

2/uu6(er)er

Gebiedsdekkende basisinformatie voor het regionale waterbeheer in het waterschap Rijn en IJssel

Programmeringsstudie

**P.A. Finke
M.F.P. Bierkens
W. Drogen
J. Stolp**

Rapport 474

**DLO-Staring Centrum, Wageningen
Grontmij Geogroep BV, Roosendaal, 1996**

25 OKT. 1996



ISBN 931664

REFERAAT

Finke, P.A., M.F.P. Bierkens, W. Droesen en J. Stolp, 1996. *Gebiedsdekkende basisinformatie voor het regionale waterbeheer in het waterschap Rijn en IJssel; programmeringsstudie*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 474. 86 blz.; 10 fig.; 21 tab.; 20 ref.; 2 aanh.

Voor het Waterschap Rijn en IJssel is de gegevensbehoefte voor het regionaal waterbeheer onderzocht. De gegevensbehoeften van verschillende instrumenten voor het regionaal waterbeheer zijn vergeleken, waarna variabelen geïdentificeerd zijn die bij vrijwel alle instrumenten nodig zijn (het basispakket). Ook zijn twee uitbreidingspakketten gedefinieerd. Daarnaast zijn opties voor de gewenste ruimtelijke dichtheid van gegevensverzameling uitgewerkt. Combinaties van variabelenpakket en ruimtelijke dichtheid zijn als projectieve scenario's geanalyseerd op kosten, doorlooptijd en prioriteiten. De beste optie is verzameling van bodemgegevens en actualisatie van grondwatertrappen op een schaal van 1 : 50 000, alsmede het aanmaken van een gedetailleerd digitaal hoogtemodel.

Trefwoorden: bodem, grondwater, hydrologie

ISSN 0927-4499

©1996 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)
Postbus 125, 6700 AC Wageningen.
Tel.: (0317) 474200; fax: (0317) 424812; e-mail: postkamer@sc.dlo.nl

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

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Project 7567

[Rap474.HM/08.96]

Inhoud

	blz.
Woord vooraf	9
Samenvatting	11
1 Inleiding	15
2 Gegevensbehoefte bij het regionaal waterbeheer	17
2.1 Instrumenten van waterbeheer en bijbehorende gegevensbehoefte	17
2.1.1 Regionaal strategisch waterbeheer	19
2.1.2 Lokaal tactisch waterbeheer	21
2.1.3 Lokaal operationeel waterbeheer	25
2.2 Minimale gegevensbehoefte en uitbreidingsopties	28
2.2.1 Inleiding	28
2.2.2 Basispakket	30
2.2.3 Uitbreidingspakket I	31
2.2.4 Uitbreidingspakket II	32
2.3 Wenselijke bemonsteringsdichtheden	33
2.3.1 Methodiek voor de bepaling van de wenselijke bemonsteringsdichtheid	33
2.3.2 Proefgebied Deventer	34
2.3.3 Proefgebied Putten	36
2.3.4 Conclusies	39
3 Aanwezige gegevens	41
3.1 Beschikbaarheid en actualiteit van bodemkundige/hydrologische gegevens	41
3.1.1 Inleiding	41
3.1.2 Beschikbare bodemkundig/hydrologische gegevens	41
3.1.3 Actualiteitswaarde van bodemkundig/hydrologische gegevens	45
3.1.4 Conclusies omtrent bruikbaarheid bodemkundig/hydrologische gegevens	46
3.2 Beschikbaarheid en actualiteit van maaiveldhoogtegegevens	49
3.2.1 Behoeftte aan hoogtegegevens	49
3.2.2 Beschikbare hoogtekaarten	50
3.3 Beschikbaarheid, actualiteit en bruikbaarheid van (geo-)hydrologische gegevens	53
3.3.1 Beschikbaarheid, actualiteit en bruikbaarheid van grondwaterstandsgegevens	53
3.3.2 Drainageweerstand naar ontwateringsmiddelen	56
3.3.3 Geohydrologische parameters	56
4 Trajecten naar een gebiedsdekkend bestand	57
4.1 Actualiseren, verzamelen en gebruiksklaar maken van bodemkundige/hydrologische gegevens	57
4.1.1 Bodemkundig/hydrologische gegevens op schaal 1 : 10 000, gegevensdichtheid 150 boringen/km ²	57

4.1.2 Bodemkundig/hydrologische gegevens op schaal 1 : 50 000, gegevensdichtheid 15 boringen/km ²	57
4.1.3 Bodemkundig/hydrologische gegevens op schaal 1 : 50 000, gegevensdichtheid 0,5 boringen/km ²	58
4.2 Actualiseren, verzamelen en gebruiksklaar maken van maaiveldhoogtegegevens	59
4.2.1 Inwinningstechnieken	59
4.2.2 Conclusie en advies constructie digitale hoogtemodellen	61
4.3 Actualiseren, verzamelen en gebruiksklaar maken van (geo-)hydrologische gegevens	63
4.4 Scenario's voor gegevensverzameling	63
4.5 Analyse van de scenario's	65
4.5.1 Aannames, kosten en doorlooptijd	65
4.5.2 Discussie en conclusies	70
5 Conclusies en aanbevelingen	75
Literatuur	77

Tabellen

1 Gegevensbehoefte van 8 verschillende instrumenten voor 3 niveaus van waterbeheer	28
2 Inhoud van het basispakket gegevens	31
3 Inhoud van het uitbreidingspakket I	32
4 Inhoud van het uitbreidingspakket II	33
5 Kwaliteit van interpolaties (in cm) als functie van de dichtheid van het meetnet en de dichtheid van het net met hulpinformatie (schattingen van grondwaterstanden uit maaiveldhoogtegegevens)	39
6 Classificatie van bodemkundig/hydrologische gegevens naar schaal en opslagmedium	42
7 Beschikbare bodemkundig/hydrologische gegevens in het onderzoeksgebied	43
8 Beoordeling van de actualiteit van aanwezige bodemkundig/hydrologische informatie	45
9 Beoordeling van de bruikbaarheid van aanwezige bodemkundig/hydrologische informatie	47
10 Aantal profielbeschrijvingen met analysegegevens in het BIS per blad van de topografische kaart 1 : 25 000	49
11 Kentallen beschikbare hoogtekaarten	51
12 Aantal grondwaterstandsbuizen met actualiteitswaarde (ondiepe filters) in OLGA	54
13 Klassificatie waterlopenpatroon volgens Ernst	56
14 Kosten en doorlooptijd om te komen tot gebiedsdekkende Bodem- en Gt-kaarten en boorpunten op schaal 1 : 10 000	57
15 Kosten en doorlooptijd om te komen tot gebiedsdekkende Bodem- en Gt-kaarten en boorpunten op schaal 1 : 50 000	58
16 Kosten en doorlooptijd om te komen tot gebiedsdekkende Bodem- en Gt-kaarten schaal 1 : 50 000 en boorpuntgegevens met een dichtheid van 0,5/km ²	58
17 Kentallen inwinningstechnieken	59

18 Omschrijving van scenario's voor gegevensverzameling	64
19 Kosten en doorlooptijd van de verzameling van statische gegevens per scenario.	66
20 pm-posten bij de verzameling van dynamische gegevens per scenario	68
21 Statische en dynamische gegevens welke bij keuze voor een scenario nog ontbreken voor het kunnen toepassen van de 8 instrumenten voor waterbeheer	69
22 Aanbevolen keuzes voor gegevensverzameling	75

Figuren

1 Modellen en methoden bij verschillende types waterbeheer	17
2 Relatie tussen de bemonsteringsdichtheid en de gemiddelde kwaliteit van interpolaties van grondwaterstanden op 26 Oktober 1993	35
3 Relatie tussen de bemonsteringsdichtheid en de gemiddelde kwaliteit van interpolaties van grondwaterstanden op 13 April 1994	35
4 Relatie tussen de bemonsteringsdichtheid en de gemiddelde kwaliteit van interpolaties van grondwaterstanden op 5 Juli 1994	36
5 Relatie tussen de bemonsteringsdichtheid en de gemiddelde kwaliteit van interpolaties van grondwaterstanden op 17 maart 1993 bij Putten, zonder gebruik te maken van hoogtegegevens	37
6 Relatie tussen de bemonsteringsdichtheid en de gemiddelde kwaliteit van interpolaties van grondwaterstanden, gebruikmakend van 1 maaiveldhoogte per ha	38
7 Relatie tussen de bemonsteringsdichtheid en de gemiddelde kwaliteit van interpolaties van grondwaterstanden, gebruikmakend van 4 maaiveldhoogten per ha	38
8 Locatie van karteringsprojecten in het gebied van het Waterschap Rijn en IJssel	44
9 Locatie van grondwaterstandsbuizen met ondiepe filters en voldoende meetreekslengte	55
10 Prioriteit, tijdsbesteding en doorlooptijd van de scenario's	71

Aanhangsels

1 Bruikbare stambuisinformatie in OLGA	79
2 Rapporten over beschikbare bodemkundige informatie	81

Woord vooraf

Voor u ligt het resultaat van programmeringsstudie naar de gegevensbehoefte voor het regionaal waterbeheer in het gebied van het Waterschap Rijn en IJssel. Het onderzoek is in opdracht van het Waterschap i.o., de Waterleidingmaatschappij Oostelijk Gelderland en de Provincie Gelderland uitgevoerd medio 1996.

De rapportage over de gebruikswaarde van en actualisatiemethoden voor maaiveldhoogtegegevens is uitgevoerd door de Grontmij Geogroep B.V..

Dank is verschuldigd aan de heren A. Oldenkamp, A.H.C. Te Pas en H. Witteveen van het Waterschap i.o. voor hun bijdragen aan de definitie van het onderzoeksobject en het verschaffen van informatie.

Samenvatting

In het kader van de integrale herbeoordeling waterhuishouding door het Waterschap Rijn en IJssel wordt aandacht gegeven aan de definitie van instrumenten voor het regionale waterbeheer en aan de bijbehorende gegevensbehoefte. Aan DLO-Staring Centrum en de Grontmij is opdracht gegeven om, ter ondersteuning van discussies tussen waterbeheerders in het gebied van het Waterschap, een programmeringsstudie naar deze gegevensbehoefte uit te voeren.

De gegevensbehoefte voor het kunnen uitvoeren van regionaal waterbeheer is afhankelijk van de instrumenten die hierbij worden toegepast. Een aantal variabelen zijn echter noodzakelijk voor vrijwel alle instrumenten. Deze variabelen zijn geïnventariseerd door de gegevensbehoefte van een aantal instrumenten te analyseren en de grootste gemene deler te bepalen. Voor het bepalen van de grootste gemene deler (het **basispakket**) is het volgende criterium toegepast: *De gegevens die nodig zijn voor alle geïdentificeerde instrumenten voor lokaal-tactisch waterbeheer waarmee effecten van ingrepen kunnen worden voorspeld.* Met de inhoud van het basispakket wordt dus niet de gehele gegevensbehoefte van het instrumentarium voor regionaal waterbeheer afgedekt. Hiervoor zijn meer gegevens nodig. Daarom zijn twee optionele uitbreidingspakketten gedefinieerd. Uitbreidingspakket I is gedefinieerd als *De variabelen die voor zowel instrumenten voor het regionaal-strategische als het lokaal-operationele waterbeheer noodzakelijk zijn.* Uitbreidingspakket II is gedefinieerd als *De gegevens die, als het basispakket en uitbreidingspakket I zijn verzameld, nog ontbreken om een regionale modelstudie te kunnen uitvoeren.*

Basispakket

Het basispakket omvat de volgende gegevens:

- Statische gegevens: Een digitaal hoogtemodel (DTM) en een actuele digitale Bodem- en Gt-kaart
- Dynamische gegevens: De dagelijkse neerslag en verdamping, peilen van waterlopen binnen het gebied en stijghoogten in peilbuizen.

Uitbreidingspakket I

Uitbreidingspakket I omvat de volgende gegevens:

- Statische gegevens: Een digitaal bestand met het bodemgebruik en het gewas, de digitale topografische kaart, een digitaal bestand met drainageweerstanden naar primaire, secundaire en tertiaire ontwateringsmiddelen en digitale bestanden met de bodemopbouw en bodemeigenschappen op puntlokaties.
- Dynamische gegevens: geen.

Uitbreidingspakket II

Uitbreidingspakket II omvat de volgende gegevens:

- Statische gegevens: Een geohydrologische laagindeling van de ondergrond met verticale weerstanden, transmissiviteiten en bergingscoëfficiënten.
- Dynamische gegevens: Onttrekkingsgegevens en peilen van waterlopen ten behoeve van modelinitialisatie en aan de rand van het gebied.

Bemonsteringsdichtheden

Naast het vaststellen van de aard van de te verzamelen gegevens, is het noodzakelijk om een keuze te maken voor een ruimtelijke dichtheid van de gegevensverzameling. Uit een analyse blijkt, dat bij het voorspellen van grondwaterstanden op onbezochte lokaties actuele digitale maaiveldhoogtegegevens op puntlokaties goed bruikbaar zijn als hulpinformatie. Bij aanwezigheid van actuele hoogtegegevens kan fors bezuinigd worden op het aantal te verzamelen bodembeschrijvingen zonder groot kwaliteitsverlies bij het voorspellen van grondwaterstanden. Met deze resultaten zijn drie verder te onderzoeken bemonsteringsdichtheden voor het verzamelen van bodemkundige gegevens en digitale hoogtegegevens gedefinieerd:

- Een bemonsteringsdichtheid corresponderend met een 1 : 10 000 kartering (150 observaties per km²) en een DTM van 100 punten per km²;
- Een bemonsteringsdichtheid corresponderend met een 1 : 50 000 kartering (15 observaties per km²) en een DTM van 400-700 punten per km²;
- Een minimum bemonsteringsdichtheid, corresponderend met een 1 : 50 000 bodem- en Gt-kaart en 0,5 observaties per km² en een DTM van meer dan 75.000 punten per km².

Bemonsteringsscenario's

De drie opties voor de keuze van variabelen en de drie ruimtelijke dichtheden van het verzamelen van die variabelen zijn uitgewerkt in de vorm van 9 scenario's voor gegevensverzameling. De B-scenario's hebben betrekking op het basispakket, de M-scenario's op een combinatie van het basispakket met uitbreidingspakket I, en de G-scenario's hebben betrekking op het basispakket en beide uitbreidingspakketten. De ruimtelijke dichtheid van een DTM en bodemkundige informatie in de scenario's (codes 1, 2 en 3) hangen tot op zekere hoogte met elkaar samen.

		Ruimtelijke gegevensdichtheid		
		laag →	Hoogtegegevens →	hoog
Aantal variabelen in pakket	Basispakket	B1	B2	B3
	Middelgroot pakket	M1	M2	M3
	Groot pakket	G1	G2	G3

hoog ← Bodemgegevens ← laag

De kosten en doorlooptijd van deze scenario's zijn bepaald, uitgaande van de reeds beschikbare informatie, welke eventueel deels moet worden geactualiseerd. Hierbij zijn alleen voor de statische gegevens kosten- en doorlooptijdschattingen gemaakt. Om deze reden zijn de resultaten voor de M- en G-scenario's hetzelfde. Ook is gekeken naar de duurzaamheid van deze statische gegevens.

Scenario B1 kost Kf 15.322 en heeft een doorlooptijd van 10 jaar, B2 kost Kf 1.530 en duurt 3 jaar, B3 kost Kf 1.905 en duurt ook 3 jaar.

De scenario's M1 en G1 kosten Kf 15.411 en hebben een doorlooptijd van 10 jaar, M2 en G2 kosten Kf 3.249 en duren 4 jaar, M3 en G3 kosten Kf 2.026 en duren ook 3 jaar.

Conclusies

De voornaamste conclusies en aanbevelingen uit de analyse van de scenario's voor gegevensverzameling zijn:

- Bij het aanmaken van een gebiedsdekkend DTM biedt een DTM uit laserscanning de beste prijs/kwaliteitsverhouding. Actualisatie en digitalisatie van een DTM met 4-7 punten/ha is een tweede, kwalitatief mindere optie.
- Analyse van scenario's voor gegevensverzameling heeft geleid tot de volgende aanbevelingen:
 - 1 Verzameling van bodem- en Gt-gegevens met een dichtheid van 15/km² (schaal 1 : 50 000) is te prefereren boven een dichtheid van 150/km² (schaal 1 : 10 000) vanwege de veel lagere kosten en de vergelijkbare kwaliteit bij het voorspellen van grondwaterstanden door het toepassen van DTM bij ruimtelijke interpolatie.
 - 2 Eerste keus bij verzameling van het basispakket gegevens is het scenario B3 (voornaamste kostenposten: DTM uit laserscanning en actualisatie Bodem- en Gt-kaart 1 : 50 000).
 - 3 Bij de keuze tussen uitbreidingspakket I enerzijds of I en II anderzijds wordt aangeraden voor beide te kiezen vanwege de geringe meerkosten.
 - 4 Eerste keus bij verzameling van het basispakket met uitbreidingspakketten is het scenario M2 of G2 (voornaamste kostenposten: geactualiseerd DTM 4-7 punten/ha, actualisatie Bodem- en Gt-kaart 1 : 50 000 en verzameling bodemprofielbeschrijvingen op 15 locaties/km²). Een verbetering van M2/G2 is het aanmaken van een DTM uit laserscanning. Dit kost ca. f375.000,- meer.
- Van de 'statische gegevens' is de duurzaamheid van landgebruiksgegevens, de Gt-kaart en hoogtegegevens het laagst. Indien een van de gedefinieerde instrumenten voor lokaal-tactisch waterbeheer operationeel is, en aan de gegevensbehoefte is voldaan, heeft het Waterschap de instrumenten om een Gt-actualisatie uit te voeren zonder dat een uitgebreide veldcampagne nodig is. Voor het bepalen van de actualisatiebehoefte van het DTM verdient het aanbeveling een archief van grondverzet bij te houden en op basis hiervan deze noodzaak regelmatig te beoordelen. Landgebruiksgegevens worden in principe 5-jaarlijks geactualiseerd.
- Een verzameling van bodemkundige gegevens in 2 fasen (eerst gebiedsdekkend 1 : 50 000, dan lokaal 1 : 10 000) geeft de regionale waterbeheerders gelegenheid om prioriteiten toe te kennen aan gegevensverzameling 1 : 10 000. Mede gezien de relatief geringe meerkosten (minder dan 1% van de totale kosten van de scenario's B1 en M1/G1), wordt daarom een gefaseerde verzameling van bodemkundige gegevens aanbevolen.

1 Inleiding

Motivatie

In het kader van de integrale herbeoordeling waterhuishouding door het Waterschap Rijn en IJssel wordt aandacht gegeven aan de definitie van instrumenten voor het regionale waterbeheer en aan de bijbehorende gegevensbehoefte. Tevens wordt gewerkt aan de implementatie van een GIS-systeem in de organisatie. Dit systeem vereist actuele, gebiedsdekkende digitale bestanden met o.a. bodem-, grondwatertrap-(Gt) en hoogtegegevens. Dit rapport bevat een evaluatie van de benodigde informatie en een aantal mogelijkheden voor het verkrijgen van deze informatie.

Hoofdstukindeling en leeswijzer

Hoofdstuk 2 gaat in op de gegevensbehoefte bij het regionaal waterbeheer. Omdat deze gegevensbehoefte kan verschillen met de methoden en instrumenten voor het waterbeheer, wordt eerst de gegevensbehoefte van een aantal mogelijke instrumenten geïnventariseerd. Door onderlinge vergelijking volgt hieruit een basispakket met gegevens die nodig zijn bij de meeste instrumenten. Naast het soort gegevens is de ruimtelijke dichtheid van gegevensverzameling van belang. Hierop wordt ingegaan, en er worden conclusies getrokken over gewenste bemonsteringsdichtheden.

Hoofdstuk 3 geeft een uitgebreid overzicht van de aanwezige gegevens in het gebied van het Waterschap. De bruikbaarheid van deze gegevens is een functie van de compleetheid, beschikbaarheid en actualiteit, en bepaalt de grootte van eventueel benodigde bemonsteringsinspanningen. Er worden conclusies getrokken over de bruikbaarheid van de aanwezige gegevens.

Hoofdstuk 4 beschrijft een aantal scenario's voor gegevensverzameling welke leiden tot complete, actuele bestanden voor het regionale waterbeheer. Naast een beschrijving van de uit te voeren activiteiten, worden de scenario's tevens geëvalueerd op kosten en doorlooptijd.

Hoofdstuk 5 geeft een overzicht van de conclusies en aanbevelingen

Voor het verkrijgen van een goed beeld is het raadzaam tenminste de volgende hoofdstukken te lezen:

- Hoofdstuk 2.2, waarin datapakketten van variabelen benodigd voor het regionaal waterbeheer worden gedefinieerd,
- Hoofdstuk 2.3.4, waarin conclusies over wenselijke bemonsteringsdichtheden worden getrokken,
- Hoofdstuk 4.4, waarin de scenario's voor gegevensverzameling worden gedefinieerd,
- Hoofdstuk 4.5, waarin de scenario's worden geanalyseerd op kosten en doorlooptijd,
- Hoofdstuk 5, waarin de conclusies en aanbevelingen worden gegeven.

Werkverdeling en referentiemateriaal

Een deel van de rapportage is uitgevoerd door de Grontmij Geogroep BV, nl. de analyse van de maaiveldhoogtegegevens (hoofdstukken 3.2 en 4.2). De Grontmij heeft haar rapportage gebaseerd op:

- Aangedragen kaartmateriaal door waterschappen
- Gesprek met Te Pas contactpersoon Waterschap Rijn en IJssel d.d. 31 mei 1996 te Lochem
- Adviesvoorstel keuze digitale hoogtegegevens, Dick Vastenhoud, Waterschap van de Berkel, 26 januari 1996.
- Kennis en ervaring van Grontmij Geogroep en Grontmij Ruimtelijke Inrichting. Bij de rapportage van DLO-Staring Centrum is gebruik gemaakt van:
 - Aangedragen kaartmateriaal door waterschappen
 - Overleg met Te Pas en H. Witteveen, Waterschap Rijn en IJssel, over scenario's voor bemonsteringsdichtheden
 - de kaart '*Landinrichting in Nederland (stand per 1 januari 1996)*' van de Dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden
 - Kennis en ervaring bij DLO-Staring Centrum
 - De OLGA-database van TNO-GG.

2 Gegevensbehoefte bij het regionaal waterbeheer

2.1 Instrumenten van waterbeheer en bijbehorende gegevensbehoefte

Bij de inventarisatie van het mogelijke instrumentarium (modellen en methodieken) dat gebruikt kan worden bij het waterbeheer van provincies en waterschappen kan men onderscheid maken tussen verschillende schaalniveaus en het type waterbeheer dat bij deze schaalniveaus past. Figuur 1 geeft een overzicht van de verschillende niveaus van waterbeheer en geeft voorbeelden van modellen en methodieken die hierbij zouden kunnen worden gebruikt. In deze paragraaf worden deze beheersniveaus achtereenvolgens besproken. Omschreven wordt wat het werkkerrein is van het waterbeheer op de verschillende niveaus. In de secties 2.1.1, 2.1.2 en 2.1.3 wordt beschreven, welke methodieken of modellen bij de drie niveaus van beheer kunnen worden gebruikt, welke gegevens nodig zijn om deze modellen of methodieken succesvol te kunnen toepassen en op welke schaal deze gegevens nodig zijn.

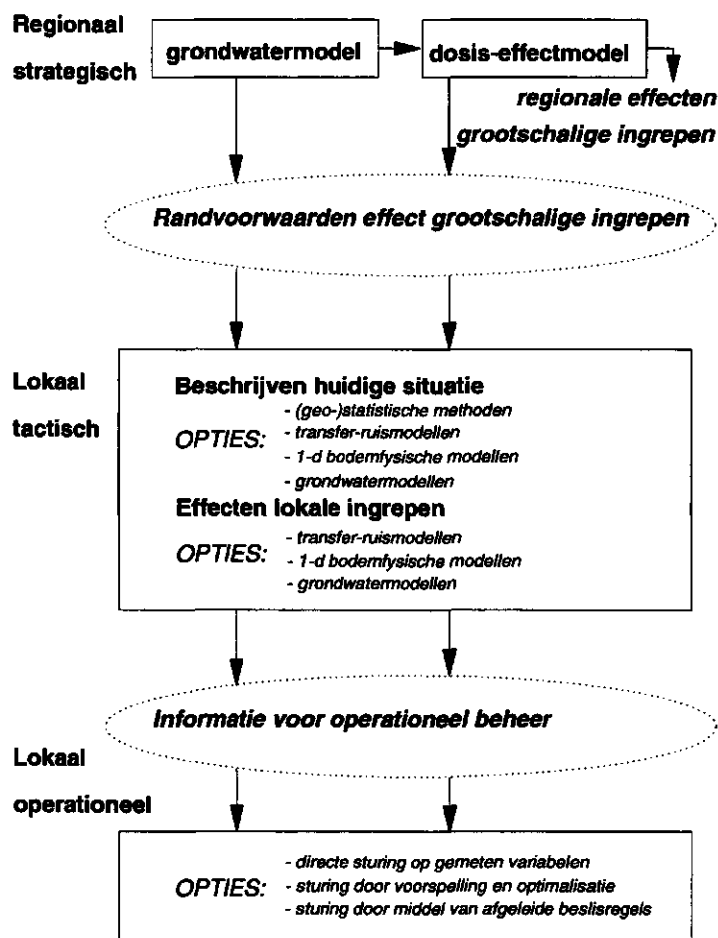


Fig. 1 Modellen en methoden bij verschillende types waterbeheer

Werkterrein regionaal strategisch waterbeheer

Het regionaal waterbeheer beweegt zich op de ruimtelijke schaal van provincies, grotere waterschappen en zuiveringschappen of enige waterschappen gezamenlijk. Het beheer wordt 'strategisch' genoemd omdat het gaat om het beheer dat beleidsdoelen op langere termijn (decaden) moet kunnen ondersteunen. Bij het regionaal strategisch waterbeheer is het van belang om de effecten op de regionale waterhuishouding te kunnen vaststellen die het gevolg zijn van menselijke ingrepen in het hydrologisch systeem. Bij effecten kan men denken aan regionale veranderingen van de grondwaterstand en de grondwaterkwaliteit, veranderingen in de regionale waterbalans en de effecten hiervan op landbouw en natuur in de regio. Ingrepen die een regionaal effect hebben zijn bijvoorbeeld het ontwikkelen van nieuwe drinkwaterwinningen, de aanleg van grote civieltechnische werken en landinrichtingsprojecten. Naast het analyseren van de effecten op de regionale waterhuishouding is een belangrijke taak van het regionaal strategisch waterbeheer om de verschillende hydrologische ingrepen en bijbehorende belangen op elkaar af te stemmen en af te stemmen op regionale beleidsdoelstellingen die zijn neergelegd in het streekplan of het provinciaal waterhuishoudingsplan. Tot de regionale waterbeheerders behoren de provincies, de grote waterschappen en zuiveringschappen en de regionale nutsbedrijven.

Werkterrein lokaal tactisch waterbeheer

Lokaal tactisch waterbeheer richt zich op het beheer van water op middellange termijn (jaren) binnen lokale beheerseenheden zoals waterschappen en zuiveringschappen of ingreepseenheden zoals landinrichtingsprojecten. De kleinste eenheden waarmee gewerkt wordt zijn meestal peilvakken of substroomgebieden, maar soms kunnen ook beheersuitspraken op het niveau van percelen worden beoogd. Het beheer richt zich met name op het monitoren van de bestaande situatie (de grondwaterstand, waterkwaliteit of gebiedsafvoer op regelmatige tijdstippen) of het analyseren van de lokale effecten van verschillende peilbeheersvarianten of bepaalde lokale ingrepen zoals aanpassingen van het ontwaterings- en afwateringssysteem. De lokale effecten hebben direct betrekking op gebiedsafvoeren en grondwaterstanden (vernatting, verdroging), maar deze kunnen vertaald worden naar effecten op natuur, landbouw en de uitspoeling van meststoffen binnen de lokale beheerseenheid (b.v. het waterschap).

