	402	3230.52	9	148433	447732
8	2	3	402	3230.52	9	148441	447742
8	2	3	402	3230.52	9	148449	447752
8	2	3	402	3230.52	9	148456	447762
8	2	3	402	3230.52	9	148464	447772
8	2	3	402	3230.52	9	148472	447782
8	2	3	402	3230.52	9	148479	447791
8	2	3	402	3230.52	9	148487	447801
8	2	3	403	3230.52	9	148567	447902
8	2	3	403	3230.52	9	148572	447908
8	2	3	403	3230.52	9	148576	447914
8	2	3	403	3230.52	9	148581	447919
8	2	3	403	3230.52	9	148585	447925
8	2	3	403	3230.52	9	148590	447931
8	2	3	403	3230.52	9	148594	447937
8	2	3	403	3230.52	9	148599	447943
8	2	3	403	3230.52	9	148603	447948
9	2	1	104	1194.37	4	149093	447923
9	2	1	104	1194.37	4	149107	447940
9	2	1	104	1194.37	4	149121	447958
9	2	1	104	1194.37	4	149135	447976
9	2	1	105	1851.37	5	151958	446759
9	2	1	105	1851.37	5	151946	446744
9	2	1	105	1851.37	5	151934	446729
9	2	1	105	1851.37	5	151922	446714
9	2	1	105	1851.37	5	151910	446698
9	2	1	106	1851.37	5	151831	446596
9	2	1	106	1851.37	5	151823	446585
9	2	1	106	1851.37	5	151814	446574
9	2	1	106	1851.37	5	151806	446563
9	2	1	106	1851.37	5	151797	446552
9	2	2	254	1851.37	5	152011	446828
9	2	2	254	1851.37	5	152001	446815

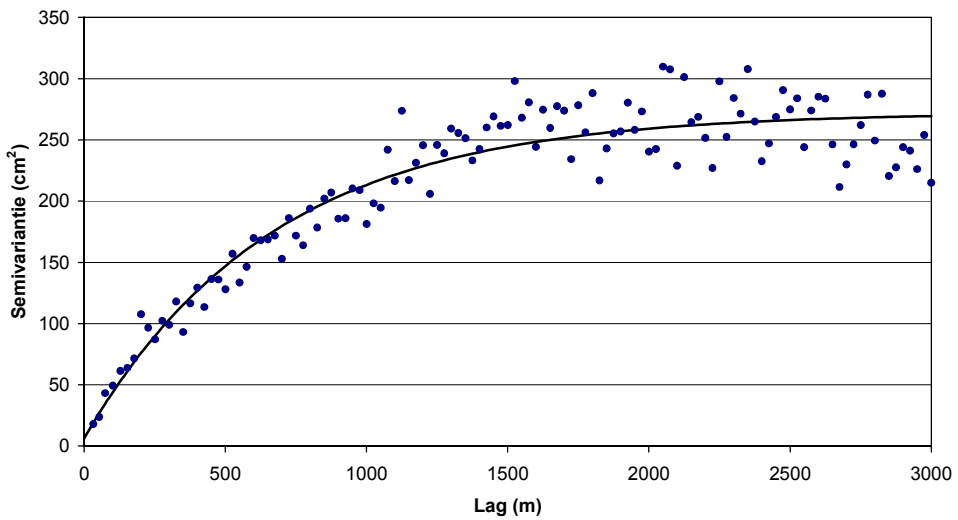
9	2	2	254	1851.37	5	151991	446802
9	2	2	254	1851.37	5	151980	446789
9	2	2	254	1851.37	5	151970	446775
9	2	2	255	1194.37	4	149093	447922
9	2	2	255	1194.37	4	149106	447940
9	2	2	255	1194.37	4	149120	447958
9	2	2	255	1194.37	4	149134	447976
9	2	2	256	1851.37	5	151832	446597
9	2	2	256	1851.37	5	151823	446586
9	2	2	256	1851.37	5	151815	446575
9	2	2	256	1851.37	5	151806	446564
9	2	2	256	1851.37	5	151798	446553
9	2	3	404	528.94	2	152441	446326
9	2	3	404	528.94	2	152477	446373
9	2	3	405	528.94	2	152449	446337
9	2	3	405	528.94	2	152486	446384
9	2	3	406	1194.37	4	149220	448086
9	2	3	406	1194.37	4	149230	448098
9	2	3	406	1194.37	4	149240	448110
9	2	3	406	1194.37	4	149249	448122
10	2	1	107	112.18	1	149121	449063
10	2	1	108	105.23	1	149537	448978
10	2	1	109	182.99	1	149302	449036
10	2	2	257	150.05	1	149222	449071
10	2	2	258	134.95	1	149105	449042
10	2	2	259	203.72	1	154696	447534
10	2	3	407	112.18	1	149129	449072
10	2	3	408	182.99	1	149295	449039
10	2	3	409	182.99	1	149307	449035
12	2	1	110	56.58	1	149403	448998
12	2	1	111	54.53	1	149409	448996
12	2	1	112	54.36	1	149379	449007
12	2	2	260	46.1	1	149427	448990
12	2	2	261	54.53	1	149417	448993
12	2	2	262	46.32	1	149428	448999
12	2	3	410	28.29	1	149430	448989
12	2	3	411	66.94	1	149357	449015
12	2	3	412	54.36	1	149379	449007

Bijlage 3 Semivariogrammen

GHG



GVG



GLG