Werkterrein lokaal operationeel waterbeheer

Het operationele waterbeheer betreft de routinematige (van dag tot dag) meting en beheersing van de waterkwaliteit, grondwaterstanden en oppervlaktewaterpeilen in het beheersgebied. Typische beheerseenheden zijn peilvakken of substroomgebieden op waterschapsniveau. Behalve in gebieden met strikte peilbesluiten gebeurt het operationele waterbeheer in veel gevallen nog op een eenvoudige wijze. De waterkwaliteit wordt veelal sporadisch gemeten en stuwhoogtes worden meestal handmatig aangepast op basis van gemeten oppervlaktewaterpeilen en weersverwachtingen. Veelal op vergelijkbare wijze worden gemalen aangestuurd en wordt water ingelaten. Het valt echter te verwachten dat in de nabije toekomst het operationeel waterbeheer steeds meer zal worden geautomatiseerd. Verder worden de waterschappen steeds meer gezien als grondwaterbeheerders (kwaliteit en kwantiteit) en spelen steeds meer belangen, behalve de landbouwkundige een rol bij

het waterbeheer. Dit betekent enerzijds dat ook de grondwaterstanden en de grondwaterkwaliteit bij het beheer worden betrokken en anderzijds dat het peilbeheer behalve het garanderen van een bepaalde drooglegging meer doelen moet dienen: vernatting natuurgebieden, het vasthouden van water, de minimalisatie van de inlaat van gebiedsvreemd water en de minimalisatie van fosfaat- en nitraatuitspoeling. Deze nieuwe taken van de lokale waterbeheerders hebben tot gevolg dat meer en meer gezocht wordt naar betrekkelijk eenvoudige modellen en methoden om complexe beslissingen op het gebied van het operationeel waterbeheer te ondersteunen.

2.1.1 Regionaal strategisch waterbeheer

Instrumentarium

Het instrumentarium dat bij regionaal strategisch waterbeheer bij uitstek wordt gebruikt is een regionaal grondwatermodel, bij voorkeur met een oppervlaktewatermodule en een bodemwatermodule. Voorbeelden van dergelijke modellen zijn SIMGRO (SC-DLO), TRIWACO (IWACO) en modellen gemaakt met MICRO-FEM gekoppeld aan een eenvoudig bodemfysisch model (Gehrels, 1995).

Gegevensbehoefte

Bij de beschrijving van de gegevensbehoefte gaan we er van uit dat het regionale model niet-stationair is. Waar nodig zullen we aangegeven wat de gegevensbehoefte is als stationair wordt gerekend.

Meteorologische gegevens

— Neerslag en potentiële verdamping op dagbasis van alle stations in en rond de regio waar dagelijks wordt gemeten (KNMI). Bij stationaire modellering zijn decadecijfers voldoende. De lengte van de reeksen komt overeen met de benodigde lengte van de grondwaterstandsreeksen (zie hieronder).

Oppervlaktegegevens

- landgebruik en soort gewas uit het LGN-bestand (landsdekkend aanwezig bij SC-DLO).
- Digitaal terrein model van het gebied, gebaseerd op 4 punten per hectare (Topografische Dienst).
- Topografische kaarten van het gebied (schaal 1 : 50 000) (Topografische Dienst).

Gegevens oppervlaktewater

- Gegevens rivieren, kanalen, primaire en secundaire waterlopen: ligging, natte doorsnede, peil en intreeweerstand (Waterstaat en waterschappen).
- Kaarten met per deelgebied de drainageweerstanden van de tertiaire waterlopen en eventuele peilen. Deze gegevens zijn vaak niet aanwezig. Zij moeten dan worden benaderd (Ernst, 1962; Bruggeman, 1978) uit de 1 : 50 000 bodemkaart (grondsoort en bijbehorende doorlatendheid), incidentele veldopnamen (gemiddelde afstand en dimensies ontwateringsmiddelen) en gegevens over de intreeweerstand (Jousma en Massop, 1996). Massop en de Wit (1994) berekenden voor Gelderland ten oosten van de IJssel gebiedsdekkende drainageweerstanden uit de slootdichtheid (afgeleid uit 1 : 25 000 waterlopenkaart), grondwatertrap (afgeleid uit 1 : 50 000 Gt-kaart) en geohydrologische opbouw.

- (alternatief: ook primaire en secundaire waterlopen in termen van drainageweerstand).
- In gebieden met een vrije afwatering zijn voor de waterlopen (b.v. beken) ook afvoerformules nodig. Dit betekent dat gegevens nodig zijn over het profiel (uit incidentele veldopnamen), de bodemhelling van de waterlopen (uit het digitale terreinmodel) en een Manningcoëfficiënt (uit de 1 : 50 000 bodemkaart en gegevens over onderhoud).

Bodemgegevens

- 1 : 50 000 bodem- en Gt-kaart van de regio (landsdekkend aanwezig bij SC-DLO). De Gt-kaart moet voor een goede inschatting van drainageweerstand of $Q(h^*)$ -relaties actueel zijn.
- Koppeling van bodemkaart aan bodemopbouw en bodem-fysische parameters met behulp van de Staringreeks (Wösten et al., 1994).

Hydrogeologische gegevens

- Opbouw van de ondergrond (schaal 1 : 50 000) uit REGIS bestand (TNO-GG, RGD), grondwaterkaarten van Nederland (TNO-GG) of geologische kaart (RGD) met bijbehorende waarden van verticale weerstanden, transmissiviteiten en bergingscoëfficiënten (bergingscoëfficiënten zijn niet nodig bij stationaire modellering).

Onttrekkingsgegevens

- Alle relevante onttrekkingen in de regio: horizontale coördinaten, diepte en lengte filter en onttrekkingsdebiet. Deze gegevens zijn veelal beschikbaar bij de waterleidingsmaatschappijen en de provincie (i.v.m. vergunningverlening). Onttrekkingen ten behoeve van beregening horen hier ook bij, maar zijn tot op heden slecht gedocumenteerd.

Randvoorwaarden en beginvoorwaarden

- Stijghoogten uit de grondwaterkaarten van TNO-GG, geïnterpoleerde grondwaterstandsgegevens of uit de resultaten van de landelijke grondwatermodellering (RIVM: LGM; RIZA: NAGROM)
- Rivier- en kanaalpeilen die als randvoorwaarden worden genomen.

Calibratie- en validatiegegevens

- Stijghoogten van alle beschikbare grondwaterstandsbuizen in het gebied (TNO-GG: OLGA-bestand). De calibratiereeks moet tenminste een aantal malen (vuistregel 4 maal) groter zijn dan de karakteristieke responsietijd van het systeem. Voor poldergebieden betekent dit dat een jaar genoeg is. Voor dekzandgebieden met vrije afwatering wordt een aaneengesloten reeks van 8 jaar aanbevolen (Knotters en Van Walsum, 1994) en voor stuwwallen zijn reeksen van rond de 30 jaar nodig. De validatiereeksen dienen tenminste drie jaar te beslaan: een gemiddeld, een nat jaar en een droog jaar.
- Recente of geactualiseerde Gt-kaarten (schaal 1 : 50 000). Deze kunnen een belangrijk middel vormen om het model te valideren: Met het regionale grondwatermodel worden eerst grondwaterstandsreeksen berekend voor dezelfde periode als waarin de gebruikte stambuisgegevens waarop de Gt-kaart is gebaseerd zijn gemeten (voor recent geactualiseerde Gt-kaarten is dit 30 jaar). Vervolgens kunnen met de berekende grondwaterstanden kaarten met Gt-klassen worden bepaald en vergeleken worden met de Gt-kaart. Bij recente of geactualiseerde Gt-kaarten kunnen ook validaties op basis van GHG en GLG plaatsvinden.
- Afvoermetingen en hoeveelheid uitgemalen water (waterschappen). De fluxen naar

het oppervlaktewater die door het grondwatermodel worden berekend kunnen ter validatie hiermee vergeleken worden.

2.1.2 Lokaal tactisch waterbeheer

Hier volgt een opsomming van een aantal verschillende instrumenten (modellen en methodieken) voor lokaal tactisch waterbeheer in volgorde van toenemende complexiteit en reikwijdte van toepassing. Voor elke methodiek of model wordt de gegevensbehoefte aangegeven. Al deze instrumenten hebben gemeen dat ze een ruimtelijk beeld geven van het verloop van de grondwaterstand in ruimte en tijd. Er kunnen dus altijd afgeleide parameters worden berekend zoals Gt-kaarten, kaarten met de GHG, GLG of GVG of een ruimtelijk beeld van duurlijnen.

(Geo)statistische methode

Bij de aanwezigheid van voldoende grondwaterstandsbuizen en hoogtegegevens kan met behulp van geostatistische methoden voor elk tijdstip dat gemeten wordt het freatisch vlak in het beheersgebied worden geschat. De gebruikte methode is regressiekriging (Knotters et al., 1995). Hierbij wordt via regressie tussen de gemeten grondwaterstanden (t.o.v. NAP of t.o.v. maaiveld) en de maaiveldshoogten op de meetlocaties een relatie tussen maaiveldshoogte en grondwaterstand op het meettijdstip gelegd. Met deze relatie kan op alle punten met maaiveldshoogten de grondwaterstand worden geschat plus de variantie van de bijbehorende schattingsfout. Vervolgens kunnen de gemeten grondwaterstanden samen met de geschatte grondwaterstanden op meetpunten gebruikt worden om via kriging de waarden op onbezochte punten (b.v. op een 10x10 m grid over het gebied) te voorspellen, alsmede de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen. De krigingmethode houdt rekening met de grotere onzekerheden van de geschatte grondwaterstanden op de hoogtepunten (naarmate de schattingsvariantie van de regressie groter is krijgen deze minder gewicht). Het succes van de methode hangt met name af van de correlatie tussen maaiveldshoogte en grondwaterstand. In ieder geval zal deze in gebieden met reliëf in het algemeen beter zijn dan in vlakke gebieden. In gebieden met veel waterlopen of sterk hellende gebieden met vrije afwatering is een goede correlatie te verwachten tussen de grondwaterstand t.o.v. NAP en de maaiveldshoogte, terwijl in weinig hellende infiltratiegebieden (of in de zomer als de sloten droogvallen) te verwachten is dat met name de correlatie tussen de grondwaterstand t.o.v. maaiveld en de maaiveldshoogte goed zal zijn.

De methode is betrekkelijk eenvoudig toe te passen, behoeft slechts een gering aantal gegevens en zou wel eens betere resultaten kunnen geven dan complexere modellen. De methode is succesvol toegepast bij het karteren van de GLG in een ruilverkavelingsgebied in Zeeuws-Vlaanderen (Stolp et al., 1994). Daar staat tegenover dat het toepassingsbereik van de methode gering is. Men kan er slechts de actuele situatie mee beschrijven en is niet in staat het effect van ingrepen te voorspellen.

Deze methode heeft de volgende gegevensbehoefte:

Calibratie- en validatiegegevens

— Stijghoogtegegevens. Voor het vaststellen van de regressierelaties zullen circa

20 tot 25 stijghoogtebuizen in het gebied aanwezig moeten zijn die op elk tijdstip dat het freatisch vlak moet worden geschat moeten worden gemeten. Verder is het aan te bevelen in het begin ongeveer 10 tot 20 tijdelijke buizen te installeren om de methode op een aantal tijdstippen te valideren. Het is aan te bevelen de stijghoogtebuizen zo neer te zetten dat ze regelmatig verdeeld zijn over bereik aan maaiveldshoogten in het gebied.

Oppervlaktegegevens

- Een digitaal maaiveldshoogtebestand is nodig van minstens 3 tot 4 maaiveldshoogtegegevens per hectare (zie paragraaf 2.3). Het is te verwachten dat de resultaten nog veel beter zullen worden wanneer een dicht net van maaiveldshoogten via laserscan aanwezig is. In dat geval moet bij de regressie rekening gehouden worden met de onzekerheid in de gescande maaiveldshoogten.

Regionalisatie van transfer-ruismodellen

Transfermodellen (Box en Jenkins, 1976) zijn eenvoudige (meestal lineaire) relaties tussen de grondwaterstand en drijvende variabelen zoals het neerslagoverschot, grondwateronttrekkingen en peilvariaties. Het onverklaarde deel van de grondwaterstandsfluctuatie wordt beschreven door een ruisproces dat wordt opgeteld bij de met het transfermodel berekende grondwaterstand. Het transfermodel en het ruisproces samen wordt een transfer-ruismodel genoemd. Zowel de parameters van het transfermodel als de parameters van het ruisproces moeten worden gecalibreerd aan de hand van gemeten grondwaterstanden. Door de parameters van de transfer-ruismodellen die bepaald zijn op de locaties van grondwaterstandsbuizen te interpoleren naar onbezochte locaties kunnen daar reeksen van grondwaterstanden worden gegenereerd. Op deze wijze ontstaat een ruimtelijk beeld van het verloop van de grondwaterstand in het gebied. Bij deze interpolatie kan gebruik gemaakt worden van hulpinformatie zoals maaiveldshoogten en bodemkaarten. Ondanks dat transfer-ruismodellen een zeer eenvoudige structuur hebben kan men er de grondwaterstandsfluctuaties betrekkelijk goed mee beschrijven (Knotters en Van Walsum, 1994). Ze zijn met name geschikt om de huidige situatie te beschrijven, alsmede het effect te voorspellen van klimaatfluctuaties, verschillend peilbeheer of verschillende onttrekkingsdebieten. In beperkte mate kunnen ze ook gebruikt worden voor het voorspellen van het effect van lokale ingrepen zoals veranderingen in het oppervlaktewatersysteem. Omdat het stochastische modellen zijn schatten transfer-ruismodellen niet alleen reeksen van grondwaterstanden, maar ook de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen. Dit maakt ze met name geschikt voor het monitoren van veranderingen in grondwaterstanden ten gevolge van ingrepen.

Gegevensbehoefte:

Meteorologische gegevens

- Neerslag en potentiële verdamping op dagbasis van de stations die het dichtst bij de grondwaterstandsbuizen liggen waarop de transfer-ruismodellen worden gecalibreerd (KNMI). De lengte van de reeksen komt overeen met de benodigde lengte van de grondwaterstandsreeksen.

Calibratie- en validatiegegevens

- Grondwaterstandsreeken van alle landbouwbuizen in het beheersgebied. Hiervoor zijn reekslengten van tenminste vier jaar nodig voor snel reagerende systemen (gebieden met ondiepe grondwaterstanden) en van tenminste 8 jaar voor tragere systemen (dekzandgebieden) (Knotters en Van Walsum, 1994).

Onttrekkingsgegevens

- Reeksen met het onttrekkingsdebiet van alle relevante onttrekkingen in en rond het beheersgebied. De reekslengten moeten gelijk zijn aan die van de gemeten grondwaterstanden.

Gegevens oppervlaktewater

- Reeksen van peilvariaties in de tijd van rivieren, kanalen, primaire, secundaire en tertiaire waterlopen in en rond het beheersgebied. De reekslengten moeten gelijk zijn aan die van de gemeten grondwaterstanden.

Oppervlaktegegevens

- Een digitaal maaiveldshoogtebestand is nodig van minstens 3 tot 4 maaiveldshoogtegegevens per hectare. Het is te verwachten dat de resultaten sterk zullen verbeteren wanneer een dicht net van maaiveldshoogten via laserscan aanwezig is.

Bodemgegevens

- Het is sterk de vraag of een 1 : 50 000 bodem- en Gt-kaart voldoende is om als hulpinformatie te dienen op de schaal van de lokale beheerseenheid. Waarschijnlijk zal een 1 : 10 000 bodem- en Gt-kaart nodig zijn.

Eendimensionale bodemfysische modellen op boorlocaties

Bij 1 : 10 000 karteringen ten behoeve van landinrichtingsprojecten worden circa 2 boringen per hectare gedaan. Op de boorlocaties wordt de opbouw van de bodem beschreven (o.a. textuur, organische stof en waterhuishoudkundige situatie). De Staringreeks (Wösten et al., 1994) geeft een relatie tussen bodemfysische parameters (maximale vochtbergings, doorlatendheid en vocht karakteristiek) en de textuur en het organische stofgehalte van een bodemlaag. Op deze wijze kan de bodem op de boorlocatie worden geschematiseerd in een aantal lagen waarvoor de bodemfysische parameters uit de Staringreeks kunnen worden geschat. Hierdoor kunnen op de boorlocaties eendimensionale bodemfysische modellen worden gemaakt die de vochtbergings in de bodem en het verloop van de grondwaterstand beschrijven als functie van neerslag, potentiële verdamping, peilbeheer en kwel/infiltratie. Koppeling van het ondiepe grondwater met het diepere grondwatersysteem gaat via een kwel/infiltratieterm en koppeling met het oppervlaktewatersysteem via drainageweerstanden. Op deze wijze kunnen op de boorlocaties reeksen van grondwaterstanden worden gegenereerd. Vanwege de grote boordichtheid is het vervolgens mogelijk op elk tijdstip op elke onbezochte locatie grondwaterstanden te schatten via interpolatie. Door de modellen te combineren met een ruismodel kan de nauwkeurigheid van genereerde grondwaterstanden op de boorlocaties worden geschat. Met deze nauwkeurigheid kan rekening worden gehouden bij de interpolatie naar onbezochte locaties. Verder valt te verwachten dat bij de interpolatie maaiveldshoogten van groot belang kunnen zijn. De eendimensionale bodemfysische modellen kunnen variëren van simpele balansmodellen (Zwamborn, 1995) tot ingewikkelde numerieke modellen zoals SWATRE (Belmans et al., 1983). Het toepassingsbereik van de eendimensionale bodemfysische modellen is groter dan dat van transfer-ruismodellen. Naast het vaststellen van de huidige situatie kunnen de effecten van waterhuishoudkundige ingrepen in het beheersgebied er mee worden voorspeld. In beperkte mate kan het effect van regionale ingrepen op de lokale grondwaterstanden worden voorspeld. Bovendien kunnen met behulp van deze modellen ook gebiedsafvoeren worden geschat.

Tegenover het grotere toepassingsbereik van eendimensionale bodemfysische modellen staat de grotere gegevensbehoefte ervan:

Meteorologische gegevens

- Neerslag en potentiële verdamping op dagbasis van de stations die in en rond het gebied liggen. De lengte van de reeksen komt overeen met de perioden waarop de grondwaterstanden in het gebied moeten worden geschat.

Oppervlaktegegevens

- Landgebruik en soort gewas in het beheersgebied, bijvoorbeeld uit het LGN-bestand (SC-DLO).
- Digitaal terrein model van het gebied, gebaseerd op 4 punten per hectare (Topografische Dienst). Het is te verwachten dat de resultaten sterk zullen verbeteren wanneer een dicht net van maaiveldshoogten via laserscan aanwezig is.
- Topografische kaarten van het gebied (schaal 1 : 10 000) (Topografische Dienst).

Bodemgegevens

- 1 : 10 000 bodem- en Gt-kaart van de regio. De Gt-kaart moet voor een goede inschatting van drainageweerstand of $Q(h^*)$ -relaties actueel zijn.
- Bestand met boorbeschrijving van 1 : 10 000 bodemkartering van het gebied.
- Koppeling van bodemkaart aan opbouw bodemgrond en bodem-fysische parameters met behulp van de Staringreeks (Wösten et al., 1994).

Calibratie- en validatiegegevens

- Grondwaterstandsreeken van alle landbouwbuizen in het beheersgebied. Deze reeksen worden gebruikt om de parameters van het ruisproces te calibreren. Soms moeten ook drainageweerstand en kwel/infiltratie uit deze reeksen worden afgeleid. Deze gecalibreerde parameters worden dan representatief geacht voor alle boorgaten die in dezelfde geohydrologische eenheid liggen als de stambuis. Net als bij transfer-ruismodellen zijn reekslengten van tenminste vier jaar nodig voor snel reagerende systemen (gebieden met ondiepe grondwaterstanden) en van tenminste 8 jaar voor tragere systemen (dekzandgebieden) (Knotters en Van Walsum, 1994).
- Afvoermetingen en hoeveelheid uitgemaal water (waterschappen). De gebiedsafvoeren die met de eendimensionale modellen worden berekend kunnen ter validatie hiermee vergeleken worden.

Gegevens oppervlaktewater

- Kaarten met de drainageweerstand van de primaire, secundaire en tertiaire waterlopen en eventuele peilen in het gebied. Deze kunnen gemaakt worden m.b.v. drainageformules (Ernst, 1962; Bruggeman, 1978) uit de 1 : 10 000 bodemkaart (grondsoort en bijbehorende doorlatendheid), incidentele veldopnamen (gemiddelde afstand en dimensies ontwateringsmiddelen) en gegevens over de intreeweerstand (Jousma en Massop, 1996). Massop en de Wit (1994) berekenden voor Gelderland ten oosten van de IJssel gebiedsdekkende drainageweerstand uit de slootdichtheid (afgeleid uit 1 : 25 000 waterlopenkaart), grondwatertrap (afgeleid uit 1 : 50 000 Gt-kaart) en geohydrologische opbouw.

Gegevens Regionale grondwaterstroming

- Kwel/infiltratiegegevens van het beheersgebied. Deze kunnen o.m. worden afgeleid uit de grondwaterkaart van Nederland (TNO-GG) of uit resultaten van regionale (en nationale) grondwatermodellering (LGM, NAGROM, SIMGRO).

Grondwatermodellen

De meest uitgebreide (en complexe) manier om het lokaal tactisch waterbeheer te ondersteunen is het bouwen van (regionaal) grondwatermodel van het beheersgebied. In dat geval is de gegevensbehoefte hetzelfde als de lijst in paragraaf 2.1.1. Echter om de grondwaterstanden met voldoende nauwkeurigheid te voorspellen zullen de ruimtelijke gegevens op schaal 1 : 10 000 moeten worden verzameld (i.p.v. 1 : 50 000).

2.1.3 Lokaal operationeel waterbeheer

Een aantal van de instrumenten die betrekking hebben op het sturen van het oppervlaktewaterpeil wordt hier opgesomd, ook hier in volgorde van toenemende complexiteit en gegevensbehoefte.

Directe sturing op gemeten variabelen

Dit is de eenvoudigste manier van automatisch peilbeheer. Het stuwpeil wordt gerelateerd aan een beperkt aantal gemeten variabelen. Het eenvoudigste voorbeeld is de sturing op de grondwaterstand die gemeten wordt op een representatief punt. Als de grondwaterstand boven een maximaal referentieniveau (b.v. vereiste drooglegging) komt dan wordt het stuwpeil in stapjes omlaag gebracht totdat de gemeten grondwaterstand onder het maximale niveau komt. Andersom wordt het stuwpeil in stapjes opgezet wanneer de gemeten grondwaterstand onder het minimale referentieniveau (b.v. maximale afstand van capillaire nalevering) komt. Voor het eenvoudigste geval is de gegevensbehoefte van deze methode dus erg gering:

Monitoringvariabelen

— Op een aantal representatieve punten (één per automatisch te regelen stuw) continue meetreeksen van grondwaterstanden.

Sturing door voorspelling en optimalisatie

Een jaar wordt onderverdeeld in een aantal tijdstappen waarop bijstelling van het stuwpeil kan plaatsvinden. Voor elke tijdstap wordt aan de hand van een aantal gemeten of geschatte invoervariabelen zoals oppervlaktewaterpeil, grondwaterstand, vochtvoorraad, neerslag en verdamping, voor de navolgende tijdstappen voorspellingen gedaan van de effecten van verschillende vormen van stuwbeheer. De te voorspellen effecten kunnen bijvoorbeeld het toekomstige waterbezwaar of de toekomstige grondwaterstanden zijn, maar ook afgeleide effecten zoals aantal berijdbare dagen, gewasopbrengst, oppervlaktewaterkwaliteit of uitspoeling van meststoffen. Die vorm van stuwbeheer die voor de beschouwde voorspellingsmethode effecten oplevert die het best met voorafgestelde doelstellingen overeenkomen wordt dan vervolgens uitgevoerd. Omdat op elke tijdstap de effecten voor de navolgende tijdstappen "on line" moeten worden voorspeld moet dit met zeer eenvoudige empirische modellen gebeuren. Men kan hierbij denken aan transfer-ruismodellen, multiple regressiemodellen en neurale netwerken (Van Noort en de Jong, 1996). Het voordeel van neurale netwerken boven andere methoden is dat ingewikkelde niet-lineaire relaties tussen de invoervariabelen en de effecten eenvoudig kunnen worden beschreven. Ook kan men hierbij onduidelijke maar belangrijke invoer zoals een weersverwachting meenemen. De benodigde invoer:

Trainingsdata

De trainingsdata zijn meetreeksen van invoervariabelen en effecten om de simpele voorspellingsmodellen te "trainen", i.c. de parameters zo bij te stellen dat de voorspelde effecten het best overeenkomen met de gemeten effecten. De lengte van de meetreeksen hangt af van de traagheid van het systeem. Uitgaande van de grondwaterstand als één van de te voorspellen variabelen is tenminste vier jaar nodig voor snel reagerende systemen (gebieden met ondiepe grondwaterstanden) en van tenminste 8 jaar voor tragere systemen (dekzandgebieden) (Knotters en Van Walsum, 1994). Verder is het aan te bevelen een trainingsset te nemen waarin voldoende extreme omstandigheden voorkomen. De volgende variabelen moeten minstens deel uit maken van de trainingsdata en moeten in voldoende lengte in voor dezelfde periode gemeten zijn:

- Neerslag en potentiële verdamping op dagbasis van het station dat het dichtst bij de te regelen stuw ligt.
- Grondwaterstandsreeksen van een landbouwbuis dicht bij de stuw.
- Een reeks met bij de stuw gemeten oppervlaktewaterpeilen (net bovenstrooms en benedenstrooms)
- Een reeks met stuwhoogten.
- Reeksen met (afgeleide) effecten (b.v. metingen van oppervlaktewaterkwaliteit, waterbezwaar, gewasopbrengst e.d.)

Monitoringvariabelen

Dezelfde invoervariabelen die gebruikt zijn bij de trainingset moeten vervolgens op dezelfde punten blijvend worden gemeten op tijdstippen dat bijstelling van het stuwpeil plaatsvindt: neerslag, potentiële verdamping, grondwaterstanden en oppervlaktewaterpeilen.

Meestal zal een trainingsdataset van voldoende lengte niet aanwezig zijn. In dat geval kan een meetnet rond een stuw worden ingericht en eerst een jaar worden gemeten (ook de effecten). Het empirische model kan dan gecalibreerd worden op het eerste jaar, waarna het automatisch peilbeheer operationeel wordt. Telkens als er weer een bepaalde periode van gegevens binnen is kan het model opnieuw op de langere reeks worden gecalibreerd zodat de voorspellende kracht van het model verbetert naarmate de meetreeksen langer worden.

Sturing door middel van afgeleide beslisregels

Deze manier van sturing lijkt sterk op de voorgaande. Echter, in plaats van het "on line" voorspellen van de effecten (en afgeleide effecten) van een bepaalde vorm van stuwbeheer gebeurt dit vooraf ("off line"). Dit betekent dat om de relatie te leggen tussen de invoervariabelen, het stuwbeheer en de effecten, meer realistische modellen (bodemfysische) modellen gebruikt kunnen worden zoals SWASURF (SWATRE met een oppervlaktewatercomponent). Aan de hand van meetreeksen van invoervariabelen worden met bijvoorbeeld SWASURF de (directe en afgeleide) effecten van verschillende vormen van peilbeheer gesimuleerd. Uit deze simulatiestudies worden vervolgens een aantal beslisregels gedestilleerd die bij toepassing moeten zorgen voor een maximalisatie van de gewenste effecten. Deze beslisregels zijn in het algemeen 'als-dan-regels', zoals bijvoorbeeld: 'Als de gemeten grondwaterstand 15 maart onder GVG niveau is zet dan het peil op; als de grondwaterstand boven GVG niveau is, zet dan pas op 15 april op'. Het effect van de toepassing van een dergelijke beslisregel zou kunnen zijn de minimalisatie van de inlaat van gebiedsvreemd water

en de maximalisatie van het aantal berijdbare dagen in het voorjaar. Als de beslisregels zijn afgeleid dan kunnen deze worden toegepast voor het stuwbeheer via de meet- en regeltechniek. Om te zorgen dat het stuwpeil over het jaar niet te abrupt verandert of te veel op en neer gaat kan bij de toepassing van de beslisregels gebruik gemaakt worden van speciale (fuzzy en stochastische) beheersalgorithmen. Voor het feitelijke operationele peilbeheer zijn op zijn minst de volgende gegevens nodig:

Monitoringvariabelen

- Op een aantal representatieve punten (één per automatisch te regelen stuw) meetreeksen van grondwaterstanden.
- Een reeks met bij de stuw gemeten oppervlaktewaterpeilen (net bovenstrooms en benedenstrooms).

Voor het off-line afleiden van de beslisregels moeten op de representatieve punten waar de grondwaterstanden worden gemeten de volgende invoervariabelen voor het bodemfysische model aanwezig zijn:

Meteorologische gegevens

- Neerslag en potentiële verdamping op dagbasis van de stations die het dichtst bij het representatieve punten liggen. De lengte van de reeksen komt overeen met die van de benodigde lengte van de grondwaterstandsreeksen.

Oppervlaktegegevens

- Landgebruik en soort gewas van de beheerseenheden (peilvakken of substroomgebieden) waarin de representatieve punten liggen.
- Digitaal terrein model van de beheerseenheden, gebaseerd op 4 punten per hectare (Topografische Dienst). Het is te verwachten dat de resultaten sterk zullen verbeteren wanneer een dicht net van maaiveldshoogten via laserscan aanwezig is.
- Topografische kaarten van de beheerseenheden (schaal 1 : 10 000) (Topografische Dienst).

Bodemgegevens

- Opbouw bodem en bodem-fysische parameters op de representatieve punten.

Calibratie- en validatiegegevens

- Op de representatieve punten meetreeksen van grondwaterstanden van een voldoende lange periode (tenminste vier jaar voor snel reagerende systemen en van tenminste 8 jaar voor tragere systemen; zo mogelijk moeten de reeksen een gemiddeld, een droog en een nat jaar bevatten).
- Een reeks met bij de stuw gemeten oppervlaktewaterpeilen (net bovenstrooms en benedenstrooms).

Gegevens oppervlaktewater

- De drainageweerstand van de primaire, secundaire en tertiaire waterlopen en eventuele peilen voor de representatieve punten. Deze kunnen berekend worden m.b.v. drainageformules (Ernst, 1962; Bruggeman, 1978) uit de 1 : 10 000 bodemkaart (grondsoort en bijbehorende doorlatendheid), incidentele veldopnamen (gemiddelde afstand en dimensies ontwateringsmiddelen) en gegevens over de intreeweerstand (Jousma en Massop, 1996). Massop en de Wit (1994) berekenden voor Gelderland ten oosten van de IJssel gebiedsdekkende drainageweerstand uit de slootdichtheid (afgeleid uit 1 : 25 000 waterlopenkaart), grondwatertrap (afgeleid uit 1 : 50 000 Gt-kaart) en geohydrologische opbouw.

Gegevens Regionale grondwaterstroming

— Kwel/infiltratiegegevens op de representatieve punten. Deze kunnen o.m. worden afgeleid uit de grondwaterkaart van Nederland (TNO-GG) of uit resultaten van regionale (en nationale) grondwatermodellering (LGM, NAGROM, SIMGRO).

2.2 Minimale gegevensbehoefte en uitbreidingsopties

2.2.1 Inleiding

In deze sectie wordt een basispakket van benodigde gegevens gedefinieerd op basis van het in 2.1 gemaakte overzicht van de gegevensbehoefte per instrument, met een inschatting van de instrumenten die het meest aansluiten op de vraagstellingen bij modern waterbeheer. Hierbij is geen keuze gemaakt voor een bepaald soort instrument, maar is gekozen voor het gegevenspakket dat bij elk van die instrumenten tenminste nodig is. Naast het basispakket zijn er twee aanvullende pakketten gedefinieerd, waarmee de gegevensbehoefte van regionaal-strategische en lokaal-operationele instrumenten verder wordt ingevuld.

Tabel 1 geeft een samenvatting van de in sectie 2.1 vastgestelde gegevensbehoefte per gedefinieerd instrument, en dient als basis om datapakketten te definiëren.

*Tabel 1 Gegevensbehoefte van 8 verschillende instrumenten voor 3 niveaus van waterbeheer. Asterisks * duiden op vastgestelde gegevensbehoefte; (*) is een alternatief. ? duidt op onbekende bron of niet systematisch beschikbare (nog af te leiden) gegevens. Getallen in de tabel verwijzen naar instrumenten beschreven in sectie 2.1: 1=regionaal grondwatermodel; 2=geostatistische methode; 3=geregionaliseerde transfer-ruismodellen; 4=Eendimensionale bodemfysische modellen; 5=grondwatermodel; 6=directe sturing; 7=sturing door voorspelling en optimalisatie; 8=sturing met afgeleide beslisregels.*

Soort gegeven	Bron	Variabele	Niveau van waterbeheer							
			Regionaal strategisch	Lokaal tactisch				Lokaal operationeel		
				1	2	3	4	5	6	7
Meteo	KNMI	P /dag	*		*	*	*		*	*
	KNMI	PE /dag	*		*	*	*		*	*
Opper- vlakte	SC	landgebruik	*			*	*			*
	SC	gcwas	*			*	*			*
	TD	DTM 4/ha	*	*	*	*	*			*
	TD	topkaart	10 000				*	*		
50 000			*							

Soort gegeven	Bron	Variabele		Niveau van waterbeheer							
				Regionaal strategisch	Lokaal tactisch				Lokaal operationeel		
					1	2	3	4	5	6	7
Opper- vlakte	WS	primaire en secundaire waterlopen	ligging	*				*			
	WS		natte doorsnede	*				*			
	?		intree- weerstand	*				*			
	PROV		drainage- weerstand	(*)			*	(*)			*
	PROV	tertiaire waterlopen	drainage- weerstand	*			*	*			*
	WS	alle waterlopen	peil /tijdvak	*		*	*	*		*	*
	WS	afvoerformules (vrije afwatering): - beekprofiel - beekhelling - Manningcoëfficiënt		*			*	*			
Bodem	SC	bodem- en Gt-kaart (Gt actueel)	1 : 10 000			*	*	*			
			1 : 50 000	*							
	SC	boorpuntbeschrijvingen 1 : 10 000					*				*
SC	bodempysische laagindeling en parameters		*			*	*				*
(Geo-) hydrologie	TNO/ RGD	laagindeling ondergrond en parameters: - verticale weerstand - transmissiviteit - bergingscoëfficiënt		*				*			
	PROV	onttrekkings- gegevens	locatie	*		*		*			
			filter	*				*			
			debiet	*		*		*			
Initiële en rand- voorwaarden	TNO	ruimtelijk beeld van stijghoogtes		*				*			
	model	kwel/infiltratiefluxen					*				*
	WS	rivier/kanaalpeilen		*				*			
	WS	stuwhoogten								*	
	?	afgeleide effecten /tijd								*	
Calibratie en validatie	TNO	stijghoogte /tijd		*	*	*	*	*	*	*	*
	SC	actuele Gt- kaart of GHG/GLG- kaart	1 : 50 000	*							
			1 : 10 000					*			
	WS	gebiedsafvoer		*			*	*			

2.2.2 Basispakket

Bij het definiëren van pakketten van te verzamelen gegevens is uitgegaan van de ingeschatte gebruikswaarde op de korte termijn, m.n. voor waterschappen. Deze inschatting hield in, dat het waterbeheer zich heden en op de korte termijn voornamelijk richt op het lokaal-tactische niveau, minder op het regionaal-strategische niveau en nog minder op het lokaal-operationele niveau. Hiermee wordt bedoeld, dat de doelstellingen van het kwantitatief waterbeheer vooralsnog liggen bij het effectief ontwateren van het gebied met aandacht voor de bestrijding van verdroging (lokaal-tactisch), er bij gelegenheid wordt gekeken naar het effect van onttrekkingen en belangrijke aanpassingen van de hoofdontwatering (regionaal-strategisch), en er in mindere mate actief wordt gestuurd op grondwater (lokaal operationeel). Bij het huidige waterbeheer zijn de variabelen 'Digitaal Terrein Model' en 'Gt-kaart' essentieel voor de volgende activiteiten:

— **Voorbereiden van peilbesluiten**

Van een peilvak dient te worden bepaald wat de maatgevende hoogteligging is waarop de droogleggingsnorm wordt toegepast.

— **Opstellen van waterbeheersingsplannen**

Voor het ontwerpen van een goed waterbeheersingsplan dient de hoogteligging voldoende bekend te zijn ten einde waterlopen en kunstwerken goed te positioneren.

— **Opstellen van bestekken**

Bij het uitwerken van waterbeheersingsplannen in bestekken of werkomschrijvingen zijn hoogtegegevens eveneens noodzakelijk. Aan de hand hiervan kunnen hoeveelheden te vergraven grond worden berekend en de lengte van beschoeiingspalen en/of -schotten worden bepaald.

— **Opstellen van beheerregisters**

In een beheerregister wordt op een handzame en overzichtelijke wijze de meest essentiële informatie voor onder andere waterlopen en waterkeringen vastgelegd voor het dagelijks beheer. Hiervoor is Gt-informatie niet nodig, een DTM wel.

— **Beoordelen van vergunningaanvragen en klachten**

Voor een juiste beoordeling van klachten en vergunningaanvragen is een goed inzicht in de actuele hoogteligging en de Gt nodig.

Bij het definiëren van het basispakket is daarom gekeken naar de gebruikswaarde van deze gegevens voor waterschappen bij waterbeheer op een lokaal-tactisch niveau en naar huidige toepassingen. *Het basispakket moet gezien worden als de harde kern van de benodigde gegevens, onafhankelijk van het gekozen instrumentarium, en dekt derhalve niet de volledige gegevensbehoefte voor elk instrument voor het lokaal-tactische niveau.* Als criterium voor opname van gegevens in het basispakket is gesteld:

'De gegevens die nodig zijn voor alle geïdentificeerde instrumenten voor lokaal-tactisch waterbeheer waarmee effecten van ingrepen kunnen worden voorspeld'. Dit komt overeen met gegevens die nodig zijn voor alle 3 instrumenten 3, 4 en 5 in tabel 1. Bovendien is het met deze gegevens mogelijk, om met instrument 6 (directe sturing op grondwater) lokaal operationeel waterbeheer uit te gaan voeren, omdat het monitoren van grondwaterstanden in het basispakket zit. De inhoud van het basispakket is samengevat in tabel 2.

Tabel 2 Inhoud van het basispakket gegevens. Getallen in de tabel verwijzen naar instrumenten beschreven in sectie 2.1: 1=regionaal grondwatermodel; 2=geostatistische methode; 3=geregionaliseerde transfer-ruismodellen; 4=Eendimensionale bodemfysische modellen; 5=grondwatermodel; 6=directe sturing; 7=sturing door voorspelling en optimalisatie; 8=sturing met afgeleide beslisregels.

Soort gegeven	Bron	Variabele		Niveau van waterbeheer							
				Regionaal strategisch	Lokaal tactisch				Lokaal operationeel		
					1	2	3	4	5	6	7
Meteo	KNMI	P /dag		*		*	*	*		*	*
	KNMI	PE /dag		*		*	*	*		*	*
Oppervlakte	TD	DTM 4/ha		*	*	*	*	*			*
	WS	alle waterlopen	peil /tijdvak	*		*	*	*		*	*
Bodem	SC	bodem- en Gt-kaart (Gt actueel)	1 : 10 000			*	*	*			
			1 : 50 000	*							
Calibratie en validatie	TNO	stijghoogte /tijd		*	*	*	*	*	*	*	*

De dagelijkse meteogegevens worden elke maand gepubliceerd door het KNMI in het 'Maandoverzicht neerslag en verdamping in Nederland'. De beschikbaarheid en bruikbaarheid van digitale maaiveldshoogtes komt aan de orde in sectie 3.2. Peilgegevens van de waterlopen in het gebied worden verzameld door de waterschappen en/of provinciale diensten. De beschikbaarheid en bruikbaarheid van Bodem- en Gt-kaarten op verschillende schalen komt aan de orde in sectie 3.1. De beschikbaarheid en bruikbaarheid van stijghoogtegegevens in grondwaterstandsbuizen wordt beschreven in sectie 3.3.

2.2.3 Uitbreidingspakket I

Het eerste uitbreidingspakket is gedefinieerd als 'die variabelen die voor zowel instrumenten voor het regionaal-strategische als het lokaal operationele waterbeheer noodzakelijk zijn'. In dit uitbreidingspakket zijn variabelen opgenomen, die absoluut noodzakelijk zijn om een regionale modelstudie te kunnen uitvoeren, en die bovendien nodig zijn bij sturing op grondwater met afgeleide beslisregels (instrument 8). De inhoud van uitbreidingspakket I is samengevat in tabel 3.

Tabel 3 Inhoud van het uitbreidingspakket I. Getallen in de tabel verwijzen naar instrumenten beschreven in sectie 2.1: 1=regionaal grondwatermodel; 2=geostatistische methode; 3=geregionaliseerde transfer-ruismodellen; 4=Eendimensionale bodemfysische modellen; 5=grondwatermodel; 6=directe sturing; 7=sturing door voorspelling en optimalisatie; 8=sturing met afgeleide beslisregels.

Soort gegeven	Bron	Variabele		Niveau van waterbeheer							
				Regionaal strategisch	Lokaal tactisch				Lokaal operationeel		
					1	2	3	4	5	6	7
Opper-vlakte	SC	landgebruik		*			*	*			*
	SC	gewas		*			*	*			*
	TD	topkaart	10 000				*	*			*
			50 000	*							
	PROV	primaire en secundaire waterlopen	drainage-wccrstand	(*)			*	(*)			*
	PROV	tertiaire waterlopen	drainage-wccrstand	*			*	*			*
Bodem	SC	boorpuntbeschrijvingen 1 : 10 000					*				*
	SC	bodemfysische laagindeling en parameters		*			*	*			*

Landgebruiksgegevens en gewassen zijn voor 25*25 meter pixels beschikbaar in het Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland (LGN), bij SC-DLO. Dit bestand is in 1995 geactualiseerd. Topkaarten op verschillende schalen worden geleverd door de Topografische Dienst. Aanwezigheid en bruikbaarheid van drainageweerstand van primaire, secundaire en tertiaire waterlopen wordt beschreven in sectie 3.3. De beschikbaarheid en bruikbaarheid van boorpuntbeschrijvingen en bijbehorende bodemfysische karakterisering komt aan de orde in sectie 3.1.

2.2.4 Uitbreidingspakket II

Uitbreidingspakket II bevat die gegevens die, als het basispakket en uitbreidingspakket I zijn verzameld, nog ontbreken om een regionale modelstudie uit te kunnen voeren. Als uitbreidingspakket II is verzameld, en een regionaal model is toegepast, is tevens voldoende aan de gegevensbehoefte van de complexere instrumenten voor lokaal tactisch en lokaal operationeel waterbeheer tegemoetgekomen, om deze instrumenten te kunnen toepassen.

Tabel 4 Inhoud van het uitbreidingspakket II. Getallen in de tabel verwijzen naar instrumenten beschreven in sectie 2.1: 1=regionaal grondwatermodel; 2=geostatistische methode; 3=geregionaliseerde transfer-ruismodellen; 4=Eendimensionale bodemfysische modellen; 5=grondwatermodel; 6=directe sturing; 7=sturing door voorspelling en optimalisatie; 8=sturing met afgeleide beslisregels.

Soort gegeven	Bron	Variabele	Niveau van waterbeheer								
			Regionaal strategisch	Lokaal tactisch				Lokaal operationeel			
				1	2	3	4	5	6	7	8
(Geo-) hydrologie	TNO/ RGD	laagindeling ondergrond en parameters: - verticale weerstand - transmissiviteit - bergingscoëfficiënt	*					*			
	PROV	onttrekkings-gegevens	locatie	*		*		*			
			filter	*				*			
			debiet	*		*		*			
Initiële en rand-voorwaarden	WS	rivier/kanaalpeilen	*				*				

De beschikbaarheid van geohydrologische parameters wordt beschreven in sectie 3.3. Onttrekkingsgegevens zijn bekend bij de Provincie Gelderland. Rivier- en kanaalpeilen worden gemeten door waterschappen en/of provinciale diensten.

2.3 Wenselijke bemonsteringsdichtheden

2.3.1 Methodiek voor de bepaling van de wenselijke bemonsteringsdichtheid

Het grondwaterstandsverloop kan op verschillende manieren voor een locatie worden voorspeld. Om een ruimtelijk beeld te verkrijgen, is het nodig om ook op locaties waar geen grondwaterstanden bekend zijn, het grondwaterstandsverloop te schatten. Dit kan gebeuren door statistische interpolatietechnieken, bijvoorbeeld kriging. De nauwkeurigheid van deze interpolaties wordt bepaald door de ruimtelijke dichtheid van de aanwezige grondwaterstandsinformatie en eventuele hulpinformatie en door de grootte van de variabiliteit in het gebied. Dit wordt uitgewerkt met de resultaten van twee door SC-DLO uitgevoerde onderzoeken (Finke et al., 1995 en te Riele et al., 1995).

In een gebied ten NO van Deventer zijn op 3 data grondwaterstanden gemeten in een gebied van 100 km². Op elk van deze data wordt een relatie tussen de bemonsteringsdichtheid en de interpolatiekwaliteit gelegd. In een gebied bij Putten zijn op 1 datum grondwaterstanden gemeten, en is bovendien hulpinformatie in de vorm van maaiveldhoogten bekend. Ook hier is een relatie tussen de bemonsteringsdichtheid, de dichtheid van de hulpinformatie en de interpolatiekwaliteit gelegd.

Voor het leggen van een relatie tussen de interpolatiekwaliteit van kriging en de bemonsteringsdichtheid zijn de volgende gegevens nodig:

- Een variogram van de grondwaterstand.
- De locaties van de bemonsterde locaties bij elke onderzochte bemonsteringsdichtheid.
- de locaties van een aantal testpunten.

Bij het gebruik van hulpinformatie zijn bovendien de volgende gegevens nodig:

- De locaties waar de hulpinformatie (digitale maaiveldhoogtegegevens) bekend is.
- De kwaliteit van de relatie tussen de hulpinformatie en de grondwaterstand, uitgedrukt als variantie.

Wat opvalt, is dat geen feitelijke meetwaarden van de grondwaterstanden nodig zijn om de relatie tussen interpolatiekwaliteit en bemonsteringsdichtheid te leggen, als het variogram eenmaal bekend is. De locaties corresponderend met een bepaalde bemonsteringsdichtheid zijn verkregen door over een gebied van $15 \times 15 \text{ km}^2$ punten te lokaliseren op een vierkant grid. Door de afstand tussen de gridpunten te variëren, worden verschillende bemonsteringsdichtheden verkregen. De volgende gridpuntsafstanden zijn geanalyseerd: 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 en 1000 m. De locaties van 1000 testpunten zijn geloot in een deelgebied van $5 \times 5 \text{ km}^2$ in het centrum van het gebied.

De interpolatiekwaliteit van kriging wordt uitgedrukt met de 'Standaardafwijking van de voorspelfout'. Dit is een grootte in de eenheid van de meting, dus in dit geval in centimeter -maaiveld. De standaardafwijking van de voorspelfout heeft betrekking op de monstergrootte, dus in dit geval een boorgat met een doorsnede van ca. 5 cm. Door voor elke bemonsteringsdichtheid interpolaties naar de 1000 testpunten uit te voeren, zijn voor die bemonsteringsdichtheid 1000 waarden van de standaardafwijking van de voorspelfout verkregen.

2.3.2 Proefgebied Deventer

Op 3 data in 1993 en 1994 (26-10-1993, 13-4-1994 en 5-7-1994) zijn op 305 locaties grondwaterstanden gemeten (Finke et al., 1995). Voor de grondwaterstanden op elk van de 3 meettijdstippen is een semivariogram bepaald uit de 305 observaties. De interpolaties zijn gedaan met Ordinary Kriging (zie o.a. Delhomme, 1978).

De figuren 2 tot en met 4 geven de relatie tussen de bemonsteringsdichtheid en de interpolatiekwaliteit op de drie data weer. De getrokken lijn geeft de gemiddelde interpolatiekwaliteit weer, de gestippelde zone geeft de verdelingsbreedte tussen het 2.5 en 97.5% percentiel weer. Wat opvalt, is dat de figuren niet sterk van elkaar verschillen. De variabiliteit van grondwaterstanden op verschillende tijdstippen in het jaar lijkt vrij constant. Dit is echter betrekkelijk: de meettijdstippen zijn geselecteerd op het criterium, dat er de week voorafgaand aan de meting geen grote hoeveelheden neerslag zijn gevallen. Gedurende en vlak na perioden met grote neerslag mag een grotere variabiliteit van het grondwater worden verwacht. Bij de bemonsteringsdichtheden die standaard worden toegepast bij de 1 : 10 000 karteringen, is een gemiddelde interpolatiekwaliteit van 10-14 cm haalbaar, bij de bemonsteringsdichtheden toegepast bij 1 : 50 000 karteringen is dit 22-27 cm.

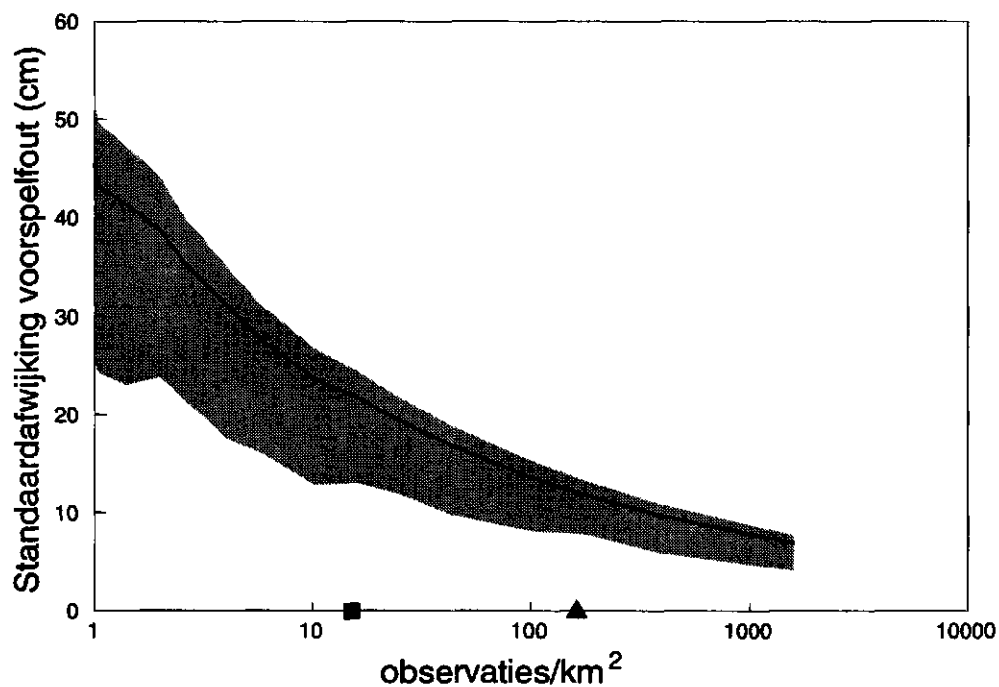


Fig. 2 Relatie tussen de bemonsteringsdichtheid en de gemiddelde kwaliteit van interpolaties van grondwaterstanden op 26 Oktober 1993. ▲ en ■ zijn de bemonsteringsdichtheden bij 1 : 10 000 resp. 1 : 50 000 karteringen.

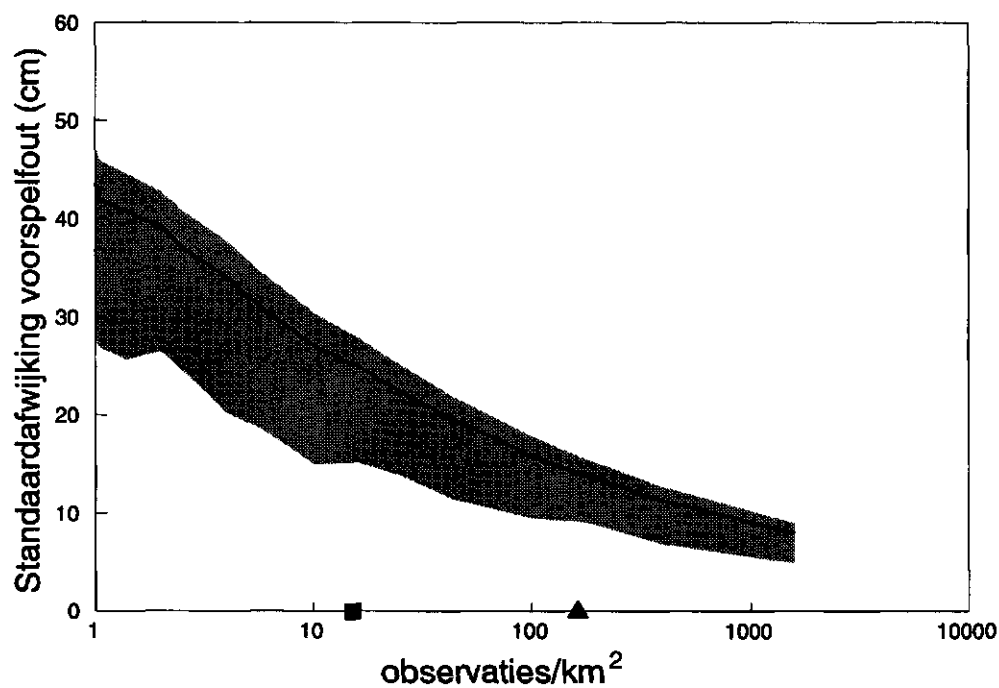


Fig. 3 Relatie tussen de bemonsteringsdichtheid en de gemiddelde kwaliteit van interpolaties van grondwaterstanden op 13 April 1994. ▲ en ■ zijn de bemonsteringsdichtheden bij 1 : 10 000 resp. 1 : 50 000 karteringen.

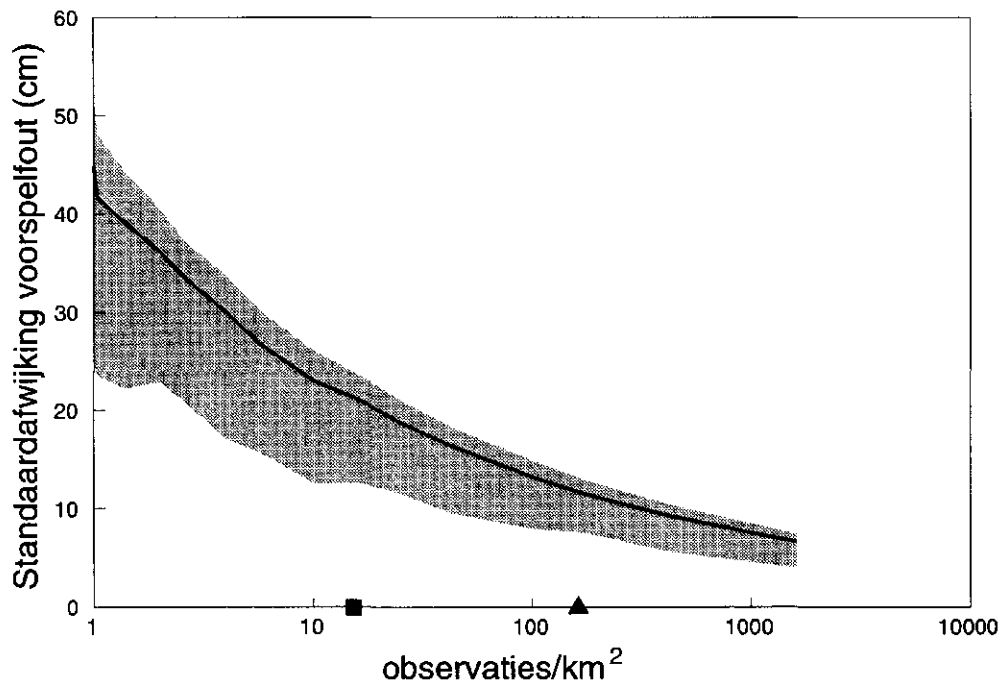


Fig. 4 Relatie tussen de bemonsteringsdichtheid en de gemiddelde kwaliteit van interpolaties van grondwaterstanden op 5 Juli 1994. ▲ en ■ zijn de bemonsteringsdichtheden bij 1 : 10 000 resp. 1 : 50 000 karteringen.

2.3.3 Proefgebied Putten

Op 17-3-1993 is op 269 locaties de grondwaterstand gemeten (te Riele et al., 1995). Op gelijke wijze als beschreven bij het proefgebied Deventer is met deze gegevens de relatie tussen interpolatiekwaliteit en bemonsteringsdichtheid bepaald (Fig. 5). De interpolaties zijn gedaan met Ordinary Kriging gecombineerd met regressie (Knotters et al, 1995).

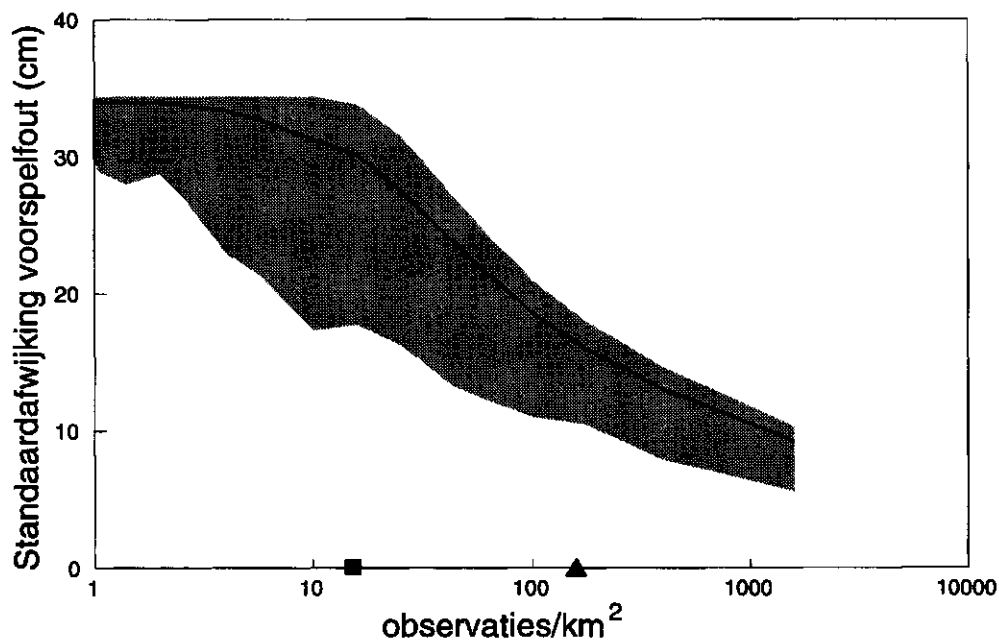


Fig. 5 Relatie tussen de bemonsteringsdichtheid en de gemiddelde kwaliteit van interpolaties van grondwaterstanden op 17 maart 1993 bij Putten, zonder gebruik te maken van hoogtegegevens. \blacktriangle en \blacksquare zijn de bemonsteringsdichtheden bij 1 : 10 000 resp. 1 : 50 000 karteringen.

Omdat van elke meetlocatie ook de hoogte t.o.v. NAP bekend was, kon ook een directe relatie tussen de maaiveldhoogte en de grondwaterstand door regressie worden verkregen. Hierdoor komen op alle punten met bekende maaiveldhoogte schattingen van de grondwaterstand beschikbaar, welke bij de interpolatie als hulpinformatie kunnen worden gebruikt. Hierbij wordt rekening gehouden met de nauwkeurigheid van de schatting door te interpoleren met de methode 'Kriging met onzekere gegevens'. De onnauwkeurigheid van de relatie tussen maaiveldhoogte en grondwaterstand (de zgn. standaardafwijking van de voorspelfout) is in het gebied bij Putten gemiddeld 12 à 13 cm. In het Putten-onderzoek zijn de maaiveldhoogten gemeten, en dus actueel. Bij niet actuele maaiveldhoogtegegevens zal de voorspelnauwkeurigheid ongunstiger zijn, en dus de kwaliteit van de relatie en de bruikbaarheid van hulpinformatie minder groot. Er is gekeken, hoe de interpolatiekwaliteit afhangt van de bemonsteringsdichtheid als er maaiveldhoogtegegevens beschikbaar zouden zijn met een dichtheid van 1 punt per ha (overeenkomend met 10 000 TOP hoogtegegevens van de MD) en van 4/ha (1 : 5000 hoogtegegevens).

Het blijkt uit vergelijking van de figuren 5, 6 en 7 dat de kwaliteit van interpolaties bij lage bemonsteringsdichtheden van een redelijke kwaliteit blijft, als er maaiveldhoogtegegevens met een dichtheid van 1 of 4 per ha beschikbaar zijn. De minimale (slechtste) kwaliteit van interpolaties is bij een dichtheid van maaiveldhoogtegegevens van 4/ha ca. 16 cm, bij 1 maaiveldhoogte per ha ca. 22 cm. Ook blijkt uit de breedte van de zone in figuur 5 ten opzichte van die in figuur 6 en 7, dat de interpolaties van een constantere kwaliteit zijn als maaiveldhoogten worden gebruikt dan als deze niet beschikbaar zijn.

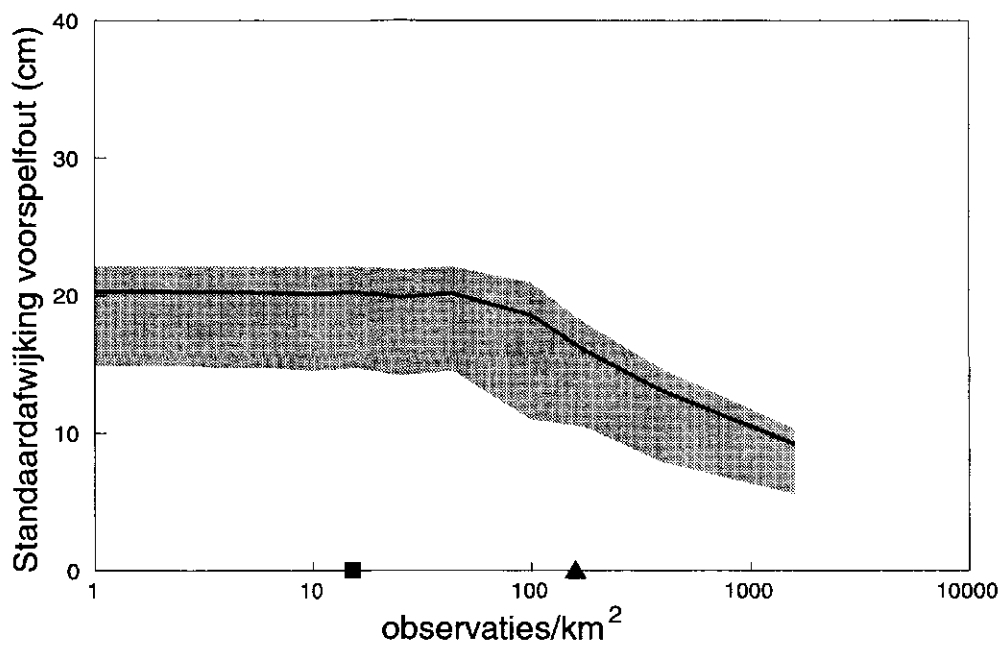


Fig. 6 Relatie tussen de bemonsteringsdichtheid en de gemiddelde kwaliteit van interpolaties van grondwaterstanden, gebruikmakend van 1 maaiveldhoogte per ha. ▲ en ■ zijn de bemonsteringsdichtheden bij 1 : 10 000 resp. 1 : 50 000 karteringen.

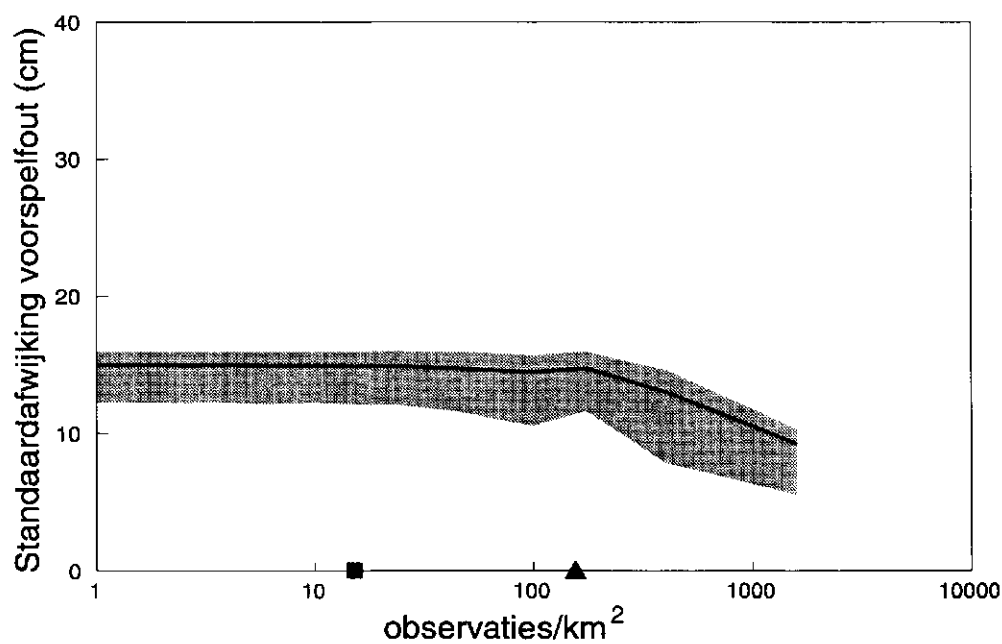


Fig. 7 Relatie tussen de bemonsteringsdichtheid en de gemiddelde kwaliteit van interpolaties van grondwaterstanden, gebruikmakend van 4 maaiveldhoogten per ha. ▲ en ■ zijn de bemonsteringsdichtheden bij 1 : 10 000 resp. 1 : 50 000 karteringen.

2.3.4 Conclusies

De resultaten van de analyses met de gemeten grondwaterstanden en maaiveldhoogtes van de Putten- en Deventer studies zijn samengevat in tabel 5.

Tabel 5 Kwaliteit van interpolaties (in cm) als functie van de dichtheid van het meetnet en de dichtheid van het net met hulpinformatie (schattingen van grondwaterstanden uit maaiveldhoogtegegevens).

Gebied	Zonder hulpinformatie		Met hulpinformatie (1/ha)		Met hulpinformatie (4/ha)	
	1 : 10 000	1 : 50 000	1 : 10 000	1 : 50 000	1 : 10 000	1 : 50 000
Deventer	10-14	22-27	-	-	-	-
Putten	16	31	16	20	15	15

Uit tabel 5 kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- In stabiele perioden (perioden waarin geen grote hoeveelheden neerslag vallen) is een interpolatiekwaliteit tussen 10 en 16 cm haalbaar bij een gegevensdichtheid van $150/\text{km}^2$ (corresponderend met 1 : 10 000 kartering) indien geen actuele maaiveldhoogtegegevens beschikbaar zijn. Indien deze wel beschikbaar zijn, verandert de interpolatiekwaliteit niet of nauwelijks.
- In stabiele perioden (perioden waarin geen grote hoeveelheden neerslag vallen) is een interpolatiekwaliteit tussen 22 en 31 cm haalbaar bij een gegevensdichtheid van $15/\text{km}^2$ (corresponderend met 1 : 50 000 kartering) indien geen actuele maaiveldhoogtegegevens beschikbaar zijn. Indien deze wel beschikbaar zijn, verandert de interpolatiekwaliteit in gunstige zin, en wordt een kwaliteit van 15 tot 20 cm haalbaar, afhankelijk van de dichtheid van de maaiveldhoogtegegevens.
- Als maaiveldhoogtegegevens beschikbaar komen met hoge waarnemingsdichtheden, zoals bij laserscanning, dan behoeft er niet te worden geïnterpoleerd naar onbezochte locaties, omdat op praktisch elke gewenste locatie de maaiveldhoogte beschikbaar is. De grondwaterstand op deze locatie kan dan direct worden geschat uit een regressierelatie tussen de maaiveldhoogte en grondwaterstand, welke op een aantal meetpunten voor een datum wordt vastgesteld. De kwaliteit van deze regressierelatie bepaalt dan de kwaliteit van grondwaterstandsvoorspellingen op onbezochte locaties. Ervaringen wijzen op een haalbare nauwkeurigheid van 12 - 13 cm.
- Niet-actuele maaiveldhoogtegegevens leveren minder kwaliteitswinst op bij interpolaties, omdat in dat geval hoogstwaarschijnlijk de regressierelatie tussen maaiveldhoogte en grondwaterstand van matige kwaliteit zal zijn.

Deze conclusies zijn gebruikt om in overleg met een vertegenwoordiging van de opdrachtgever een drietal scenario's voor gegevensverzameling te definiëren, welke betrekking hebben op een na te streven ruimtelijke dichtheid. Deze scenario's zijn:

- 1 Een dichtheid van gegevensverzameling welke overeenkomt met die van een 1 : 10 000 bodemkartering ($150/\text{km}^2$),
- 2 Een dichtheid van gegevensverzameling welke overeenkomt met die van een 1 : 50 000 bodemkartering ($15/\text{km}^2$).

Een derde scenario is in overleg met de opdrachtgever gedefinieerd als *'een dichtheid van gegevensverzameling waarbij nog juist een goede relatie tussen de grondwaterstand en de maaiveldshoogte kan worden verkregen'*. Om in een hydrologisch homogeen deelgebied een goede relatie te kunnen bepalen, moeten op minimaal 20 locaties zowel grondwaterstand als maaiveldshoogte bekend zijn. Het aantal hydrologisch homogene deelgebieden bepaald dan het totaal aantal te verrichten waarnemingen, hetgeen kan worden uitgedrukt als een waarnemingsdichtheid als de oppervlakte van het gebied bekend is. Massop en de Wit (1994) hebben voor het gehele gebied ten oosten van de IJssel in Gelderland een overzicht gemaakt van hydrologisch homogene gebieden. Zij hebben dit gedaan door alle unieke combinaties te tellen van (i) de dichtheidsklasse van het waterlopenstelsel, (ii) de grondwatertrap, en (iii) de deelgebieden met vergelijkbare geohydrologische opbouw volgens de RGD (Wijers, 1991). In totaal zijn er voor dit gebied, groot 1625 km², 43 homogene deelgebieden onderscheiden. Er zouden dus op 860 locaties zowel grondwaterstanden als maaiveldhoogtes bekend moeten zijn om gebiedsdekkend goede relaties tussen deze parameters te kunnen leggen. Dit leidt dus tot het volgende scenario:

- 3 Een dichtheid van gegevensverzameling waarbij nog juist een goede relatie tussen de grondwaterstand en de maaiveldshoogte kan worden verkregen (0,5 observatie/km²). Hierbij geldt als voorwaarde dat een actueel maaiveldhoogtebestand met hoge ruimtelijke dichtheid beschikbaar is, zoals uit laserscanning kan worden verkregen.

3 Aanwezige gegevens

3.1 Beschikbaarheid en actualiteit van bodemkundig/hydrologische gegevens

3.1.1 Inleiding

In het verleden zijn op verschillende schalen, al dan niet gebiedsdekkend, bodemkundig/hydrologische gegevens verzameld binnen het gebied. De gegevens waar het in 3.1 om gaat, zijn:

- de Bodem- en Gt-kaart (in basispakket)
- boorpuntbeschrijvingen (in uitbreidingspakket I). Deze beschrijvingen bevatten als informatie: bewortelbare diepte, GHG en GLG en per laag de horizontcode, begin en einddiepte, textuurgegevens (lutum, leem en M50), gehalte aan organische stof en geologische informatie (moedermateriaal)
- bodemfysische laagindeling en parameters (in uitbreidingspakket I). Deze laagindeling en parameters kunnen direct uit boorpuntbeschrijvingen of Bodem- en Gt-kaart worden afgeleid d.m.v. vertaalfuncties (Wösten et al., 1994). Van de eenheden van de 1 : 50 000 Bodem- en Gt-kaart is reeds een bodemfysische karakterisering gemaakt (de Vries, 1991).

De bruikbaarheid van deze gegevens wordt bepaald door wijze van opslag (de beschikbaarheid) alsmede de actualiteitswaarde van de gegevens. In de 2 volgende secties worden de beschikbaarheid en de actualiteitswaarde van bestaande bodemkundig/hydrologische gegevens geïnventariseerd en geïnterpreteerd. In sectie 3.1.4 worden hieruit conclusies getrokken omtrent de bruikbaarheid van deze gegevens.

3.1.2 Beschikbare bodemkundig/hydrologische gegevens

Bodemkundig/hydrologische informatie is voor de totale oppervlakte van het gebied aanwezig op schaal 1 : 50 000. Bovendien zijn er verschillende deelgebieden waar een ruilverkaveling dan wel landinrichting is uitgevoerd, in uitvoering is of in voorbereiding is. Voor elk van deze deelgebieden is door SC-DLO een bodemkundig/hydrologisch onderzoek uitgevoerd met een opnameschaal 1 : 10 000 of 1 : 25 000. Informatie over de resultaten op kaarten van deze gebieden is opgenomen in de Kaartencatalogus (en Aanvullingen) van de Stichting voor Bodemkartering. Voor een overzicht van de referenties zie Aanhangsel 2.

Sinds het begin van de bodemkarteringen is een evolutie opgetreden in de wijze van opslag van de verzamelde gegevens. Van systematische opslag van gegevens kan pas na 1962 worden gesproken, oudere gegevens zijn slecht of onvolledig gedocumenteerd. Om deze reden worden alleen gegevens van na 1962 als beschikbaar beschouwd. De beschikbare gegevens worden aan de hand van de schaal en het opslagmedium verdeeld in 4 groepen (tabel 6).

Tabel 6 Classificatie van bodemkundig/hydrologische gegevens naar schaal en opslagmedium

Groep	Schaal	Opslagmedium
1	1 : 10 000	kaart: digitaal boorpuntbeschrijvingen: digitaal
2	1 : 10 000	kaart: schrift boorpuntbeschrijvingen: schrift
3	1 : 25 000	kaart: schrift boorpuntbeschrijvingen: schrift
4	1 : 50 000	kaart: digitaal boorpuntbeschrijvingen: digitaal

Een overzicht van de gebieden met beschikbare bodemkundig/hydrologische gegevens per groep wordt gegeven in Tabel 7. Omdat de 1 : 50 000 gegevens (groep 4) gebiedsdekkend aanwezig zijn, wordt van de overige groepen per inventarisatieproject aangegeven, of de gegevens recenter dan wel ouder zijn dan de 1 : 50 000 informatie van dezelfde gebieden. Een overzicht van de locaties van de karteringsprojecten (exclusief die in waterwingebieden) wordt gegeven in fig. 8.

Table 7 Beschikbare bodemkundig/hydrologische gegevens in het onderzoeksgebied. + = gegevens van recentere datum dan 1 : 50 000 informatie; x = gegevens ouder dan 1 : 50 000 informatie.

		Groep 4									
Opname		1980	1972	1972 (rev'78)		1968		1980-1982			
Kaart		28W	33O	34W	34O	40W	40O	41W	41O		
Opp. (ha)		2500	25500	42500	11000	17500	41500	40000	14000		
Opname										Opp. (ha)	
Groep 1											
Winterswijk-Oost	1996								+	7000	
Beltrum-Eibergen	1995			+						2720	
Hupsel-Zwolle	1993			+	+					4630	
Halle-Wolfersveen	1993									2580	
Duiven-Westervoort	1986					+	+			2590	
Groep 2											
Lievelde	1981									1060	
Steenderen	1975		+				+			4460	
Laren	1975		+							5010	
Bathmen (deel)	1973		x							2500	
Haaksbergen (deel)	1971				x					2000	
Winterswijk-West	1968							x		8545	
Dinxperlo	1967							x		2520	
Aalten	1965							x		8225	
Holten-Markelo (deel)	1965							x		6000	
Groep 3											
Div. waterwingebieden	'89-'91		+				+		+	15300	
Hengelo-Zelhem	1970		x				+		x	8460	
Ruurlo	1968									5400	
Borculo	1967									5340	
Bevermeer	1963								x	12000	

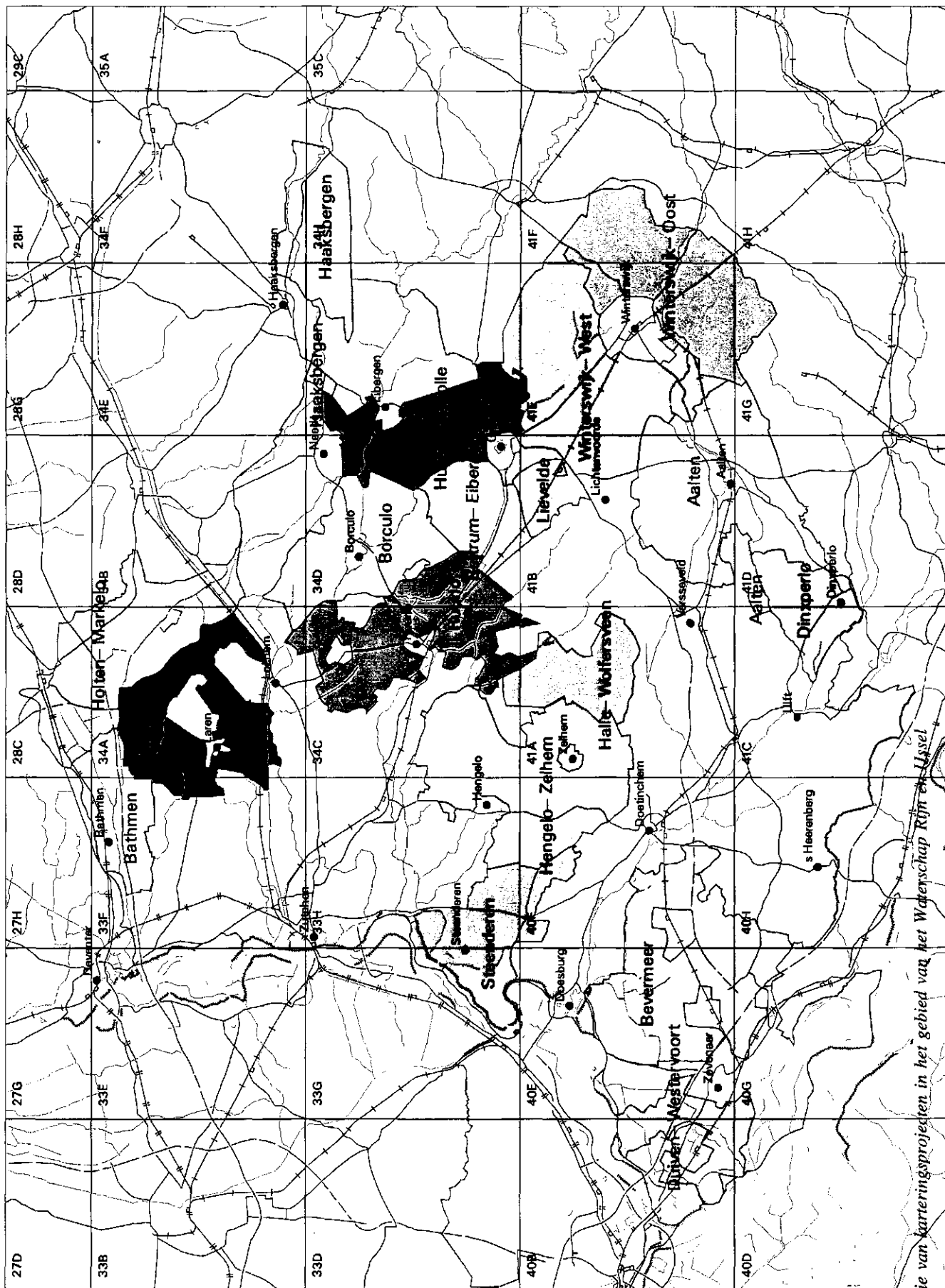


Fig. 8 Locatie van karteringsprojecten in het gebied van het Waterschap Rijn en IJssel

0 1 2 3 4 5
Kilometers

3.1.3 Actualiteitswaarde van bodemkundig/hydrologische gegevens

De actualiteitswaarde van de bodemkundig/hydrologische gegevens hangt af van de periode van opname. Voor de grootschalige karteringen als voorbereiding op landinrichtingsprojecten geldt bovendien, dat de gegevens hun actualiteit verliezen als er ingrepen in de afwatering, ontwatering en bodemopbouw (grondverzet) hebben plaatsgevonden. Het jaartal van opname alsmede het type en de huidige status van de landinrichting zijn per inventarisatieproject geregistreerd (tabel 8). De status en het type is ontleend aan

Tabel 8 Beoordeling van de actualiteit van aanwezige bodemkundig/hydrologische informatie

Groep en naam inventarisatie-project	Opp. (ha)	opna	ST	TY	rapp	Gt_a	Gt_v	bs	bs_a	bs_b
Groep 1										
Winterswijk-Oost	7000	1996	s4	t3	√	+	n	√	√	√
Beltrum-Eibergen	2720	1995	s4	t2	√	+	n	√	√	√
Hupsel-Zwolle	4630	1993	s4	t2	SC328	+	n	+	+	++
Halle-Wolfersveen	2580	1993	s5	t2	SC331	+	n	+	+	++
Duiven-Westervoort	2590	1986	s4	t3	1913	+	n	+	+	++
Groep 2										
Lieveelde	1060	1981	s5	t1	1594	+	n	+	0	++
Steenderen	4460	1975	s6	t1	1270	-	-	+	0	+
Laren	5010	1975	s5	t1	1208	-	-	+	0	+
Bathmen (deel)	2500	1973	s6	t1	1090	-	-	+	-	+
Haaksbergen (deel)	2000	1971	s5	t1	958	-	-	+	0	+
Winterswijk-West	8545	1968	s5	t1	901	-	41W	+	0	+
Dinxperlo	2520	1967	s6	t1	719	-	41W	-	-	-
Aalten	8225	1965	s6	t1	688	-	41W	+	-	-
Holten-Markelo (deel)	6000	1965	s6	t1	673	-	34W	+	-	-
Groep 3										
Div. waterwingebieden	15300	'89-'91	nvt	nvt	SC203	+	n	-	-	-
Hengelo-Zelhem	8460	1970	s5	t1	959	-	-	+	+	+
Ruurlo	5400	1968	s6	t1	864	-	34W	-	-	-
Borculo	5340	1967	s6	t1	720	-	34W	-	-	-
Bevermeer	12000	1963	s6	t1	639	-	-	+	-	-
Groep 4										
41 West	40000	1981	nvt	nvt	nvt	(+)	-	BIS	+	++
41 Oost	14000	1982	nvt	nvt	nvt	(+)	-	BIS	+	++
28 West	2500	1980	nvt	nvt	nvt	-	-	BIS	-	++
34 West	42500	1978*	nvt	nvt	nvt	-	-	BIS	-	++
34 Oost	11000	1978*	nvt	nvt	nvt	-	-	BIS	-	++
33 Oost	25500	1972	nvt	nvt	nvt	-	-	BIS	-	++
40 West	17500	1968	nvt	nvt	nvt	-	-	BIS	-	++
40 Oost	41500	1968	nvt	nvt	nvt	-	-	BIS	-	++

ST	Status	bs	Aanwezigheid boorpuntinformatie
s4	landinrichting in voorbereiding	+	boorpuntinformatie en goede kaart met locaties in archief
s5	landinrichting in uitvoering	-	geen boorpuntinformatie en/of locatiekaart in archief
s6	tot stand gekomen sinds 1980	BIS	profielbeschrijving in BIS
TY	Type	bs_a	Actualiteitsbeoordeling boorpuntinformatie
t1	ruilverkaveling	+	actueel
t2	ruilverkaveling administratief karakter	0	verstoring bodem is aannemelijk, in onbekende mate
t3	herinrichting	-	niet te beoordelen
Gt_a	Actualiteit gt-informatie	bs_b	Compleetheid van de gearchiveerde gegevens
+	actueel	++	goede en volledige beschrijving van de bodemkenmerken
(+)	deels actueel, deels verouderd	+	matige beschrijving
-	niet (meer) actueel	-	beschrijving uiterst beperkt, alleen ter ondersteuning van de
Gt_v	Actuelere gt-informatie op schaal 1 : 50 000 aanwezig		bodemkaartcode
n	niet van toepassing	√	digitalisatie en rapportage nog niet afgerond
-	niet aanwezig	nvt	niet van toepassing
'41W'	kaartblad met recentere gegevens	rapp	rapportnummer (i.h.a. Stiboka-rapporten)

de kaart 'Landinrichting in Nederland (stand per 1 januari 1996)' van de Dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden (Utrecht). Met de opnamedatum en eventueel het type en de status van de landinrichting is de actualiteitswaarde van de Gt-gegevens (vlakgegevens) en de boorpuntbeschrijvingen (puntgegevens) beoordeeld (tabel 8). De criteria die bij de beoordeling zijn gehanteerd worden genoemd onder de tabel. De beoordeling van de bodemkaart (vlakgegevens) is hetzelfde als die van de boorpuntbeschrijvingen.

De 'diverse waterwingebieden' in groep 3 zijn: De Pol, Vorden, Ruurlo, Corle, Dinxperlo, Haarlo/Eibergen, Lichtenvoorde, 't Klooster, Neede, Varsseveld, Zelhem, Wehl, Aalten, AVIKO-Steenderen, Joppe, Harfsen en Lochem. Deze waterwingebiedskarteringen zijn beschreven in Groot Obbink (1992).

Bij de beoordeling van actualiteit van boorpuntinformatie geldt, dat ook bij een '+' toch steeksproefsgewijs een controle uitgevoerd dient te worden op de dikte van de humeuze bovengrond. Bewerkingen voor maisteelt hebben (in het bijzonder op gronden die voorheen uitsluitend onder gras lagen) gezorgd voor een dikkere bouwvoor, hetgeen de bodemfysische eigenschappen heeft beïnvloed.

3.1.4 Conclusies omtrent bruikbaarheid bodemkundig/hydrologische gegevens

Voor alle 4 onderscheiden groepen bodeminventarisaties volgt de bruikbaarheid van de Gt-informatie rechtstreeks uit de actualiteit, en is de bruikbaarheid van de boorpuntinformatie apart beoordeeld. Voor de inventarisatieprojecten uit groepen 2, 3 en 4 wordt een advies gegeven voor de opbouw van een digitaal bestand uit de aanwezige schriftelijke boorpuntinformatie. De adviezen zijn samengevat in tabel 9.

Tabel 9 Beoordeling van de bruikbaarheid van aanwezige bodemkundig/hydrologische informatie.
 ✓=bruikbaar en reeds/binnenkort gedigitaliseerd; +=bruikbaar, te digitaliseren; (+)=bruikbaar, maar te versnipperd om te digitaliseren; -=niet bruikbaar

Groep en naam inventarisatieproject	Opp. (ha)	Bruikbaarheid Gt-informatie	Bruikbaarheid boorpuntinformatie
Groep 1			
Winterswijk-Oost	7000	✓	✓
Beltrum-Eibergen	2720	✓	✓
Hupsel-Zwolle	4630	✓	✓
Halle-Wolfersveen	2580	✓	✓
Duiven-Westervoort	2590	✓	✓
Groep 2			
Lievelde	1060	+	+
Steenderen	4460	-	+
Laren	5010	-	+
Bathmen (deel)	2500	-	-
Haaksbergen (deel)	2000	-	-
Winterswijk-West	8545	-	-
Dinxperlo	2520	-	-
Aalten	8225	-	-
Holtten-Markelo (deel)	6000	-	-
Groep 3			
Div. waterwingebieden	15300	(+)	-
Hengelo-Zelhem	8460	-	+
Ruurlo	5400	-	-
Borculo	5340	-	-
Bevermeer	12000	-	-
Groep 4			
41 West	40000	+	✓
41 Oost	14000	+	✓
28 West	2500	-	✓
34 West	42500	-	✓
34 Oost	11000	-	✓
33 Oost	25500	-	✓
40 West	17500	-	✓
40 Oost	41500	-	✓

Groep 1: opnameschaal 1 : 10 000 en digitale gegevensopslag

Uit de datum van opname volgt, dat alle inventarisatieprojecten uit groep 1 direct bruikbare gegevens opleveren, die bovendien digitaal kunnen worden aangeleverd. Deze gegevens zijn op DLO-Staring Centrum aanwezig in het ORACLE datamodel BOPAK. Voor extern gebruik is overleg nodig met de Dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden. De totale oppervlakte in groep 1 met een bruikbare Bodem-en Gt-kaart 1 : 10 000 en bruikbare boorpuntinformatie bedraagt 19 520 ha.

Groep 2: opnameschaal 1 : 10 000 en gegevensopslag op schrift

Met uitzondering van het inventarisatieproject 'Lievelde' betreft dit gebieden waar de bodemgesteldheid 20 tot 30 jaar geleden is opgenomen. Sindsdien is in veel gebieden de hydrologische gesteldheid veranderd. Ook de gegevens over bodemkenmerken op boorstaten in de archieven zijn op veel plaatsen niet meer in overeenstemming met de huidige toestand. Dunne bouwvoren zijn verdiept (maasteelt) en grotere drooglegging

heeft veel ondiep voorkomende veenlagen in dikte doen afnemen en zelfs doen verdwijnen. Welke omvang dit heeft is in het bestek van deze studie niet na te gaan en blijft onbekend. Voor de boorpuntinformatie zelf geldt dat de kwaliteit van de beschrijving van bodemkenmerken in een aantal gebieden (Lieveelde, Steenderen en Laren) voldoende is voor een positief advies voor de opbouw van een digitaal bestand uit bestaande boorpuntinformatie. In groep 2 bevindt zich dus totaal 1060 ha met een bruikbare Bodem- en Gt-kaart 1 : 10 000 en zijn in een gebied van 10 530 ha de boorpuntbeschrijvingen bruikbaar.

Groep 3: opnameschaal 1 : 25 000 en gegevensopslag op schrift

Binnen deze groep nemen de 1 : 25 000 karteringen van waterwingebieden een aparte plaats in. De karteringen betreffen telkens de vermeende invloedssfeer van een pompstation, waarbij alleen het gebied onder landbouw is gekarteerd. De karteringen zijn van recente datum (1989-1991), dus actueel. De kaarten zijn slechts voor een deel bruikbaar, omdat bodem- en Gt-grenzen samenvallen met perceelsgrenzen aan bosranden. Het in de tabellen 7, 8 en 9 aangegeven oppervlak betreft het feitelijk gekarteerde oppervlak. Het doel van deze karteringen was het bodemfysisch karakteriseren van vlakken, dus boorpuntbeschrijvingen zijn er in het geheel niet gemaakt. Digitaliseren wordt niet aanbevolen, omdat eerst de niet-gekarteerde 'gaten' moeten worden opgevuld.

Het onderzoek voor bodemkaarten, schaal 1 : 25 000 in ruilverkavelingsgebieden is in alle overige gevallen voorafgegaan aan de opname van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000. Alle aanwezige Gt-kaarten zijn verouderd. Met uitzondering van Hengelo-Zelhem zijn de boorstaten niet te gebruiken (afwezig dan wel onvolledig). Voor het gebied Hengelo-Zelhem, een ruilverkaveling in uitvoering, geldt dat controle op verandering van de bodemopbouw nodig is, maar dat de opbouw van een digitaal invoerbestand zinvol is. Van de 46 500 ha blijft een gebied van 8460 ha over voor het leveren van bodeminformatie.

Groep 4: opnameschaal 1 : 50 000 en digitale opslag

Gezien de datum van opname van de kaartbladen 1 : 50 000 is de conclusie, dat de Gt-kaarten geen gebiedsdekkend actueel beeld meer opleveren. Deze conclusie is voor kaartblad 34 West bevestigd met een objectieve kwaliteitstoets (Finke et al., 1994) van de Gt-kaart met behulp van stambuisgegevens uit OLGA. Kaartbladen 41 West en 41 Oost zijn opgenomen in een periode dat maatregelen voor de ontwatering in uitvoering, dan wel afgesloten waren, en om die reden is de Gt-kaart voor deze twee kaartbladen als bruikbaar beoordeeld. De bruikbaarheid van alle nog niet gedigitaliseerde boorpuntinformatie is onvoldoende. In het Bodemkundig Informatie systeem (BIS) zijn in het onderzoeksgebied 650 profielbeschrijvingen aangetroffen, welke bruikbaar zijn. Dit correspondeert met een over-all gegevensdichtheid van 0,3/km². Hierbij dient vermeld, dat de gegevensdichtheid per deelgebied sterk kan variëren (tabel 10). In totaal is er 54 000 ha met actuele Gt-gegevens op schaal 1 : 50 000.

Tabel 10 Aantal profielbeschrijvingen met analysegegevens in het BIS per blad van de topografische kaart 1 : 25 000. Bij bladnummers gemerkt met * is alleen naar profielbeschrijvingen binnen het onderzoeksgebied gekeken.

Topografisch kaartblad 1 : 25 000	Aantal profielbeschrijvingen	Topografisch kaartblad 1 : 25 000	Aantal profielbeschrijvingen
28C	16	40A *	0
28D	18	40B	7
33D *	0	40D	4
33E	31	40E	22
33F	11	40F	20
33G	18	40G	11
33H	11	40H	3
34A	22	41A	16
34B	22	41B	23
34C	37	41C	25
34D	23	41D	8
34E	234	41E	8
34F	16	41F	2
34G	40	41G	2

3.2 Beschikbaarheid en actualiteit van maaiveldhoogtegegevens

3.2.1 Behoeftte aan hoogtegegevens

Gewenste nauwkeurigheid

Het gebruik van hoogte-informatie dient te leiden tot betrouwbare conclusies en plannen. Voor het bepalen van de gewenste grondwaterstand in een peilgebied en het opstellen van waterbeheersingsplannen moet de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld nauwkeurig bekend zijn. Deze nauwkeurigheid wordt bepaald door afwijkingen in elk van de twee gegevensbronnen. Voor landbouwkundige en ecologische toepassingen wordt een gewenste nauwkeurigheid voor de diepte van de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld van 10 cm aangehouden, indien de grondwaterstand zich binnen 50 cm van het maaiveld bevindt. In het optimale geval is de onnauwkeurigheid in grondwaterstand minder dan 5 cm. Op grond van het voorgaande wordt geconcludeerd dat behoefte bestaat aan een digitaal hoogtemodel met een gemiddelde afwijking van 0 cm en een lokale nauwkeurigheid van 5 tot 10 cm. Indien het waterschap beschikt over hoogte-informatie met deze betrouwbaarheid, zal voor incidentele gevallen behoefte bestaan aan aanvullende metingen bij het opstellen van bestekken.

Een tweede eis voor het Waterschap Rijn en IJssel is dat de verwachte nauwkeurigheid van het digitale hoogtemodel constant is over het gehele beheersgebied, zowel in landelijk gebied als de bebouwde kom. Verschillen in nauwkeurigheid tussen deelgebieden zijn niet gewenst en de mate van reliëf dient geen merkbaar effect op de nauwkeurigheid te hebben. Ook afwijkingen door verschillen in leeftijd en oorsprong van hoogte-informatie dienen gering te zijn.

Constructie van digitaal hoogtemodel

Het Waterschap Rijn en IJssel wil beschikken over:

- een digitaal basisbestand bestaande uit hoogtepunten, contourlijnen en/of breuklijnen, en
- een geïnterpoleerd continu grid met een nader te bepalen celgrootte.

De gedefinieerde nauwkeurigheidseis van 5 tot 10 cm heeft betrekking op beide bestanden. Zoals eerder aangegeven bestaat een basisbestand met hoogtegegevens uit één of meerdere primitieven:

- hoogtepunten
- hoogtelijnen
- breuklijnen

Indien deze gegevens digitaal beschikbaar zijn kan door interpolatie een grid met hoogtewaarden worden verkregen. De nauwkeurigheid van dit hoogtemodel wordt bepaald door:

- nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de hoogtepunten
- dichtheid van de hoogtepunten
- interpolatie methode (Driehoeksnetwerk TIN, Kriging, Inverse Distance Weighting...)
- reliëf-intensiteit van het terrein

Deze vier factoren zijn onderling afhankelijk. De benadering van het maaiveld verbetert met toename van de punt dichtheid. Zo dient een toename van het reliëf te leiden tot een hogere meetdichtheid. Uit ervaringscijfers van projecten voor de Landinrichtingsdienst valt op te maken dat voor vlakke gebieden kan worden volstaan met ongeveer 3 à 5 terreinpunten per hectare, indien deze hoogtepunten in enkele centimeters nauwkeurig zijn gemeten. In licht geaccidenteerd terrein kan worden volstaan met een meetdichtheid van 5 à 7 punten per hectare. In sterk geaccidenteerde gebieden geldt een meetdichtheid van 7 à 9 punten per hectare. Bovengenoemde punt dichtheden zijn vanzelfsprekend onvoldoende om de ligging en hoogte van kaden en dijken vast te stellen.

3.2.2 Beschikbare hoogtekarten

Deze sectie bevat de inventarisatie van de analoge hoogtekarten, welke beschikbaar zijn voor het beheersgebied van het Waterschap Rijn en IJssel. De actualiteit van deze gegevens zal worden besproken, alsmede de kosten om deze kaarten te digitaliseren. Tabel 11 bevat een overzicht van de inventarisatie.

Tabel 11 Kentallen beschikbare hoogtekarten

Kaart	Ruilverkaveling		MD10 000
	punten	contouren	
schaal	1 : 5000 (1 : 10 000)	1 : 5000 (1 : 10 000)	1 : 10 000
datum	1950-1960 (1970)	1950-1960	vanaf 1950
dichtheid (punten/ha)	4-5	4-5	1
nauwkeurigheid Z (cm)	5	5	10
betrouwbaarheid/actualiteit	-	-	--
bedekking (% , incl Arnhem eo)	85	80	100
A/D	analoog	analoog	digitaal
digitaliseermethode	handmatig	semi-automatisch	nvt
doorlooptijd (mnd)	10	12	1
kosten (incl. BTW)	digitalisatie aanschaf	500.000	1.000.000
	interpolatie	35.000	45.000
	totaal	535.000	1.045.000
			36.000
			15.000
			51.000

Ruilverkavelingskaarten

In het kader van ruilverkavelingswerken zijn in de jaren 50 en 60 hoogtekarten vervaardigd. Het bedekkingspercentage voor het beheersgebied is 80 voor hoogtecontouren en 85 voor hoogtepunten. Hiertoe werden in het veld middels waterpassing hoogtepunten ingemeten. De nauwkeurigheid van de hoogtemeting is doorgaans beter dan 2 cm, terwijl in xy afwijkingen van meer dan 1m kunnen optreden. Merk op, dat het maaiveld doorgaans minder nauwkeurig wordt vastgelegd door fouten bij de idealisatie van het oppervlak door microrelief en vegetatie. Voor de effectieve nauwkeurigheid van de hoogtepunten wordt doorgaans 5 cm aangenomen.

De hoogtemetingen met een dichtheid van 4-5 punten per ha dienden als basisbestand voor het vervaardigen van een contourlijnenkaart. Deze kaart werd handmatig vervaardigd. Tijdens het inschatten van de contouren gebruikte de karteerder zijn kennis van het terrein en topografische kaarten. Deze input van kennis bij het vervaardigen van contourlijnen is een belangrijk verschil met een automatische methode waarbij alleen puntinformatie wordt gebruikt. Dit verschil heeft tot gevolg, dat complexe landschapselementen (zoals steilranden) doorgaans beter worden gerepresenteerd door handmatig vervaardigde hoogtelijnen. Hierdoor hebben contourlijnen in de ruilverkavelingskaarten een zekere meerwaarde ten opzichte van hoogtepunten.

Betrouwbaarheid

Naast de meetnauwkeurigheid wordt de betrouwbaarheid van hoogtegevens bepaald door veranderingen in het terrein. Voor zandgronden is de natuurlijke maaiveldsdaling doorgaans minder dan 0,5 cm in 5 jaar. De belangrijkste oorzaken van maaiveldsveranderingen in het beheersgebied zijn:

- Ruilverkavelings- en waterbeheersingsplannen
- Legale en illegale ontgroningen

De ruilverkavelingskaarten zijn vervaardigd met het doel te komen tot ingrepen in het landschap. Met het graven van nieuwe watergangen en sloten alsmede het dempen van bestaande sloten worden veranderingen bewerkstelligd. Ook individuele boeren hebben grondverbeteringswerken en egalisaties uitgevoerd. Legale veranderingen zijn soms

bijgehouden, hetgeen vanzelfsprekend niet geldt voor illegaal grondverzet. Probleem bij het vaststellen van de betrouwbaarheid is dan ook dat veel veranderingen gebrekkig of niet zijn vastgelegd en dus niet zijn te traceren met de beschikbare gegevens. Een goede analyse van de betrouwbaarheid kan alleen worden verkregen door het uitvoeren van controle metingen. Een dergelijk experiment kan worden uitgevoerd met behulp van de laserscan gegevens in het gebied Winterswijk Oost.

Digitaliseren en interpoleren

Middels digitalisering dienen de hoogtepunten en/of contourlijnen te worden gedigitaliseerd. Hoogtepunten worden handmatig gedigitaliseerd. Voor het digitaliseren van hoogtelijnen is het doorgaans goedkoper de kaart te scannen en vervolgens computergestuurd semi-automatische te vectoriseren. De kosten voor beide acties bedragen respectievelijk f 2,50 en f 5,00 per ha.

Na het digitaliseren worden de hoogtepunten geïnterpoleerd naar een continu grid en/of contourlijnen. Terwijl het afleiden van contourlijnen uit een grid met hoogte-waarden eenvoudig is, dient opgemerkt te worden dat de omgekeerde weg, de interpolatie van contourlijnen naar een continu grid van hoogtewaarden, een moeizame aangelegenheid is. Het ontstaan van 'plateaus' en 'terrassen' kan alleen worden vermeden door aanvullende hoogtepunten te meten. Dit heeft een verhoging van de kosten voor interpolatie tot gevolg. Zie tabel 11 voor een kostenoverzicht.

Hoogtepuntenbestand Meetkundige Dienst

Een tweede beschikbare bestand is afkomstig van de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat. Dit bestand heeft een dichtheid van 1 punt per hectare. De Meetkundige Dienst heeft de hoogtepunten op deze 1 : 10 000 kaarten verkregen uit eigen metingen en metingen verricht door bedrijven en waterschappen. De nauwkeurigheid van de metingen in z is 10 cm. De betrouwbaarheid van de hoogtepunten is sterk afhankelijk van het meettijdstip en de dynamiek in het terrein. De betrouwbaarheid wordt niet gespecificeerd door de Meetkundige Dienst.

De gegevens zijn digitaal beschikbaar. De kosten per kaartblad bedragen ongeveer f 450,-, waardoor de totale kosten voor het beheersgebied, zijnde 80 kaarten, f 36.000,- bedragen. Middels interpolatie dienen deze punten te worden geïnterpoleerd naar contourlijnen en/of continu grid met hoogtewaarden. Zie tabel 11 voor een kosten overzicht.

Hoogtepuntenbestand Provincie Gelderland

Op basis van de analoge 1 : 10 000 hoogtepuntenkaart van de Meetkundige Dienst heeft de Provincie Gelderland een raster met hoogtepunten vervaardigd. Dit raster heeft een resolutie van 100 meter hetgeen resulteert in 1 hoogtepunt per ha. Het digitale bestand wordt kosteloos ter beschikking gesteld.

De geringe resolutie maakt dit bestand echter niet geschikt voor de activiteiten van het waterschap. In reliëfrijke terreindelen zijn hoogte-afwijkingen van 1 meter of meer goed mogelijk. Bij het genereren van een raster met een hogere resolutie, bijvoorbeeld 10 meter, is het raadzaam het basisbestand van de Meetkundige Dienst te gebruiken en niet het afgeleide product van de Provincie. Het hoogtepuntenbestand van de provincie is daarom niet opgenomen in het overzicht (tabel 11).

3.3 Beschikbaarheid, actualiteit en bruikbaarheid van (geo-)hydrologische gegevens

3.3.1 Beschikbaarheid, actualiteit en bruikbaarheid van grondwaterstandsgegevens

Een overzicht van de beschikbare grondwaterstandsgegevens is verkregen met behulp van het OnLine GrondwaterstandsArchief (OLGA) van TNO-GG. Allereerst is een overzicht gemaakt van alle beschikbare grondwaterstandsbuizen in het gebied, waarbij de meetfrequentie en de meetperiode van buizen met ondiepe filters (≤ 6 meter) is geregistreerd. Diepere filters zijn niet in beschouwing genomen, omdat de beschouwde gegevens betrekking hebben op het freatische grondwater. Uit de frequentietabel is een selectie gemaakt van buizen met actualiteitswaarde. De toegepaste criteria dienen om die buizen te selecteren waarvoor betrouwbare waarden van de GHG (Gemiddeld hoogste Grondwaterstand), GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) en GVG (Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand) kunnen worden berekend. Deze criteria zijn:

- grondwaterstanden worden nog steeds opgenomen;
- de buizen zijn over de laatste 5 jaar vrijwel altijd 10 - 19 maal per half jaar bemeaten.

Grondwaterstandbuizen die aan deze eisen voldoen, zijn in principe bruikbaar voor alle instrumenten voor strategisch, tactisch en operationeel waterbeheer. De resultaten van deze screening zijn weergegeven in tabel 12.

Voor de geselecteerde buisnummers is met OLGA de catalogus opgevraagd met als doel het verkrijgen van de locatie-coördinaten van de buizen. De resultaten zijn gegeven in Aanhangsel 1. Hiermee is nog geen definitief uitsluitsel verkregen over de bruikbaarheid van de buis. Een veldbezoek moet uitsluitsel geven over de aanwezigheid van storende factoren, zoals de ligging te dicht bij een ontwatering, in een afvoerloze depressie, in een verhard oppervlak etc. In 1993 zijn voor kaartblad 34 West grondwaterstandsbuizen gescreend op ligging. Voor dat kaartblad geldt, dat alleen de positief beoordeelde grondwaterstandsbuizen in tabel 11 zijn opgenomen. Een veldbezoek valt vanwege de kosten buiten de scope van deze studie. Een indicatie van de kosten is ca. f 50,- per te bezoeken buis.

Tabel 12 Aantal grondwaterstandsbuizen met actualiteitswaarde (ondiepe filters) in OLGA

Kaartblad 1 : 50 000	Oppervlakte (km ²)	Topblad 1 : 25 000	Aantal buizen in OLGA	
			vóór screening op actualiteitswaarde	na screening op actualiteitswaarde
28 West	25	28 A	-	-
		28 B	-	-
		28 C	7	7
		28 D	5	3
33 Oost	255	33 E	5	0
		33 F	46	20
		33 G	2	2
		33 H	30	5
34 West	425	34 A	40	6
		34 B	22	13
		34 C	55	20
		34 D	49	13
34 Oost	110	34 E	2	2
		34 F	15	1
		34 G	26	16
		34 H	-	-
40 West	175	40 A	-	-
		40 B	1	1
		40 C	-	-
		40 D	2	1
40 Oost	415	40 E	16	4
		40 F	30	2
		40 G	30	4
		40 H	10	1
41 West	400	41 A	46	17
		41 B	40	16
		41 C	20	3
		41 D	21	14
41 Oost	140	41 E	41	18
		41 F	8	2
		41 G	2	2
		41 H	-	-
Gebied	1945		566	194

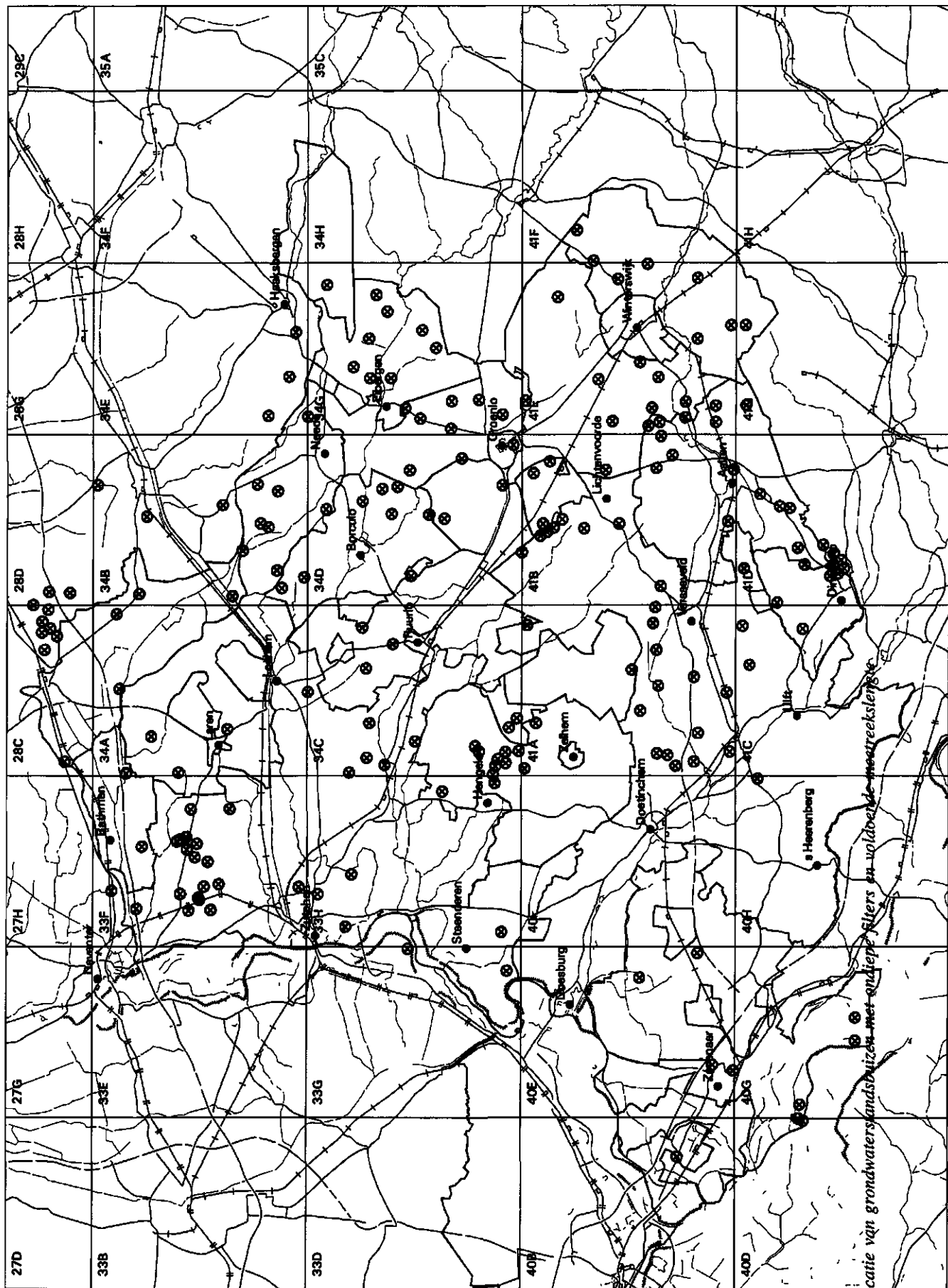


Fig. 9 Locatie van grondwaterstandsbuizen met ondiepe filters en voldoende meetreekslengte



Fig. 9 Locatie van grondwaterstandsbuizen met ondiepe filters en voldoende meetreekslengte

De locatie van de grondwaterstandsbuizen met voldoende meetreekslengte is weergegeven in figuur 9. Met name in kaartblad 40 Oost (Montferland) zijn er onvoldoende bruikbare buizen.

3.3.2 Drainageweerstanden naar ontwateringsmiddelen

Ernst (1978) heeft een onderverdeling van waterlopen gemaakt in 6 klassen, gebaseerd op gegevens uit Oost Gelderland. Deze zijn weergegeven in tabel 13.

Tabel 13 Klassificatie waterlopenpatroon volgens Ernst

Klasse	Diepte slootbodem in m- maaiveld		Omschrijving
	Minimaal	Maximaal	
1	0,40	0,65	kleine sloot
2	0,65	1,05	middelgrote sloot
3	1,05	1,75	grote sloot
4	1,75	2,70	beek (Leerinkbeek, Veengoot)
5	2,70	4,00	kleine rivier (Berkel)
6	4,00	8,00	grote rivier (Rijn, IJssel)

De waterlopen in de klassen 4 en 5 worden beschouwd als het secundaire drainagesysteem, die uit klasse 6 als het primaire systeem. Drainageweerstanden van het primaire en secundaire systeem kunnen worden berekend uit de dichtheid van het drainagesysteem, de transmissiviteit (kD) van het eerste watervoerend pakket en de radiale weerstand van de waterlopen (zie bijv. Querner en Van Bakel, 1989). De beschikbare digitale waterlopenkaart en geohydrologische gegevens (sectie 3.3.3) maken deze berekeningen mogelijk. Drainageweerstanden (en ook $Q(h^*)$ -relaties) van het tertiaire systeem (klassen 1, 2 en 3) zijn in het Gelderse deel van het onderzoeksgebied gebiedsdekkend berekend door Massop en de Wit (1994) op schaal 1 : 50 000. Zij maakten hierbij gebruik van de dichtheid van het tertiaire drainagesysteem, de Gt-kaart 1 : 50 000 en geohydrologische kenmerken van het gebied.

3.3.3 Geohydrologische parameters

Geohydrologische parameters zijn voor Oost Gelderland per geologische formatie beschreven in Weijers (1991) in termen van transmissiviteit (kD) en c-waarde. Deze waarden zijn afgeleid uit diverse pompproeven in het gebied. Massop en de Wit (1994) hebben uit de gegevens van Weijers (1991) een hydrogeologische schematisatie afgeleid, welke goed bruikbaar is voor de grondwaterstromings-modellen die bij regionaal-strategisch en lokaal-tactisch waterbeheer kunnen worden toegepast.

4 Trajecten naar een gebiedsdekkend bestand

4.1 Actualiseren, verzamelen en gebruiksklaar maken van bodemkundig/hydrologische gegevens

In deze sectie wordt beschreven welke activiteiten plaats moeten vinden om te komen tot actuele Bodem- en Gt-kaarten en boorpuntinformatie corresponderend met de 3 dichtheden van informatieverzameling die zijn onderscheiden in sectie 2.2. Er wordt daarbij uitgegaan van de informatie die reeds bruikbaar is. Een overzicht van bruikbare informatie wordt gegeven in sectie 3.1.4. Er wordt telkens onderscheid gemaakt tussen activiteiten die tot doel hebben een actuele Gt-kaart te maken en activiteiten die tot doel hebben een bruikbaar boorpuntenbestand te verkrijgen.

4.1.1 Bodemkundig/hydrologische gegevens op schaal 1 : 10 000, gegevensdichtheid 150 boringen/km²

Een overzicht van te verrichten activiteiten, kosten en verwachte doorlooptijd is gegeven in tabel 14.

Tabel 14 Kosten en doorlooptijd om te komen tot gebiedsdekkende Bodem- en Gt-kaarten en boorpunten op schaal 1 : 10 000

Activiteit	Opp. (ha)	Kostenberekening (incl. 17,5% BTW)	Kosten (Kfl)	Tijd (mj)	Doorlooptijd (j)
Aanschaf bruikbare Bodem- en Gt-kaarten en boorpuntinformatie	19520	19520 ha * fl. 1,175	23	-	-
Bruikbaar maken geschikte informatie:	10530	9470 ha * fl.22/ha * 1,175	245	1	1
1. Actualisatie Gt-kaarten 1 : 10 000		10530 ha * fl.15,40/ha * 1,175	191	1	1
2. Digitalisatie geactualiseerde Gt-kaarten en bruikbare bodemkaart 1 : 10 000					
Verdichten Bodem- en Gt-kaarten 1 : 25 000 naar 1 : 10 000	15300	15300 ha * fl.61,60/ha * 1,175	1108	4	1
Karteren 1 : 10 000 (incl. boorpuntbeschrijvingen 150/km ²)	149150	149150 ha * fl.77/ha * 1,175	13494	43	8
Totaal	194500		15061	49	10

4.1.2 Bodemkundig/hydrologische gegevens op schaal 1 : 50 000, gegevensdichtheid 15 boringen/km²

Een overzicht van te verrichten activiteiten, kosten en verwachte doorlooptijd is gegeven in tabel 15.

Tabel 15 Kosten en doorlooptijd om te komen tot gebiedsdekkende Bodem- en Gt-kaarten en boorpunten op schaal 1 : 50 000

Activiteit	Opp. (ha)	Kostenberekening (incl. 17,5% BTW)	Kosten (Kfl)	Tijd (mj)	Doorlooptijd (j)
Aanschaf bruikbare Bodem- en Gt-kaarten en boorpuntinformatie 1 : 50 000	54000	540 km ² * fl.6,30/km ² *1,175	4	-	-
Aanschaf boorpuntinformatie 1 : 10 000	30050	30050 * fl.1/ha * 1.175	35	-	-
Actualisatie Gt-kaarten 1 : 50 000	140500	140500 ha * fl.2,43/ha * 1,175	401	3	2
Aanmaken boorpuntenbestand 15/km ²	164450	((1945-300,5) km ² * 15 boringen/km ²) - 650 aanwezige boringen) * fl.57,20 per boring * 1.175	1614	7	3
Totaal	194500		2054	10	4

4.1.3 Bodemkundig/hydrologische gegevens op schaal 1 : 50 000, gegevensdichtheid 0,5 boringen/km²

Een overzicht van te verrichten activiteiten, kosten en verwachte doorlooptijd is gegeven in tabel 16.

Tabel 16 Kosten en doorlooptijd om te komen tot gebiedsdekkende Bodem- en Gt-kaarten schaal 1 : 50 000 en boorpuntgegevens met een dichtheid van 0,5/km²

Activiteit	Opp. (ha)	Kostenberekening (incl. 17,5% BTW)	Kosten (Kfl)	Tijd (mj)	Doorlooptijd (j)
Aanschaf bruikbare Bodem- en Gt-kaarten en boorpuntinformatie 1 : 50 000	54000	540 km ² * fl.6,30/km ² *1,175	4	-	-
Aanschaf boorpuntinformatie 1 : 10 000	30050	30050 * fl.1/ha * 1.175	35	-	-
Actualisatie Gt-kaarten 1 : 50 000	140500	140500 ha * fl.2,43/ha * 1,175	401	3	2
Aanmaken boorpuntenbestand 0,5/km ²	164450	((1945-300,5) km ² * 0,5 boringen/km ²) - 650 aanwezige boringen) * fl.77 per boring * 1.175	16	-	0,5
Totaal	194500		456	3	2

4.2 Actualiseren, verzamelen en gebruiksklaar maken van maaiveld-hoogtegegevens

4.2.1 Inwinningstechnieken

Voor het inwinnen van hoogtepunten zijn diverse technieken beschikbaar. Afhankelijk van de gewenste nauwkeurigheid, het aantal te meten punten, de punt dichtheid, de gewenste produktiesnelheid en eventuele bijprodukten wordt een bepaalde methode gekozen. De volgende inwinningstechnieken worden beschreven: terrestrische en fotogrammetrische technieken en laserscanning. Kentallen worden gegeven in tabel 17.

Tabel 17 Kentallen inwinningstechnieken

Methode	Terrestrische methoden		Global Positioning System
	Waterpassen	Tachymetrie	
dichtheid (punten/ha)	5-7	5-7	5-7
nauwkeurigheid Z (cm)	5	5	5
XY	100-500	5	5
betrouwbaarheid	+/-	+/-	+/-
doorlooptijd (mnd)	18	22	16
kosten f/ha incl BTW inwinning	35-40	40-45	30-35
kosten f/ha incl BTW interpolatie	0,25	0,25	0,25
kosten totaal incl BTW Kf	7.000-8.000	8.000-9.000	6.000-7.000

Methode	Fotogrammetrie		Laserscanning
	analoog	digitaal	
dichtheid (punten/ha)	20-25	750-1500	750-1500
nauwkeurigheid Z (cm)	5	5	5-15
XY	5	5	5-15
betrouwbaarheid	+	++	+
doorlooptijd (mnd)	12	12	9
kosten f/ha incl BTW inwinning	20-25	30-35	6-9
kosten f/ha incl BTW interpolatie	0,25	0,45	0,45
kosten totaal incl BTW Kf	4.000-5.000	6.000-7.000	1.200-1.800

Terrestrische methoden

Terrestrische methoden zijn duur en hebben een lange doorlooptijd. Ondanks de hoge kosten is de betrouwbaarheid van het verkregen hoogtemodel matig als gevolg van de beperkte meetdichtheid.

Waterpassing

Door een 2- of 3-mansploeg, uitgerust met een waterpasinstrument, worden in het terrein waterpaskringen gemeten met een dichtheid van 5 tot 7 punten per ha. Er wordt uitgegaan van bestaande NAP-peilmerken. De gewaterpaste punten worden op een kaart of foto aangegeven, en later gedigitaliseerd. De nauwkeurigheid van de hoogtemeting is afhankelijk van de idealisatie van het oppervlak en wordt gesteld op 5 cm. De XY nauwkeurigheid is minder dan 1 meter.

Voordeel van waterpassing is een nauwkeurige Z-waarde. Naast de lange doorlooptijd zijn nadelen, de afhankelijkheid van weersgesteldheid, de lage punt dichtheid, percelen dienen betreden te worden, berichtgeving aan eigenaren nodig en moeilijke planvorming.

Tachymetrie

Door een 2 of 3-mansploeg, uitgerust met een tachymeter, worden door het terrein polygonen (XYZ-kringen) gemeten met een dichtheid van 5 tot 7 punten per ha. Vooraf worden extra controlepunten gemaakt. Er wordt aangesloten op bestaande NAP-peilmerken voor Z, en RD-punten voor XY. Na berekening van de polygonen wordt direct een XYZ-bestand verkregen met een nauwkeurigheid van 5 cm in alle richtingen.

Deze methode levert een hoge nauwkeurigheid in XYZ. De nadelen zijn overeenkomstig aan waterpassing.

Global Positioning System (GPS)

GPS is een moderne techniek, waarbij gebruik wordt gemaakt van een satellietplaatsbepalingssysteem. Met 1-mansploegen uitgerust met een satelliet ontvanger, worden in het terrein XYZ-punten gemeten. Vooraf wordt een net van nauwkeurig bepaalde referentie-stations gelegd. Er wordt aangesloten op bestaande NAP-peilmerken voor Z, en RD-punten voor XY. Na berekening wordt direct een XYZ-bestand verkregen met een nauwkeurigheid van 5 cm in alle richtingen.

De GPS-metingen zijn nauwkeurig en kunnen sneller gemeten worden dan de meer conventionele terrestrische methoden. De nadelen van terrestrische metingen zijn reeds vermeld.

Fotogrammetrische methoden

Analoge fotogrammetrie

Luchtfoto's met een schaal 1 : 3000 of 1 : 4000 worden genomen. Door middel van paspunten (gemeten met GPS) worden de foto's aan NAP-hoogten en RD-coördinaten gekoppeld middels relatieve en absolute oriëntering. Met een stereo-uitwerkingsinstrument worden vervolgens hoogtelijnen danwel hoogtepunten gemeten met een dichtheid van 20-25 punten per ha. Een nauwkeurigheid van 5 cm is haalbaar in XYZ. Aanvullend kunnen breuklijnen worden gekarteerd.

Vergeleken met terrestrische methoden is fotogrammetrie relatief snel; 250-300 ha per operator per dag. Het gebruik van recente foto's garandeert actualiteit. Voordelig is ook dat het terrein niet betreden hoeft te worden. De geringe punt dichtheid levert een matig betrouwbaar hoogtemodel op.

Digitale fotogrammetrie

Als basismateriaal worden, evenals bij de analoge fotogrammetrie, luchtfoto's genomen met een schaal 1 : 3000 of 1 : 4000. De foto's worden met een zeer hoge resolutie gescanned en als digitaal bestand ingelezen op een verwerkingseenheid. Het proces van koppeling van fotocoördinaten aan terreincoördinaten verloopt gelijk aan analoge fotogrammetrie. Verschillend is echter het meten van hoogtepunten. In digitale stereo-modellen is het mogelijk volledig automatisch hoogtepunten te meten in een regelmatig grid van XYZ-punten. De dichtheid van deze punten is 750-1500 per ha en de nauwkeurigheid van deze punten is 5 cm.

Voordeel van digitale fotogrammetrie is dat het ingemeten object identificeerbaar is in de foto. Hierdoor is het mogelijk 'foutieve' meetpunten op gebouwen en bomen eenvoudig te verwijderen. De relatief hoge produktiesnelheid en de hoge punt dichtheid maken, dat middels digitale fotogrammetrie zeer betrouwbare hoogtemodellen worden gegenereerd. Voordelig is verder de mogelijkheid bijprodukten te leveren. Een digitale luchtfoto is een bijprodukt dat kan worden gebruikt in een GISsysteem voor visualisatie doeleinden of als basisbestand voor planvorming.

Laserscanning

Laserscanning is een nieuwe meetmethode, waarbij het aardoppervlak wordt afgetast door een laserstraal vanuit een vliegtuig of helikopter. Door voor de laser een roterende spiegel te plaatsen wordt in een strook onder het platform gemeten. Uit het tijdsverloop tussen het moment van uitzending en ontvangst van de laserpuls wordt de afstand tussen het vliegtuig en het aangestraalde oppervlak bepaald. Voor de omrekening van deze afstanden naar terreincoördinaten wordt continu de positie van het platform bepaald met behulp van differentieel GPS. Daarnaast is de richting van de spiegel bekend en wordt de roll, pitch en yaw van het vliegtuig nauwkeurig gemeten met een Inertial Navigation System. Uit de gemeten afstanden, positie en oriëntatie wordt de XYZ berekend van het door de laser aangestraalde punt. Tijdens de vlucht worden videobeelden gemaakt. Deze beelden dienen ter ondersteuning bij de nabewerking.

Met laserscanning worden meetdichtheden gehaald van 750 tot 1500 punten per ha. De nauwkeurigheid van de meetpunten is afhankelijk van de bodembedekking en mogelijkheid foutieve metingen uit te sluiten. De meetgegevens bevatten geen informatie over het aangestraalde oppervlak, bv grasof bouwland, bos of gebouwen. Voor een goede representatie van het maaiveld dienen tijdens de nabewerking punten op huizen en boomkronen handmatig danwel software-matig gefilterd worden. Vanzelfsprekend is de effectieve punt dichtheid van laserscanning kleiner in bebouwd en bosgebied. Onvolkomenheden tijdens de nabewerking maken laserscanning enigszins minder betrouwbaar dan digitale fotogrammetrie. De kosten zijn echter relatief gering. De kostenberekening heeft betrekking op een punt dichtheid van 1000/ha. Voor een bestand met een dichtheid van 500/ha liggen de kosten 5% lager.

Momenteel zijn twee systemen met vergelijkbare kwaliteiten, TopScan en TopEye, operationeel. De Meetkundige Dienst van rijkswaterstaat voert een vergelijkende studie uit naar de prestatie van beide systemen. De rapportage zal plaatsvinden in het derde kwartaal van 1996.

4.2.2 Conclusie en advies constructie digitale hoogtemodellen

In 4.2.1 zijn de technieken beschreven om beschikbare hoogtekaarten te digitaliseren en nieuwe hoogte informatie in te winnen en zijn voor- en nadelen van de verschillende mogelijkheden geëvalueerd. Ten einde te komen tot een afweging tussen de mogelijkheden tot het vervaardigen van een hoogtemodel voor het beheersgebied van het Waterschap Rijn en IJssel worden de geformuleerde kwaliteitseisen (sectie 3.2.1) herhaald:

- Gemiddelde afwijking 0 cm, lokale afwijking van 5 tot 10 cm, en
- Constante kwaliteit in het beheersgebied.

Aanvullend kan nog gesteld worden dat de kwaliteit en kosten in balans dienen te zijn.

1 hoogtepunt/ha

Het basisbestand voor deze variant kan worden aangeschaft bij de Meetkundige Dienst. Aanvullende metingen zijn noodzakelijk ten einde de betrouwbaarheid van het bestand te verhogen:

- GPS-metingen op locaties waarvan bekend is dat maaiveldsveranderingen zijn uitgevoerd. Een ruwe schatting levert 750 locaties. Meerkosten bedragen f 210 000,-.

De totale kosten voor een herzien hoogtemodel gebaseerd op MD10000-punten bedraagt f 261 000,-. Ondanks de herziening voldoet dit hoogtebestand niet aan de bovenstaande eisen.

4-7 hoogtepunten/ha

Het basisbestand voor deze variant zijn de beschikbare hoogtepunten en -lijnen in ruilverkavingskaarten. Zonder aanvullende metingen voldoen deze bestanden niet aan de bovenstaande eisen:

- in 15 tot 20% van het beheersgebied waarvoor geen hoogtegegevens beschikbaar zijn. Deze gebieden zijn het beste in te meten met laserscanning. Meerkosten voor hoogtepunten en -lijnen bestand zijn respectievelijk f 240 000,- en f 320 000,-
- GPS-metingen op locaties waarvan bekend is dat maaiveldsveranderingen zijn uitgevoerd. Een ruwe schatting levert 750 locaties. Meerkosten bedragen f 350 000,-.
- Hoogtepunten in bebouwd gebied op te vragen bij gemeenten.

De totaalkosten voor een herzien hoogtemodel gebaseerd op RvK-hoogtepunten en -lijnen bedragen f 1 125 000,- en f 1 715 000,-. Ondanks de herziening is de betrouwbaarheid van dit bestand matig.

>750 hoogtepunten/ha

Beide kwaliteitseisen kunnen alleen worden gehaald door een hernieuwde inwinning voor het gehele gebied met een hoge meetdichtheid middels digitale fotogrammetrie of laserscanning. De grotere betrouwbaarheid van digitale fotogrammetrie weegt niet op tegen de hoge kosten voor deze techniek in vergelijking met laserscanning. Alleen indien aanvullende gegevens gewenst zijn, zoals ingemeten kunstwerken en digitale orthofoto's kunnen de meerkosten van digitale fotogrammetrie worden gerechtvaardigd. De kosten voor deze variant uitgevoerd met laserscanning bedragen f 1 200 000,- tot f 1 800 000,-.

Conclusie

De kosten van een digitaal hoogtemodel gebaseerd op de herziene ruilverkavingskaarten komen in de orde grootte van laserscanning. Omdat de betrouwbaarheid van de herziene RvK-kaarten beperkt is, lijkt laserscanning de meest kost/effectieve methode voor het vervaardigen van een betrouwbaar digitaal hoogtemodel van het beheersgebied van het Waterschap Rijn en IJssel.

4.3 Actualiseren, verzamelen en gebruiksklaar maken van (geo-)hydrologische gegevens

Grondwaterstandsgegevens

In sectie 3.3.1 is gebleken, dat het aantal grondwaterstandsbuizen dat een voldoende complete meetreeks heeft om karakteristieken als GHG, GLG en GVG te berekenen, niet erg groot is (194 buizen in het gehele gebied, minder dan 1 per 10 km²). Voor het lokaal-operationele waterbeheer zijn deze eisen wellicht te streng geformuleerd, en zijn er diensgevolge meer bruikbare stambuizen in het gebied aanwezig. Welke stambuisgegevens bruikbaar zijn, en wat de consequenties zijn voor een eventueel benodigde verdichting van het meetnet, hangt af van het gekozen instrumentarium. Om die reden wordt geadviseerd, eerst een keuze voor een aantal instrumenten voor waterbeheer te maken, en vervolgens hiermee eisen voor een meetnet te formuleren. Met deze eisen kan een verdichting of uitdunning van het bestaande meetnet worden geanalyseerd en gemotiveerd. Pas hierna kan een kostenschätzung worden gemaakt van de investering voor het verkrijgen van voldoende actuele grondwaterstandsgegevens.

Drainageweerstanden

Er zijn vrijwel gebiedsdekkend drainageweerstanden te berekenen of reeds berekend voor de primaire, secundaire en tertiaire ontwateringsmiddelen. Omdat de drainageweerstand voor de tertiaire systemen wordt voorspeld met de (o.a.) Gt, verdient het aanbeveling na een eventuele uitvoering van een Gt-actualisatie te beoordelen of de vertaalfunctie van (o.a.) Gt naar drainageweerstand moet worden herzien, waarna dan opnieuw gebiedsdekkend drainageweerstanden kunnen worden berekend.

Geohydrologische gegevens

Geohydrologische eigenschappen van de diepere ondergrond zijn in voldoende mate bekend van de geologische formaties in het gebied. Veroudering van deze informatie zal nauwelijks optreden, dus actualisatie lijkt niet nodig.

4.4 Scenario's voor gegevensverzameling

In sectie 2.2 en 2.3 is gekeken welke variabelen er minimaal beschikbaar moeten zijn voor verschillende niveaus van waterbeheer, en wat de relatie is tussen de ruimtelijke gegevensdichtheid en de kwaliteit van ruimtelijke interpolaties. De resultaten van beide analyses worden in deze sectie vertaald naar een aantal streefdoelen waarop gegevensverzameling zich kan richten (projectieve scenario's). Elk scenario heeft betrekking op een combinatie van gegevenspakket en bemonsteringsdichtheid. Variaties in bemonsteringsdichtheid hebben met name betrekking op bodem- en hoogtegegevens en topkaarten. De scenario's worden samengevat in tabel 18.

Tabel 18 Omschrijving van scenario's voor gegevensverzameling

Scenario	Omschrijving	Variabelen	Bemonsteringsdichtheid
B1	Basispakket, 1 : 10 000	P /dag PE /dag DTM peil waterlopen Bodem- en (act.) Gt-kaart stijghoogte	per dag per meteo-station per dag per meteo-station 1 punt per ha (100/km ²) per tijdvak 1 : 10 000 alle stambuizen, 14-daags
B2	Basispakket, 1 : 50 000	P /dag PE /dag DTM peil waterlopen Bodem- en (act.) Gt-kaart stijghoogte	per dag per meteo-station per dag per meteo-station 4 punten per ha (400/km ²) per tijdvak 1 : 50 000 alle stambuizen, 14-daags
B3	Basispakket, minimale bemonsteringsdichtheid	P /dag PE /dag DTM peil waterlopen Bodem- en (act.) Gt-kaart stijghoogte	per dag per meteo-station per dag per meteo-station laserscan (>75000/km ²) per tijdvak 1 : 50 000 alle stambuizen, 14-daags
M1	Basispakket, 1 : 10 000 met uitbreidingspakket I	P /dag PE /dag DTM peil waterlopen Bodem- en (act.) Gt-kaart stijghoogte landgebruik gewas topkaart drainageweestand - prim/sec waterl. - tertiaire waterl. boorbeschrijvingen bodempysische par.	per dag per meteo-station per dag per meteo-station 1 punt per ha (100/km ²) per tijdvak 1 : 10 000 alle stambuizen, 14-daags LGN, 25*25 meter cellen LGN, 25*25 meter cellen 1 : 10 000 1000*1000 meter cellen 1 : 10 000 (150/km ²) 1 : 10 000 (150/km ²)
M2	Basispakket, 1 : 50 000 met uitbreidingspakket I	P /dag PE /dag DTM peil waterlopen Bodem- en (act.) Gt-kaart stijghoogte landgebruik gewas topkaart drainageweestand - prim/sec waterl. - tertiaire waterl. boorbeschrijvingen bodempysische par.	per dag per meteo-station per dag per meteo-station 4 punten per ha (400/km ²) per tijdvak 1 : 50 000 alle stambuizen, 14-daags LGN, 25*25 meter cellen LGN, 25*25 meter cellen 1 : 50 000 1000*1000 meter cellen 1 : 50 000 (15/km ²) 1 : 50 000 (15/km ²)
M3	Basispakket, minimale bemonsteringsdichtheid met uitbreidingspakket I	P /dag PE /dag DTM peil waterlopen Bodem- en (act.) Gt-kaart stijghoogte landgebruik gewas topkaart drainageweestand - prim/sec waterl. - tertiaire waterl. boorbeschrijvingen bodempysische par.	per dag per meteo-station per dag per meteo-station laserscan (>75000/km ²) per tijdvak 1 : 50 000 alle stambuizen, 14-daags LGN, 25*25 meter cellen LGN, 25*25 meter cellen 1 : 50 000 1000*1000 meter cellen 0,5/km ² 0,5/km ²

Scenario	Omschrijving	Variabelen	Bemonsteringsdichtheid
G1	Basispakket, 1 : 10 000 met uitbreidingspakketten I en II	P /dag PE /dag DTM peil waterlopen Bodem- en (act.) Gt-kaart stijghoogte landgebruik gewas topkaart drainageweerstand - prim/sec waterl. - tertiaire waterl. boorbeschrijvingen bodempysische par. geohydrologie onttrekkingsdata peilen rivier/kanaal	per dag per meteo-station per dag per meteo-station 1 punt per ha (100/km ²) per tijdvak 1 : 10 000 alle stambuizen, 14-daags LGN, 25*25 meter cellen LGN, 25*25 meter cellen 1 : 10 000 1000*1000 meter cellen 1 : 10 000 (150/km ²) 1 : 10 000 (150/km ²) 1 : 50 000 1 : 25 000 nvt
G2	Basispakket, 1 : 50 000 met uitbreidingspakketten I en II	P /dag PE /dag DTM peil waterlopen Bodem- en (act.) Gt-kaart stijghoogte landgebruik gewas topkaart drainageweerstand - prim/sec waterl. - tertiaire waterl. boorbeschrijvingen bodempysische par. geohydrologie onttrekkingsdata peilen rivier/kanaal	per dag per meteo-station per dag per meteo-station 4 punten per ha (400/km ²) per tijdvak 1 : 50 000 alle stambuizen, 14-daags LGN, 25*25 meter cellen LGN, 25*25 meter cellen 1 : 50 000 1000*1000 meter cellen 1 : 50 000 (15/km ²) 1 : 50 000 (15/km ²) 1 : 50 000 1 : 25 000 nvt
G3	Basispakket, minimale bemonsteringsdichtheid met uitbreidingspakketten I en II	P /dag PE /dag DTM peil waterlopen Bodem- en (act.) Gt-kaart stijghoogte landgebruik gewas topkaart drainageweerstand - prim/sec waterl. - tertiaire waterl. boorbeschrijvingen bodempysische par. geohydrologie onttrekkingsdata peilen rivier/kanaal	per dag per meteo-station per dag per meteo-station laserscan (>75000/km ²) per tijdvak 1 : 50 000 alle stambuizen, 14-daags LGN, 25*25 meter cellen LGN, 25*25 meter cellen 1 : 50 000 1000*1000 meter cellen 0,5/km ² 0,5/km ² 1 : 50 000 1 : 25 000 nvt

4.5 Analyse van de scenario's

4.5.1 Aannames, kosten en doorlooptijd

Bij de analyse van de scenario's naar kosten en doorlooptijd gelden de volgende aannames:

- Alleen de 'statische gegevens' zijn bij de berekening betrokken, d.w.z. dat variabelen die uit monitoring worden verkregen (weersgegevens, grondwaterstanden, openwaterpeilen etc.) alleen *pro memori* worden genoemd. De kosten verbonden met de verzameling van deze gegevens zijn immers afhankelijk van de duur van de meetperiode.
- Gegevens verzameld door waterschappen of Provinciale Diensten worden *pro*

memori behandeld, aannemende dat de Provincie aan de waterschappen geen kosten voor het gebruik van hun gegevens zal doorberekenen.

- Er is uitgegaan van de beschikbaarheid en bruikbaarheid van gegevens zoals die is geïnventariseerd in hoofdstuk 3, en van de kostenschattingen in hoofdstuk 4.
- Er wordt uitgegaan van een Gt-actualisatie van het gehele gebied 1 : 50 000 waarvoor de noodzaak is vastgesteld (sectie 3.1.4). Een bezuiniging hierop is mogelijk door arbitrair deelgebieden niet te actualiseren, of door bijvoorbeeld vlakken met Gt-VII en VII* niet te actualiseren. Dit is niet in de kostenschattingen meegenomen, maar levert ca. f 2,43 per hectare besparing op.
- Het ontwerp van de architectuur van het GIS waarin de te verzamelen gegevens worden opgeslagen blijft buiten deze analyse. Het verdient aanbeveling goed over deze structuur na te denken alvorens tot aanmaak en aanschaf van bestanden over te gaan.
- De aanschafprijs van de landgebruiks- en gewasinformatie uit het Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland (LGN) heeft betrekking op het gehele gebied.
- De aanschafprijs van de digitale topkaarten 1 : 10 000 is conform het convenant tussen de Unie van Waterschappen en de Topografische Dienst f 14,- per km² bij alle soorten gebruik (waterkwantiteit, waterkwaliteit en keringen). De aanschafprijs van de digitale topkaart 1 : 50 000 is f 1680,-/500 km² voor bladen 33 en 40, f 1120,-/500 km² voor de bladen 34 en 35 en f 840,-/500 km² voor blad 41 (ex. BTW). Er wordt vanuitgegaan, dat de informatie nog niet in digitale vorm aangeschaft is.

In tabel 19 wordt een gespecificeerd overzicht gegeven van de kosten en doorlooptijd van de verzameling van de 'statische variabelen' die bij elk van de scenario's worden verzameld. Voor de post 'drainageweerstanden' wordt aanbevolen deze na een Gt-actualisatie opnieuw te bepalen. In dat geval is het bedrag niet nihil. In tabel 19 zijn de kosten van 'boorbeschrijvingen 150/km²' bij scenario M1 en G1 nihil, omdat deze gegevens standaard bij de kartering 1 : 10 000 worden opgenomen, en dus al bij scenario B1 zijn begroot.

Tabel 19 Kosten en doorlooptijd van de verzameling van statische gegevens per scenario.

Scenario	Variabelen	Kosten (*1000)	Doorlooptijd (jaar)
B1 Basispakket, 1 : 10 000	DTM 100/km ² Bodem- en (act.) Gt-kaart 1 : 10 000	261 15.061 Totaal 15.322	1 10 Totaal 10
B2 Basispakket, 1 : 50 000	DTM 400/km ² Bodem- en (act.) Gt-kaart 1 : 50 000	1.125 405 Totaal 1.530	1 2 Totaal 3
B3 Basispakket, minimale bemonsteringsdichtheid	DTM >75.000/km ² Bodem- en (act.) Gt-kaart 1 : 50 000	1.500 405 Totaal 1.905	1 2 Totaal 3

Scenario	Variabelen	Kosten (*1000)	Doorlooptijd (jaar)
M1 Basispakket, 1 : 10 000 met uitbreidingspakket I	DTM 100/km ² Bodem- en (act.) Gt-kaart 1 : 10 000 landgebruik/gewas topkaart 1 : 10 000 drainageweerstand - prim/sec waterl. - tertiaire waterl. boorbeschrijvingen 150/km ² bodemfysische par. 150/km ²	261 15.061 60 29 nihil nihil nihil nihil Totaal 15.411	1 10 - - - - - - Totaal 10
M2 Basispakket, 1 : 50 000 met uitbreidingspakket I	DTM 400/km ² Bodem- en (act.) Gt-kaart 1 : 50 000 landgebruik/gewas topkaart 1 : 50 000 drainageweerstand - prim/sec waterl. - tertiaire waterl. boorbeschrijvingen 15/km ² bodemfysische par. 15/km ²	1.125 405 60 10 nihil nihil 1.649 nihil Totaal 3.249	1 2 - - - - - 3 - Totaal 4
M3 Basispakket, minimale bemonsteringsdichtheid met uitbreidingspakket I	DTM >75.000/km ² Bodem- en (act.) Gt-kaart 1 : 50 000 landgebruik/gewas topkaart 1 : 50 000 drainageweerstand - prim/sec waterl. - tertiaire waterl. boorbeschrijvingen 0,5/km ² bodemfysische par. 0,5/km ²	1.500 405 60 10 nihil nihil 51 nihil Totaal 2.026	1 2 - - - - - 0,5 - Totaal 3
G1 Basispakket, 1 : 10 000 met uitbreidingspakketten I en II	DTM 100/km ² Bodem- en (act.) Gt-kaart 1 : 10 000 landgebruik/gewas topkaart 1 : 10 000 drainageweerstand - prim/sec waterl. - tertiaire waterl. boorbeschrijvingen 150/km ² bodemfysische par. 150/km ² geohydrologie	261 15.061 60 29 nihil nihil nihil nihil nihil Totaal 15.411	1 10 - - - - - - - Totaal 10
G2 Basispakket, 1 : 50 000 met uitbreidingspakketten I en II	DTM 400/km ² Bodem- en (act.) Gt-kaart 1 : 50 000 landgebruik/gewas topkaart 1 : 50 000 drainageweerstand - prim/sec waterl. - tertiaire waterl. boorbeschrijvingen 15/km ² bodemfysische par. 15/km ² geohydrologie	1.125 405 60 10 nihil nihil 1.649 nihil nihil Totaal 3.249	1 2 - - - - - 3 - - Totaal 4

Scenario	Variabelen	Kosten (*1000)	Doorlooptijd (jaar)
G3 Basispakket, minimale bemonsteringsdichtheid met uitbreidingspakketten I en II	DTM >75.000/km ²	1.500	1
	Bodem- en (act.) Gt-kaart 1 : 50 000	405	2
	landgebruik/gewas	60	-
	topkaart 1 : 50 000	10	-
	drainageweerstand		
	- prim/sec waterl.	nihil	-
	- tertiaire waterl.	nihil	-
	boorbeschrijvingen 0,5/km ²	51	0,5
	bodemfysische par. 0,5/km ²	nihil	-
	geohydrologie	nihil	-
	Totaal 2.026	Totaal 3	

Tabel 20 geeft een overzicht van de dynamische variabelen die pro memori in de analyse zijn meegenomen. Tabel 21 geeft een overzicht van de variabelen die, gegeven de keuze voor een bepaald bemonsteringsscenario, nog ontbreken om de geïdentificeerde instrumenten voor waterbeheer te kunnen toepassen.

Tabel 20 pm-posten bij de verzameling van dynamische gegevens per scenario

Scenario	Variabelen	Scenario	Variabelen
B1 Basispakket, 1 : 10 000	P /dag PE /dag peil waterlopen stijghoogte	G1 Basispakket, 1 : 10 000 met uitbreidingspakketten I en II	P /dag PE /dag peil waterlopen stijghoogte onttrekkingsdata peilen rivier/kanaal
B2 Basispakket, 1 : 50 000	P /dag PE /dag peil waterlopen stijghoogte	G2 Basispakket, 1 : 50 000 met uitbreidingspakketten I en II	P /dag PE /dag peil waterlopen stijghoogte onttrekkingsdata peilen rivier/kanaal
B3 Basispakket, minimale bemonsteringsdichtheid	P /dag PE /dag peil waterlopen stijghoogte	G3 Basispakket, minimale bemonsteringsdichtheid met uitbreidingspakketten I en II	P /dag PE /dag peil waterlopen stijghoogte onttrekkingsdata peilen rivier/kanaal
M1 Basispakket, 1 : 10 000 met uitbreidingspakket I	P /dag PE /dag peil waterlopen stijghoogte		
M2 Basispakket, 1 : 50 000 met uitbreidingspakket I	P /dag PE /dag peil waterlopen stijghoogte		
M3 Basispakket, minimale bemonsteringsdichtheid met uitbreidingspakket I	P /dag PE /dag peil waterlopen stijghoogte		

Tabel 21 Statische en dynamische gegevens welke bij keuze voor een scenario nog ontbreken voor het kunnen toepassen van de 8 instrumenten voor waterbeheer.

Gekozen scenario	Ontbrekende statische gegevens	Dynamische gegevens
B1 Basispakket, 1 : 10 000	landgebruik/gewas topkaart 1 : 10 000 drainageweerstand - prim/sec waterl. - tertiaire waterl. boorbeschrijvingen 150/km ² bodempysische par. 150/km ² geohydrologie	onttrekkingsdata peilen rivier/kanaal
B2 Basispakket, 1 : 50 000	landgebruik/gewas topkaart 1 : 50 000 drainageweerstand - prim/sec waterl. - tertiaire waterl. boorbeschrijvingen 15/km ² bodempysische par. 15/km ² geohydrologie	onttrekkingsdata peilen rivier/kanaal
B3 Basispakket, minimale bemonsteringsdichtheid	landgebruik/gewas topkaart 1 : 50 000 drainageweerstand - prim/sec waterl. - tertiaire waterl. boorbeschrijvingen 0,5/km ² bodempysische par. 0,5/km ² geohydrologie	onttrekkingsdata peilen rivier/kanaal
M1 Basispakket, 1 : 10 000 met uitbreidingspakket I	geohydrologie	onttrekkingsdata peilen rivier/kanaal
M2 Basispakket, 1 : 50 000 met uitbreidingspakket I	geohydrologie	onttrekkingsdata peilen rivier/kanaal
M3 Basispakket, minimale bemonsteringsdichtheid met uitbreidingspakket I	geohydrologie	onttrekkingsdata peilen rivier/kanaal
G1 Basispakket, 1 : 10 000 met uitbreidingspakketten I en II	geen	geen
G2 Basispakket, 1 : 50 000 met uitbreidingspakketten I en II	geen	geen
G3 Basispakket, minimale bemonsteringsdichtheid met uitbreidingspakketten I en II	geen	geen

4.5.2 Discussie en conclusies

Verschillen tussen scenario's

Een analyse van de scenario's levert de volgende observaties:

- De verschillen in kosten en doorlooptijd van de scenario's 1 : 10 000 (B1, M1 en G1) met die van de scenario's 1 : 50 000 (B2, B3, M2, M3, G2, G3) zijn zeer groot. De hoge kosten verbonden aan een gedetailleerde bodemkartering 1 : 10 000 worden dus bij lange na niet gecompenseerd door de lagere kosten van het DTM.
- Het is opmerkelijk, dat het basispakket 1 : 50 000 (B2) goedkoper te realiseren is dan het basispakket 1 : 50 000 met minimale bemonsteringsdichtheid (B3). Dit wordt veroorzaakt door de hogere kosten van laserscanning vergeleken met een upgrade van een 400 punten/km² DTM. Zonder laserscanning is verzameling van pakket B3 niet zinvol, omdat de gereduceerde bodembemonstering sterk leunt op de aanwezigheid van een zeer gedetailleerd DTM. De lagere prijs van B2 gaat overigens samen met een beduidend mindere kwaliteit van het DTM.
- Een vergelijking tussen de scenario's M2 en M3 laat zien, dat het pakket met minimale bemonsteringsdichtheid (M3) hier goedkoper is. Dit wordt veroorzaakt door de lagere kosten van het verzamelen van boorpuntbeschrijvingen in scenario M3 (0,5/km²). De reeds aanwezige boorpuntbeschrijvingen in het BIS en op schaal 1 : 10 000 maken slechts een geringe bemonsteringsinspanning noodzakelijk, waar de verzameling van 15 boorpuntbeschrijvingen/km² ruim 1.6 miljoen gulden kost.
- De scenario's G1, G2 en G3 kosten even veel als de scenario's M1, M2 en M3 omdat alle gegevens in uitbreidingspakket II pm zijn begroot. Deze gegevens zijn reeds in het bezit van, of worden verzameld door, de Provincie en de huidige Waterschappen.
- De aanschafkosten van digitale topkaarten 1 : 50 000 dan wel 1 : 10 000 verschillen weinig vergeleken met de totale kosten van de scenario's M1, M2 en M3. Het lijkt daarom niet zinvol hierop te bezuinigen.

Prioriteiten en doorlooptijd

In deze sectie wordt kort ingegaan op onderlinge prioriteiten van de uit te voeren werkzaamheden. Fig. 10 geeft een overzicht.

Scenario's B1, M1 en G1

Bij het actualiseren van de beschikbare 1 : 10 000 Gt-kaarten is een actueel DTM nuttige hulpinformatie. In de 9470 ha waar het hier om gaat moet het DTM dus beschikbaar zijn. De DTM in de rest (het grootste deel) van het gebied is niet nodig voor de bodemkartering 1 : 10 000. De totale doorlooptijd is ca. 10 jaar, bij een inzet van 5 mensjaar/jaar voor de bodemkartering en Gt-actualisatie.

Scenario's B2, B3, M3 en G3

Bij het actualiseren van de Gt-kaart 1 : 50 000 is een actueel DTM noodzakelijk. Deze moet dus bij aanvang van de actualisatie vrijwel gebiedsdekkend (niet in 41 West en Oost) beschikbaar zijn als digitale puntinformatie. De totale doorlooptijd wordt hierdoor 3 jaar, bij een inzet van 1.5 mensjaar in jaar 2 en ook in jaar 3 voor de Gt-actualisatie.

Scenario's M2 en G2

Evenals bij B2, B3, M3 en G3 is een vrijwel gebiedsdekkend, actueel DTM noodzakelijk

bij het actualiseren van de Gt-kaart 1 : 50 000. Bovendien moeten er op een aantal locaties boorpuntbeschrijvingen worden gemaakt. Deze activiteit kan gedurende 4 jaren met inzet van 1,75 mensjaar per jaar worden gerealiseerd, en kan parallel aan de overige activiteiten plaatsvinden.

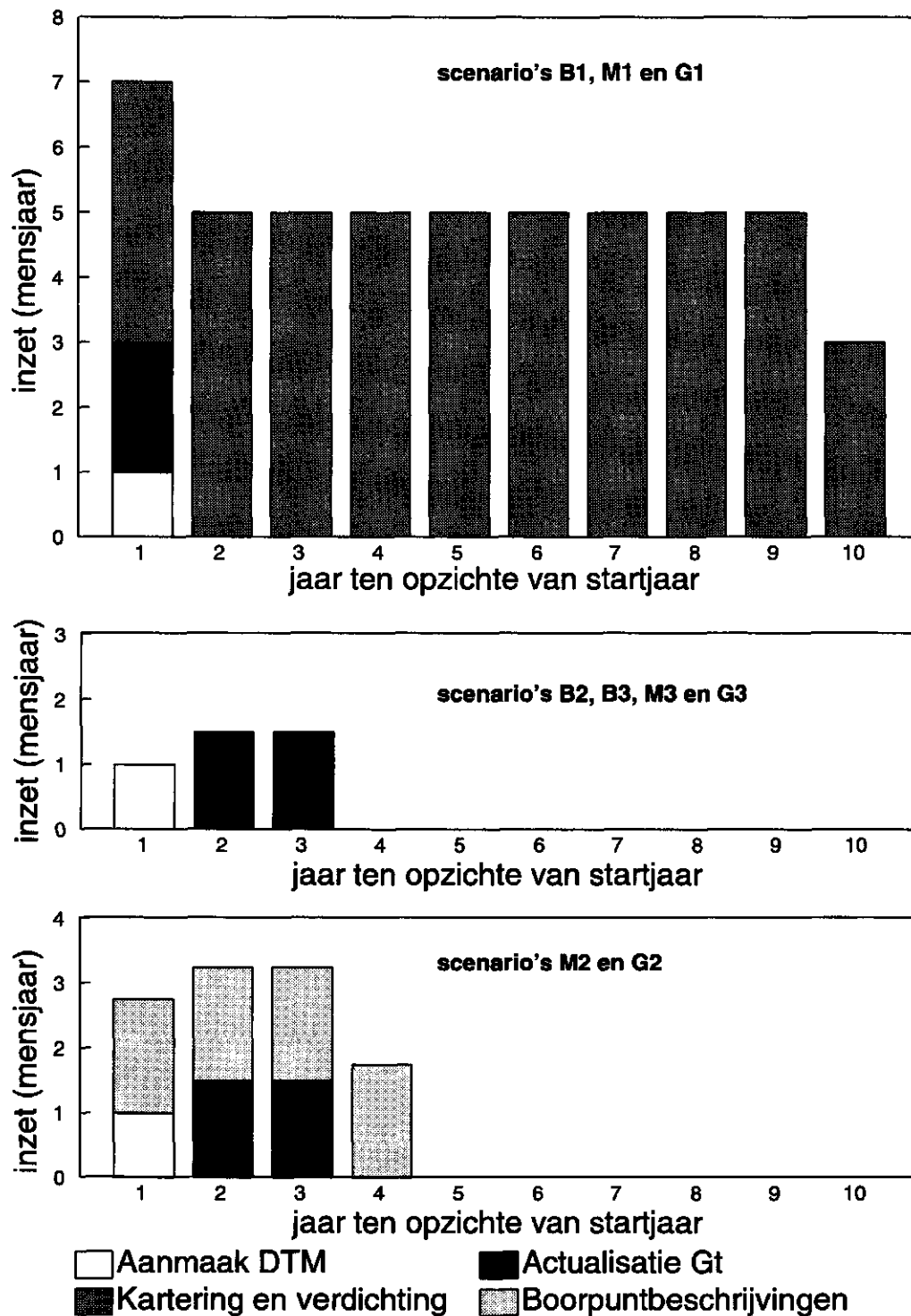


Fig. 10 Prioriteit, tijdsbesteding en doorlooptijd van de scenario's

Een bestandsopbouw van bodemkundige gegevens in twee fasen

In deze sectie wordt ingegaan op de keuze voor een gegevensverzameling in twee opeenvolgende fasen. De eerste fase is een gebiedsdekkende gegevensverzameling 1 : 50 000 (15/km², beschreven in tabel 15), de tweede fase is het in deelgebieden verzamelen van gegevens op schaal 1 : 10 000 (150/km², beschreven in tabel 14). De verzamelde of aangekochte gegevens zijn in beide fasen hetzelfde, en dus kunnen de gegevens 1 : 50 000 ter ondersteuning worden gebruikt in fase 2. Dubbel werk wordt dus niet gedaan. De kosten per boorpuntbeschrijving op schaal 1 : 50 000 zijn echter hoger (f 57,20 per boring) dan die op schaal 1 : 10 000 (f 51 per boring, inclusief het maken van de bodem- en Gt-kaart) vanwege de grotere onderlinge afstand van de waarnemingspunten. Om deze reden is een benadering in 2 fasen naar een gebiedsdekkend bestand 1 : 10 000 ca. f 150 000 (f 0,75/km²) duurder dan een rechtstreekse gegevensverzameling 1 : 10 000. Ook zal de totale doorlooptijd toenemen. Een voordeel van de bestandsopbouw in fasen is, dat de regionale waterbeheerders regionale prioriteiten kunnen toekennen aan 1 : 10 000 karteringen, en zo de gegevensverzameling goed kunnen aansturen. De meerkosten zijn relatief gering.

Duurzaamheid van de verzamelde gegevens

De duurzaamheid van de verzamelde gegevens bepaalt in hoeverre de investeringen in een bepaald scenario éénmalig zijn, dan wel regelmatig herhaald dienen te worden. Hieronder wordt voor de variabelen uit tabel 19 samengevat in hoeverre de informatie duurzaam is, welke omstandigheden veroudering veroorzaken en hoe actualisatie kan plaatsvinden.

Bodemkaarten (alle schalen), boorpuntbeschrijvingen en bodemfysische eigenschappen

Bodemkaarten en beschrijvingen van de bodemopbouw op punten verouderen ten gevolge van verwijderen, opbrengen en vergraven van grond, door verdwijnen (oxidatie) van veen en door klink. Als deze processen niet optreden, dan is het maken van een bodemkaart, het verzamelen van boorpuntbeschrijvingen en het interpreteren naar bodemfysische eigenschappen een eenmalige exercitie. Grondverzet is een lokale ingreep en beïnvloedt de bodemopbouw, de bodemfysische eigenschappen en dus de hydrologische eigenschappen van het profiel op korte termijn (jaren). Oxidatie en klink treden op in gebieden die sterk worden ontwaterd. Een karakteristieke termijn is enkele 10-tallen jaren. Voor het kunnen beoordelen van de noodzaak voor actualisatie is een gedetailleerd archief van bovengenoemde ingrepen noodzakelijk. Een geactualiseerd DTM kan worden gebruikt om gebieden met sterke veranderingen in maaiveldshoogte aan te wijzen. Vermoedelijk is hier de profielopbouw ook veranderd. Actualisatie vergt een veldbeoordeling van deze gebieden.

Gt-kaarten (alle schalen)

Gt-kaarten verouderen sneller dan bodemkaarten (karakteristieke termijn: 10 jaar), door dezelfde oorzaken alsmede door veranderingen in de drainage en afwatering. Indien een van de in 2.1.1 en 2.1.2 gedefinieerde instrumenten voor lokaal tactisch of regionaal strategisch waterbeheer is geïmplementeerd, dan kunnen deze instrumenten met bijbehorende gegevens worden gebruikt om de Gt-kaart te actualiseren zonder dat een gebiedsdekkend veldonderzoek moet worden uitgevoerd. Als er geen van deze instrumenten operationeel is, dan kan de Gt-kaart worden geactualiseerd door gebiedsdekkende verzameling van grondwaterstanden en het gebruik van een DTM als

hulpinformatie. Actualisatie op schaal 1 : 10 000 kost ca. f 22/ha, actualisatie op schaal 1 : 50 000 kost ca. f 2,43/ha.

Maaiveldhoogtegegevens

Maaiveldhoogtegegevens verouderen ten gevolge van dezelfde oorzaken als bodeminformatie. Als er geen grondverzet plaats vindt, dan blijven maaiveldhoogten 10-tallen jaren actueel. Bij ingrepen geldt ook hier, dat voor het kunnen beoordelen van de noodzaak voor actualisatie een gedetailleerde archivering van deze ingrepen noodzakelijk is.

Landgebruik en gewassen

Het landgebruik en de bij agrarisch gebruik verbouwde gewassen kunnen op termijn van enkele jaren veranderen. Vanwege deze dynamiek wordt voor het LGN-bestand een 5-jaarlijks terugkerende, landelijke actualisatie nagestreefd. Investeren in deze gegevens zal dus bij gelegenheid opnieuw moeten plaatsvinden.

Drainageweerstanden

Drainageweerstanden van het primaire en secundaire afwateringsstelsel zullen alleen bij belangrijke ingrepen in deze afwatering veranderen. Voor de drainageweerstanden van het tertiaire stelsel wordt aangeraden deze opnieuw gebiedsdekkend te bepalen bij gebleken behoefte aan actualisatie van de Gt, en ook indien de dichtheid van het drainagestelsel is veranderd.

Geohydrologische parameters

Geohydrologische parameters zullen niet veranderen in de tijd. Echter, het mag worden verwacht dat met de tijd meer gedetailleerde kennis van de geohydrologische laagopbouw en bijbehorende laageigenschappen beschikbaar zal komen. Het REGIS-systeem van TNO-GG streeft na, deze nieuwe informatie beschikbaar te maken.

Topkaarten

Topkaarten verouderen relatief snel (karakteristieke termijn 5-15 jaar) door met name infrastructurele veranderingen. De Topografische Dienst actualiseert de digitale bestanden daarom regelmatig.

Conclusies

- Gegevensverzameling 1 : 10 000 levert weliswaar een schat aan bruikbare gegevens op, maar is gezien de kosten en doorlooptijd nauwelijks een alternatief voor de 1 : 50 000 scenario's.
- Bij een keuze voor een van de basispakketten 1 : 50 000 (B2 of B3) verdient B3 ondanks de hogere kosten de voorkeur vanwege de betere kwaliteit van het uit laserscanning resulterende DTM.
- Bij een keuze voor het basispakket en één of twee uitbreidingspakketten (scenario's M of G) kan het beste worden gekozen voor beide uitbreidingspakketten. Uitbreidingspakket II bestaat namelijk voornamelijk uit gegevens waar de Waterschappen en de Provincie reeds de beschikking over hebben, of die reeds in meetprogramma's worden verzameld. Verzamelen van beide uitbreidingspakketten is derhalve voor relatief lage meerkosten te realiseren omdat het merendeel van de gegevensverzameling toch reeds geschiedt dan wel reeds heeft plaatsgevonden. Het

verdient aanbeveling het meetnet te evalueren in relatie tot het toe te passen instrumentarium voor het waterbeheer.

- De keuze tussen scenario M2 of G2 enerzijds en M3 of G3 anderzijds valt, ondanks de hogere kosten, uit in het voordeel van M2 of G2. Bij de M3 en G3 scenario's wordt t.o.v. de M2 en G2 scenario's bezuinigd op de kosten van het verzamelen van boorpuntbeschrijvingen. Het effect van ingrepen op de waterhuishouding moet op boorpunten worden gekwantificeerd, waarna het DTM wordt gebruikt voor het vertalen in een ruimtelijk beeld. Te weinig boorpuntinformatie betekent dus, dat het effect van ingrepen op te weinig locaties goed kan worden bepaald. Een interpolatie met een laserscanning-DTM kan dit niet verbeteren. Om deze reden wordt pakket M2 of G2 geprefereerd boven M3 of G3. Het verdient aanbeveling ook in pakket M2 of G2 een laserscanning DTM te maken, vanwege de hogere kwaliteit. Hierdoor worden beide pakketten ca. f 375.000,- duurder.
- Het is niet zinvol te bezuinigen op de aanschaf van digitale topografische bestanden.
- De duurzaamheid van de 'statische' gegevens hangt af van de ingrepen van de mens in het gebied. Met name Gt-informatie, maaiveldhoogten, grondgebruiksgegevens en topografische gegevens kunnen lokaal snel (5-15 jaar) verouderen. Tussentijdse actualisatie van Gt-informatie zonder grote veldcampagnes is mogelijk als een van de instrumenten voor lokaal-tactisch waterbeheer operationeel is, en aan de gegevensbehoefte is voldaan. Het bijhouden van een archief van grondverzet wordt aanbevolen.
- Er kan worden gekozen voor de opbouw van een bestand met bodemgegevens in 2 fasen: eerst de opbouw van een bestand met 15 observaties per km² (1 : 50 000) en daarna in deelgebieden bij gebleken behoefte de opbouw van een bestand met 150 observaties per km² en bodem- en Gt-kaart 1 : 10 000. Bij deze gefaseerde aanpak blijven de gegevens verzameld in de eerste fase bruikbaar in de tweede fase, maar moet op hogere kosten en langere doorlooptijd worden gerekend vergeleken met de rechtstreekse aanmaak van een bestand met 1 : 10 000 bodeminformatie. De meerprijs t.o.v. de rechtstreekse aanmaak van een bestand 1 : 10 000 bedraagt ca. f 0,75 per km². De grootte van de verlenging van de doorlooptijd kan op dit moment niet worden ingeschat, maar zal minimaal 3 jaren bedragen (de tijd die nodig is om de gegevensverzameling 1 : 50 000 af te ronden). De gegevensverzameling in 2 fasen geeft de regionale waterbeheerders gelegenheid om prioriteiten toe te kennen aan gegevensverzameling 1 : 10 000. Ook zijn de meerkosten boven rechtstreekse verzameling op schaal 1 : 10 000 relatief gering (minder dan 1% van de totale kosten van de scenario's B1 en M1/G1). Een gefaseerde gegevensverzameling wordt daarom aanbevolen.

5 Conclusies en aanbevelingen

- Vergelijking van de gegevensbehoefte van verschillende instrumenten voor regionaal waterbeheer heeft geleid tot de definitie van een basispakket gegevens en twee aanvullende uitbreidingspakketten. Het basispakket omvat gegevens die minimaal nodig zijn, onafhankelijk van het instrument voor waterbeheer.
- Analyse van de bruikbaarheid van actuele digitale hoogte-informatie heeft opgeleverd, dat een actueel DTM met puntgegevens tot op zekere hoogte kan leiden tot een verantwoorde bezuiniging op het verzamelen van bodeminformatie, als het gaat om het voorspellen van grondwaterstanden.
- Bij het aanmaken van een gebiedsdekkend DTM biedt een DTM uit laserscanning de beste prijs/kwaliteitsverhouding. Actualisatie en digitalisatie van een DTM met 4-7 punten/ha is een tweede, mindere optie.
- Analyse van scenario's voor gegevensverzameling heeft geleid tot de volgende aanbevelingen (kentallen in tabel 22):
 - 1 Verzameling van bodem- en Gt-gegevens met een dichtheid van 15/km² (schaal 1 : 50 000) is te prefereren boven een dichtheid van 150/km² (schaal 1 : 10 000) vanwege de veel lagere kosten en de vergelijkbare kwaliteit bij het voorspellen van grondwaterstanden door het toepassen van DTM bij ruimtelijke interpolatie.
 - 2 Eerste keus bij verzameling van het basispakket gegevens is het scenario B3 (voornaamste kostenposten: DTM uit laserscanning en actualisatie Bodem- en Gt-kaart 1 : 50 000).
 - 3 Bij de keuze tussen uitbreidingspakket I enerzijds of I en II anderzijds wordt aangeraden voor beide te kiezen vanwege de geringe meerkosten.
 - 4 Eerste keus bij verzameling van het basispakket met uitbreidingspakketten is het scenario M2 of G2. Een verbetering van M2/G2 is het aanmaken van een DTM uit laserscanning. Dit kost ca. f 375.000,- meer dan in tabel 22 staat vermeld.

Tabel 22 Aanbevolen keuzes voor gegevensverzameling

Gegevenspakket	Eerste keus			Tweede keus			Derde keus		
	Scenari o	Koste n (Kf)	Door- loop- tijd (j)	Scenari o	Koste n (Kf)	Door- loop- tijd (j)	Scenario	Kosten (Kf)	Door- loop- tijd (j)
Basispakket	B3	1905	3	B2	1530	3	B1	15322	10
Basispakket met uitbreidingspakket I, evt. ook II	M2/G2	3249	4	M3/G3	2026	3	M1/G1	15411	10

- Een verzameling van bodemkundige gegevens in 2 fasen (eerst gebiedsdekkend 1 : 50 000, dan lokaal 1 : 10 000) geeft de regionale waterbeheerders gelegenheid om prioriteiten toe te kennen aan gegevensverzameling 1 : 10 000. Mede gezien de relatief geringe meerkosten (minder dan 1% van de totale kosten van de scenario's B1 en M1/G1), wordt daarom een gefaseerde verzameling van bodemkundige gegevens aanbevolen.

Literatuur

- Belmans, C., J.G. Wesseling en R.A. Feddes, 1983. Simulation model of the water balance of a cropped soil: SWATRE. *Journal of Hydrology* 63: 271-286.
- Box, G.E.P. en G.M. Jenkins, 1976. *Time series analysis, forecasting and control*. Holden Day, San-Francisco.
- Bruggeman, G.A., 1978. *Analytical solution of the recharge of an aquifer from the overlying semi-permeable top layer with partially penetrating ditches to be used in a numerical model*. Quaterly report nr. 15, RID, Voorburg.
- Delhomme, J.P. 1978. Kriging in the hydrosience. *Advances in water resources*, 1; 5, 251-266.
- Ernst, L.F., 1962. *Grondwaterstroming in de verzadigde zone en hun berekening bij aanwezigheid van horizontale evenwijdige open leidingen*. Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht, Pudoc, Wageningen.
- Finke, P.A., D.J. Groot Obbink en A.F. van Holst. 1994. *Methode voor de prioriteitsvolgorde van Gt-actualisatie*. SC-Rapport 322. DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Finke, P.A., D.J. Groot Obbink en A.F. van Holst. 1995. *Methoden van Gt-actualisatie schaal 1 : 50 000; Een kwantitatieve vergelijking van kwaliteit en kosten*. SC-rapport 396. DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Gehrels, J.C., 1995. *Niet-stationaire grondwatermodellering van de Veluwe, een studie naar de invloed van grondwaterwinning, inpoldering en verloofing op de grondwaterstand sinds 1951*. Rapport, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Groot Obbink, D.J. 1992. *Bodemfysische parameters binnen 17 waterwingebieden in Oostelijk Gelderland*. SC-Rapport 203. DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Jousma G. en H.Th.L. Massop, 1996. *Intreeweerstanden waterlopen, inventarisatie en analyse*. Rapport GG-R-96-15(A), TNO Grondwater en Geo-Energie, Delft, DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Knotters, M. en P.E.V. van Walsum, 1994. *Uitschakeling van weersinvloeden bij de karakterisering van het grondwaterstandsverloop*. SC-Rapport 350. DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Knotters, M., Brus, D.J. en J.H. Oude Voshaar, 1995. A comparison of kriging, co-kriging and kriging combined with regression for spatial interpolation of horizon depth with censored data. *Geoderma* 67: 227-246.

Massop, H.Th.L. en P.A.J.W. de Wit, 1994. *Hydrologisch onderzoek naar de drainageweerstanden van het tertiair ontwateringsstelsel in Oost-Gelderland*. SC-rapport 373. DLO-Staring Centrum, Wageningen.

Noort, G.J.H.L. van en S.P. de Jong, 1996. Neurale netwerken voor operationeel waterbeheer. *Het Waterschap* 1996 nr 6: 201-203.

Querner, E.P. and P.J.T Van Bakel, 1989. *Description of the regional groundwater flow model SIMGRO*. SC-Report 7. DLO-Staring Centrum, Wageningen.

Riele, W.J.M. te, E.P.Querner, M. Knotters en A.B. Pomper. 1995. *Geostatistische interpolatie van grondwaterstandsdiepten met behulp van fysisch-geografische informatie en de resultaten van een regionaal stromingsmodel*. SC-rapport 414. DLO-Staring Centrum, Wageningen.

Stolp, J., M. Knotters en G. Pleijter. 1994. *Geostatistische interpolatie van de gemiddeld laagste grondwaterstand met behulp van hoogtepunten in een deel van het ruilverkavelingsgebied Aardenburg*. SC-rapport 344. DLO-Staring Centrum, Wageningen.

Vries, F. de, 1991. *Bodempysische karakterisering van de gronden in Gelderland*. SC-rapport 164. DLO-Staring Centrum, Wageningen.

Wijers, J.P., 1991. *Karakterisering hydrogeologische opbouw van de provincie Gelderland, Deel 1: Oost-Gelderland*. Haarlem, Rijks Geologische Dienst.

Wösten, H.H.M., G.J. Veerman en J. Stolte, 1994. *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in nederland: de Staringreeks, vernieuwde uitgave*. Technisch Document 18, DLO-Staring Centrum, Wageningen.

Zwamborn, M.H., 1995. *Modellering van de onverzadigde zone ten behoeve van grondwatermodellen*. Rapport SWI 95.142, KIWA Onderzoek en Advies, Nieuwegein.

Aanhangsel 1 Bruikbare stambuisinformatie in OLGA

Code buis	X	Y	Code buis	X	Y
28C-L-0014	229740	477610	34B-P-0192	232030	464295
28C-L-0015	220830	476640	34B-P-0210	235180	471890
28C-L-0019	227380	477820			
28C-L-0020	228400	477970	34C-L-0004	220180	460020
28C-L-0021	229040	477960	34C-L-0005	211150	460230
28C-P-0168	228180	477100	34C-L-0008	226290	459060
28C-P-0255	228650	477500	34C-L-0010	228670	459280
			34C-L-0011	223090	458850
28D-L-0017	230730	476350	34C-L-0012	220640	457960
28D-L-0032	230010	478480	34C-L-0017	222025	456200
28D-L-0050	230780	477570	34C-L-0044	220730	450920
			34C-L-0045	221390	450940
33F-L-0009	215830	472150	34C-L-0046	220970	451370
33F-L-0014	212130	468130	34C-L-0051	221420	452470
33F-L-0015	216010	468940	34C-L-0052	220060	451660
33F-L-0019	218060	467010	34C-L-0061	222820	450740
33F-L-0022	213480	462990	34C-L-0064	221450	450160
33F-L-0025	216150	470120	34C-L-0065	224910	462470
33F-L-0026	215215	469060	34C-L-0070	221050	459000
33F-L-0027	215670	469530	34C-L-0073	227720	457500
33F-L-0028	216265	469915	34C-L-0084	223370	450280
33F-L-0029	216400	469570	34C-P-0078	221730	452700
33F-L-0048	213065	469915	34C-P-0080	220560	451520
33F-L-0049	212095	469420			
33F-L-0051	214955	468305	34D-L-0007	231710	456460
33F-L-0052	213496	468531	34D-L-0019	237020	451160
33F-L-0057	213640	467655	34D-L-0020	233080	450010
33F-L-0066	212840	468880	34D-L-0026	236940	457260
33F-L-0068	212720	468800	34D-L-0047	236810	458140
33F-P-0080	213260	473900	34D-L-0048	235340	457595
33F-L-0082	212200	472450	34D-L-0053	239380	450500
33F-P-0099	218030	469280	34D-L-0082	238600	453500
			34D-L-0118	236080	459280
33G-L-0019	209870	456600	34D-L-0122	235300	455420
33G-L-0026	208580	450840	34D-L-0123	235070	454520
			34D-P-0051	237900	456550
33H-L-0001	213065	461865	34D-P-0155	235620	461420
33H-L-0003	214210	459890			
33H-L-0026	210840	451160	34E-L-0009	243340	463590
33H-L-0036	219560	451560	34E-L-0021	241070	464790
33H-P-0144	219080	454600	34E-L-0106	245940	463200
34A-L-0004	229490	473630	34F-L-0162	257250	465590
34A-L-0010	220180	470020			
34A-L-0027	222730	467160	34G-L-0001	241030	462480
34A-L-0035	225110	473450	34G-L-0003	248690	461380
34A-L-0078	220150	473050	34G-L-0006	243250	458840
34A-P-0084	222290	471600	34G-L-0007	245570	458910
			34G-L-0008	248110	458490
34B-L-0036	230530	466880	34G-L-0009	243260	457630
34B-L-0037	235860	467460	34G-L-0011	247140	457850
34B-L-0044	231000	464010	34G-L-0012	245020	455010
34B-L-0048	233180	466280	34G-L-0013	246060	455820
34B-L-0065	234780	465260	34G-L-0016	242000	452510
34B-L-0071	237080	465440	34G-L-0018	241130	451130
34B-L-0076	236680	464250	34G-L-0019	240910	455920
34B-L-0081	237050	474750	34G-L-0020	243900	459810
34B-L-0094	230650	472320	34G-L-0022	241500	456800
34B-P-0148	231630	462700	34G-L-0075	240320	454120
34B-P-0175	234570	464800	34G-L-0092	241920	454080

Code buis	X	Y
40B-L-0015	197730	440860
40D-L-0036	199860	433460
40E-L-0016	208180	443100
40E-L-0023	209620	439700
40E-L-0027	203100	438810
40E-L-0030	202760	437610
40F-L-0003	218900	449960
40F-L-0010	218040	447760
40G-L-0044	200000	433760
40G-L-0045	200810	433660
40G-L-0046	204510	430450
40G-L-0047	205860	430450
40H-L-0003	219840	436190
41A-L-0001	223080	449160
41A-L-0012	223800	443080
41A-L-0018	229870	442210
41A-L-0029	224880	438020
41A-L-0036	226200	443580
41A-L-0047	220425	449815
41A-L-0050	221210	441470
41A-L-0056	221420	437840
41A-L-0057	220575	441000
41A-L-0059	220830	439920
41A-L-0060	227365	442140
41A-L-0080	225790	439930
41A-P-0038	228820	449690
41A-P-0039	228930	442340
41A-P-0040	225270	442030
41A-P-0041	221310	442100
41A-P-0045	222500	439685
41B-L-0004	235010	447660
41B-L-0009	237900	445120
41B-L-0010	234760	444340
41B-L-0014	231110	441900
41B-L-0017	238780	441210
41B-L-0019	234910	437980
41B-L-0021	234050	448930
41B-L-0022	234760	448790
41B-L-0023	234520	448170
41B-L-0032	234480	446380
41B-L-0034	234280	448540
41B-L-0048	237715	449340
41B-L-0049	238410	448380
41B-L-0050	239880	441880
41B-L-0051	238020	442175
41B-P-0046	237940	437660
41C-P-0018	226500	436700
41C-P-0019	228790	437120
41C-P-0020	228630	433540
41D-L-0013	235800	434920
41D-L-0017	231730	431960
41D-L-0021	232380	433440
41D-L-0022	233540	432360
41D-L-0023	231850	431505
41D-L-0024	232370	431775
41D-L-0025	232635	431330

Code buis	X	Y
41D-L-0026	232170	431140
41D-L-0027	233035	431750
41D-L-0028	230160	435050
41D-P-0006	236520	436100
41D-P-0008	232150	437040
41D-P-0010	235690	434320
41D-P-0011	233370	433840
41E-L-0001	241940	449790
41E-L-0003	247970	447920
41E-L-0007	244180	443130
41E-L-0009	249910	442700
41E-L-0012	245550	439750
41E-L-0013	249100	439750
41E-L-0014	240700	438670
41E-L-0021	241660	438680
41E-L-0022	240480	442620
41E-L-0023	241520	442430
41E-L-0024	243300	442050
41E-L-0025	240690	441980
41E-L-0028	241880	440440
41E-L-0035	243170	445550
41E-L-0036	240750	444720
41E-L-0037	249025	444415
41E-L-0041	246340	437800
41E-P-0248	240970	440460
41F-L-0001	251870	446820
41F-L-0002	250090	445850
41G-L-0001	241690	436900
41G-L-0002	246350	436950

Aanhangsel 2 Rapporten over beschikbare bodemkundige informatie

NEDERLAND

Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 / Stichting voor Bodemkartering. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering : PUDOC, 1964. -- 1 serie, in onbekend aantal delen ; 28 cm. -- UITGEGEVEN MET: Algemene begrippen en indelingen / door G.G.L. Steur en W. Heijink. - Wageningen, 1980. - 2e uitgebreide uitgave, 1983. 3e herziene uitgave, 1987.

Toelichting bij kaartblad 28 West Almelo / door G. Ebbens en R. Visschers. -- Wageningen, 1983. -- 133 p. ; 28 cm + 2 bijlagen. -- Opname: 1977-1980. -- ISBN 90-220-0822-3 : Fl. 45,40.

28 West : Almelo. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 67 cm.

28 West : Almelo : [werkblad]. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 67 cm.

Toelichting bij de kaartbladen 33 West Apeldoorn en 33 Oost Apeldoorn. -- Wageningen, 1979. -- 173 p. ; 28 cm + 4 bijlagen. -- Opname: 1969-1973. -- ISBN 90-220-0726-X : Fl. 43,00.

33 West : Apeldoorn. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 67 cm. -- Basis: vereenvoudigde Topografische kaart schaal 1 : 50 000. Uitgave 1976.

33 West : Apeldoorn : [werkblad]. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 67 cm. -- Basis: Vereenvoudigde Topografische kaart schaal 1 : 50 000. Uitgave 1976.

33 Oost : Apeldoorn. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 67 cm. -- Basis: Vereenvoudigde Topografische kaart schaal 1 : 50 000. Uitgave 1976.

33 Oost : Apeldoorn : [werkblad]. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 67 cm. -- Basis: Vereenvoudigde Topografische kaart schaal 1 : 50 000. Uitgave 1976.

Toelichting bij de kaartbladen 34 West Enschede en 34 Oost Enschede-35 Glanerbrug. -- Wageningen, 1979. -- 166 p. ; 28 cm + 4 bijlagen. -- Opname: afgesloten in 1972, partiële revisie in 1978. -- ISBN 90-220-0740-5 : Fl. 44,00.

34 West : Enschede. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 67 cm. -- Basis: Vereenvoudigde Topografische kaart schaal 1 : 50 000. Uitgave 1977.

34 West : Enschede : [werkblad]. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 67 cm. -- Basis: Vereenvoudigde Topografische kaart schaal 1 : 50 000. Uitgave 1977.

34 Oost - 35 : Enschede - Glanerbrug. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 87 cm. -- Basis: Vereenvoudigde Topografische kaart schaal 1 : 50 000. Uitgave 1977.

34 Oost - 35 : Enschede - Glanerbrug : [werkblad]. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 87 cm. -- Basis: Vereenvoudigde Topografische kaart schaal 1 : 50 000. Uitgave 1977.

Toelichting bij de kaartbladen 40 West Arnhem en 40 Oost Arnhem. -- Wageningen, 1975. -- 197 p. ; 28 cm + 4 bijlagen. -- Opname: 1967-1968. -- ISBN 90-220-0588-7 : Fl. 39,50.

40 West : Arnhem. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 67 cm. -- Basis: Vereenvoudigde Topografische kaart schaal 1 : 50 000. Uitgave 1974.

40 West : Arnhem : [werkblad]. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 67 cm. -- Basis: Vereenvoudigde Topografische kaart schaal 1 : 50 000. Uitgave 1974.

40 Oost : Arnhem. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 67 cm. -- Basis: Vereenvoudigde Topografische kaart schaal 1 : 50 000. Uitgave 1966.

40 Oost : Arnhem : [werkblad]. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 67 cm. -- Basis: Vereenvoudigde Topografische kaart schaal 1 : 50 000. Uitgave 1966.

Toelichting bij de kaartbladen 41 West Aalten en 41 Oost Aalten / door P. Harbers en H. Rosing. -- Wageningen, 1983. -- 212 p. ; 28 cm + 4 bijlagen. -- Mit Zusammenfassung: Erläuterungen zur Bodenkarte der Niederlande, 1 : 50 000 Blatt 41 Aalten. -- ISBN 90-220-0821-5 : Fl. 60,55.

41 West : Aalten. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1982. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 67 cm. -- Bij de opname van de bodemgesteldheid in de Bondsrepubliek Duitsland dienden de bodemkaarten van het Geologisch Landesamt Nordrhein-Westfalen te Krefeld als leidraad voor het kaartbeeld. Na aanvullend veldonderzoek zijn de Duitse kaartenheden ingedeeld en benoemd volgens de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Beide indelingssystemen zijn in de toelichting vergeleken. -- Opname: 1978-1981.

41 West : Aalten : [werkblad]. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1982. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 67 cm. -- Bij de opname van de bodemgesteldheid in de Bondsrepubliek Duitsland dienden de bodemkaarten van het Geologisch Landesamt Nordrhein-Westfalen te Krefeld als leidraad voor het kaartbeeld. Na aanvullend veldonderzoek zijn de Duitse kaartenheden ingedeeld en benoemd volgens de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Beide indelingssystemen zijn in de toelichting vergeleken. -- Opname: 1978-1981.

41 Oost : Aalten. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1982. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 67 cm. -- Opname: 1979-1981.

41 Oost : Aalten : [werkblad]. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1982. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 67 cm. -- Opname: 1979-1981.

GELDERLAND

Aalten [ruilverkaveling]

De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Aalten / door J.L. Kloosterhuis. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1968. -- 128 p. ; 30 cm + 11 bijlagen. -- Opname: 1966. -- Oppervlakte: 8.225 ha.

- Bijlage 1 : Bodemkundige overzichtskaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 50 x 60 cm.
- Bijlage 2 : Bodemkaart in gedetailleerd overzicht. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 6 bladen : in kleur ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 3 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 6 bladen : in kleur ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 4 : Bijzondere-lagenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 6 bladen : in kleur ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 5 : Vertrappingskaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 6 bladen : in zwart-wit ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 6 : Doorsneden. -- Lengteschaal 1 : 50 000, hoogteschaal 1 : 500. -- 1 doorsnede : in zwart-wit ; 48 x 60 cm.
- Bijlage 7A : Globale bodemgeschiktheidsbeoordeling voor akkerbouw. -- 1 blad : in zwart-wit ; 42 x 30 cm.
- Bijlage 7B : Globale bodemgeschiktheidsbeoordeling voor grasland. -- 1 blad : in zwart-wit ; 42 x 30 cm.
- Bijlage 8 : Grondmonsteranalyses. -- 1 blad : in zwart-wit ; 42 x 30 cm.
- Bijlage 9 : De oppervlakte der bodemkaartenheden per grondwatertrap en in totaal. -- 1 blad : in zwart-wit ; 52 x 35 cm.
- Bijlage 10 : Boorpuntenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 2 bladen : in zwart-wit ; 117 x 78 cm en kleiner.

Bevermeer [ruilverkaveling]

De bodemgesteldheid in het gebied van de ruilverkaveling Bevermeer / door J.L. Kloosterhuis. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1965. -- 107 p. ; 30 cm + 11 bijlagen. -- Opname: 1963. -- Oppervlakte: 11.870 ha.

- Bijlage 1 : Bodemkundige overzichtskaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 71 x 58 cm.
- Bijlage 2 : Vereenvoudigde bodemkundige overzichtskaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 28 x 47 cm.
- Bijlage 3 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 71 x 58 cm.
- Bijlage 4 : Afwijkende-lagenkaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 58 x 57 cm.
- Bijlage 5 : Boorpuntenkaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 58 x 57 cm.
- Bijlage 6 : Situatiekaart van de grondmonsters en de doorsneden. -- Schaal 1 : 50 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 37 x 34 cm.

Borculo [gemeente]

Hydrologisch onderzoek pompstation Haarlo, gemeente Borculo / door J.R. Mulder en A.F. van Holst. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1977. -- 16 p. ; 30 cm + 6 bijlagen. -- Opname: 1976.

- Bijlage 1 : Situatiekaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 2 : Kaart met isohypsen van het ondiepe grondwater : opname-datum 22-11-1976. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 3 : Kaart met isohypsen van het ondiepe grondwater : opname-datum 10-12-1976. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 4 : Kaart met isohypsen van het ondiepe grondwater : opname-datum 13-12-1976. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 5 : Kaart met grondwaterstandsverschillen : (stopproefperiode 22-11-1976 tot 13-12-1976). -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 6 : Kaart met grondwaterstandsverschillen : (periode 10-12-1976 tot 13-12-1976). -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 60 x 50 cm.

Borculo [ruilverkaveling]

De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied "Borculo" / door G. Ebbens en J.C. Papc. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1967. -- 39 p. ; 30 cm + 3 bijlagen. -- Opname: 1967. -- Oppervlakte: 5.340 ha.

- Bijlage 1 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 58 x 48 cm.
- Bijlage 2 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 58 x 48 cm.
- Bijlage 3 : Grondmonsteranalyses. -- 1 tabel in 2 bladen : in zwart-wit ; 56 x 30 cm.

Dinxperlo [ruilverkaveling]

De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Dinxperlo / door F.A. Wopereis ; m.m.v. Th.H.B. Looman. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1968. -- 31 p. ; 30 cm + 5 bijlagen. -- Opname: 1967. -- Oppervlakte: 2.520 ha.

- Bijlage 1 : Bodemkundige overzichtskaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 29 x 46 cm.
- Bijlage 2 : Bodemkaart in gedetailleerd overzicht. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 2 bladen : in kleur ; 56 x 46 cm.
- Bijlage 3 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 2 bladen : in kleur ; 56 x 46 cm.
- Bijlage 4 : Bijzondere lagenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 2 bladen : in kleur ; 56 x 46 cm.

Doetinchem [gemeente]

Bodemkaart Landgoed Slangenburg : bodemkaart / Stichting voor Bodemkartering. -- Schaal 1 : 1250. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, [1950]. -- 1 kaart ; 40 x 51 cm. -- Aanwezig: microneg., dem. kaart.

De bodemgesteldheid van de gemeente Doetinchem / door R.P.H.P. van der Schans. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1956. -- 43 p. ; 30 cm + 8 bijlagen. -- Opname: september-december 1955. -- Oppervlakte: 5.020 ha.

- Bijlage 1 : Globale bodemkaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 50 x 60 cm.
- Bijlage 2 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in kleur ; 81 x 149 cm.
- Bijlage 3 : Bodemgeschiktheidskaart voor akker- en weidebouw. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in kleur ; 80 x 136 cm.
- Bijlage 4 : Bodemgeschiktheidskaart voor de tuinbouw. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in kleur ; 80 x 136 cm.
- Bijlage 5 : Globale bodemgeschiktheidskaart voor akker- en weidebouw. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 50 x 60 cm.
- Bijlage 6 : Woningen te Doetinchem-Kruisberg. -- Schaal 1 : 1 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 28 x 33 cm.
- Bijlage 7 : Woningen te Kruisberg, sonderingen en steekboringen. -- 1 blad : in zwart-wit ; 38 x 66 cm.
- Bijlage 8 : Schematisch overzicht van de landbouwkundige waarde der onderscheiden bodemtypen. -- 1 blad : in zwart-wit ; 84

x 37 cm.

De bodemgesteldheid van het populierenproefveld Slangenborg / door J.G. Vrielink en P. Mekkinck. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1978. -- 8 p. ; 30 cm + 3 bijlagen. -- Opname: 1978. -- Oppervlakte: 3 ha.

Bijlage 1 : Bodemprofielenkaart. -- Schaal 1 : 500. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 50 x 60 cm.

Bijlage 2 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 500. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 50 x 60 cm.

Bijlage 3 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 500. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 50 x 60 cm.

Hydrologisch onderzoek van de waterwinning "De Pol" (Doetinchem) / door J.M.J. Dekkers en A.F. van Holst. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1976. -- 11 p. ; 30 cm + 5 bijlagen. -- Opname: 1975-1976.

Bijlage 1 : Situatiekaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 63 x 60 cm.

Bijlage 2 : Kaart met isohypsen van het ondiepe grondwater : opname datum: 24-03-1976. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 63 x 60 cm.

Bijlage 3 : Kaart met isohypsen van het ondiepe grondwater : opname datum: 30-03-1976. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 63 x 60 cm.

Bijlage 4 : Buizenraaien. -- Lengteschaal 1 : 5000, diepteschaal 1 : 40. -- 1 doorsnede in 2 bladen : in zwart-wit ; 42 x 118 cm en kleiner.

Bijlage 5 : Kaart met gemiddelde grondwaterstandverlaging (in cm) : opname data: 6-10-'75 en 30-07-'76. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 63 x 60 cm.

Duiven-Westervoort [herinrichting]

De bodemgesteldheid van het landinrichtingsgebied Duiven-Westervoort : resultaten van een bodemgeografisch onderzoek en geschiktheitsbeoordeling voor weidebouw, akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, tuinbouw onder glas, fruitteelt en bosbouw / D.J. Groot Obbink, G.J. Maas en G. Rutten. -- Stichting voor Bodemkartering, 1987. -- 215 p. ; 30 cm + 3 bijlagen. -- Opname: 1986. -- Oppervlakte: 2.250 ha. -- Uitverkocht.

Bijlage 1 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 2 bladen : in kleur ; 86 x 40 cm.

Bijlage 2 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 2 bladen : in kleur ; 86 x 40 cm.

Bijlage 3 : Boorpuntenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 72 x 73 cm.

De standaardprofielen in het landinrichtingsgebied Duiven-Westervoort / D.J. Groot Obbink. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1988. -- 10 p. ; 30 cm + 1 bijlage. -- Uitverkocht.

Plaatsen en nummers van de standaardprofielen. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 45 x 38 cm.

Eibergen [gemeente]

De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied "Rekken" / door C.J.M. Kraanen en G. Ebberts. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1963. -- 79 p. ; 30 cm + 7 bijlagen. -- Opname: 1961-1962. -- Oppervlakte: 3.725 ha.

Bijlage 1 : Bodemkaart in gedetailleerd overzicht. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 4 bladen : in kleur ; 56 x 46 cm en kleiner.

Bijlage 2 : Bodemkundig landschappelijke overzichtskaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 57 x 48 cm.

Bijlage 3 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 4 bladen : in kleur ; 56 x 46 cm en kleiner.

Bijlage 4 : Afwijkende-lagenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 4 bladen : in kleur ; 56 x 46 cm en kleiner.

Bijlage 5 : Situatiekaart, aangevende plaatsen van grondmonsters en grondwaterstandsmetingen. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 90 x 82 cm.

Bijlage 6 : Boorpuntenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 90 x 82 cm.

Bijlage 8 : Uitslagen van grondmonsteranalyses. -- 1 tabel in 4 bladen : in zwart-wit ; diverse formaten.

Proefgebied Hupselse Beek : regionaal bodemkundig- en bodemfysisch onderzoek / door J.H.M. Wosten, G.H. Stoffelsen, J.W.M. Jeurissen, A.F. van Holst en J. Bouma. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1983. -- 74 p. ; 30 cm + 5 bijlagen. -- Opname: 1982. -- Oppervlakte: ca. 650 ha. -- Uitverkocht.

Bijlage 1 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 5000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 76 x 83 cm.

Bijlage 2 : Keileem en oude klei. -- Schaal 1 : 5000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 76 x 83 cm.

Bijlage 3 : Diepte en dikte grind- en grofzandlagen. -- Schaal 1 : 5000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 76 x 83 cm.

Bijlage 4 : Boorpuntenkaart. -- Schaal 1 : 5000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 80 x 90 cm.

Bijlage 5 : Bodemfysische kaartenheden voor simulatie. -- Schaal 1 : 5000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 76 x 83 cm.

Rapport bij de voorlopige uiterst globale bodemkaart van het ruilverkavelingsgebied Rekken / door Chr.J.M. Kraanen. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1961. -- 3 p. ; 30 cm + 1 bijlage.

Bijlage 1 : Voorlopige uiterst globale bodemkaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 52 x 42 cm.

Stroomgebied van de Leerinkbeek : bodemkaart / Stichting voor Bodemkartering. -- Schaal 1 : 25 000. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, [1964]. -- 1 kaart : in kleur ; 53 x 46 cm. -- Aanwezig: calque PXT497, dem. kaart.

Hackfort [landgoed]

De bodemgesteldheid en bodemgeschiktheid van Hackfort / door W.J.M. van de Voort. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1984. -- 65 p. ; 30 cm + 2 bijlagen. -- Opname: 1983. -- Oppervlakte: 750 ha. -- Tevens: COAL-publikatie nr. 6. -- Uitverkocht.

Bijlage 1 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 15 000. -- 1 kaart : in kleur ; 28 x 45 cm.

Bijlage 2 : Boorpuntenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 38 x 45 cm.

Hackfort - een onderzoek naar vormen van aangepaste landbouw in een zandgebied : synthesrapport van de COAL-gebiedsstudie op het landgoed Hackfort bij Vorden / K.R. de Poel (red.). -- Wageningen : DLO-Staring Centrum, 1992. -- 278 p. ; 30 cm + 4 bijlagen. -- UITGEGEVEN MET: Landgoed Hackfort. Landschapsbeeld; Landgoed Hackfort. Vegetatiekaart; Landgoed Hackfort

afivauna: gekarteerde broedvogelgemeenschappen. -- Fl.45.00.

Hengelo [gemeente]

De bodemgesteldheid van het proefbedrijf "Melkveehouderij en Milieu" te Hengelo (Gld.): resultaten van een bodemgeografisch onderzoek / J.M.J. Dekkers. -- Wageningen : DLO-Staring Centrum, 1992. -- 50 p.; 30 cm + 4 kaarten. -- Samengesteld: 1990 en 1992. -- Oppervlakte: ca. 70 ha. -- Fl.25,00.

Kaart 1 : Bodem- en grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 5000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 34 x 66 cm.

Kaart 2 : Kaart met de begindiepte van sterk en/of zeer sterk lemig zand. -- Schaal 1 : 5000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 34 x 66 cm.

Kaart 3 : Vlakkenkaart. -- Schaal 1 : 5000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 34 x 66 cm.

Kaart 4 : Boorpuntenkaart. -- Schaal 1 : 5000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 34 x 66 cm.

Waterwingebied 't Klooster (Hengelo Gld.): toelichting op en verwerking van bodemkundige gegevens / door A.F. van Holst, H.C. van Heesen en H. Makken. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1974. -- 17 p.; 30 cm + 2 bijlagen. -- Opname: 1973. -- Oppervlakte: 4,225 ha.

Bijlage 1 : Situatiekaart met knooppunten. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 38 x 30 cm.

Bijlage 2 : Bodem- en grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 49 x 30 cm.

Hengelo-Zelhem [ruilverkaveling]

Ruilverkavelingsgebied Hengelo-Zelhem : de bodemgesteldheid / door W.B. Kleinsman, A. Scholten en G. Rutten. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1973. -- 66 p.; 30 cm + 4 bijlagen. -- Opname: 1972. -- Oppervlakte: ca. 8,250 ha.

Bijlage 1 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 87 x 48 cm.

Bijlage 2 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 87 x 48 cm.

Bijlage 3 : Afwijkende-lagenkaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 87 x 48 cm.

Bijlage 4 : Codekaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart in 2 bladen : in zwart-wit ; 76 x 112 cm en kleiner.

De bodemgesteldheid van het stroomgebied van de "Leerinkbeek" / door G. Ebbens. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1964. -- 42 p.; 30 cm + 2 bijlagen. -- Opname: 1963. -- Oppervlakte: 5,240 ha.

Bijlage 1 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 57 x 47 cm.

Bijlage 2 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 57 x 47 cm.

Lichtenvoorde [gemeente]

De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Lieveelde / door A. Scholten en A.G. Beekman. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1983. -- 49 p.; 30 cm + 4 bijlagen. -- Opname: 1981. -- Oppervlakte: 1,050 ha. -- ISBN 90-327-0172-X ; Uitverkocht.

Bijlage 1 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in kleur ; 58 x 48 cm.

Bijlage 2 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in kleur ; 58 x 48 cm.

Bijlage 3 : Bijzondere-lagenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 58 x 48 cm.

Bijlage 4 : Boorpuntenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 58 x 48 cm.

Bodemkundig-hydrologisch onderzoek rondom het pompstation Lichtenvoorde / door W.J.M. te Riele, H. Makken en A.F. van Holst. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1975. -- 25 p.; 30 cm + 6 bijlagen. -- Opname: 1973-1974. -- Oppervlakte: 520 ha.

Bijlage 1 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 51 x 36 cm.

Bijlage 2 : Bovengrondcodekaart. -- Schaal 1 : 5000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 75 x 70 cm.

Bijlage 3 : Buizenraaien. -- Schaal horizontaal 1 : 2500, vertikaal 1 : 20. -- 1 kaart in 3 bladen : in zwart-wit ; 30 x 146 cm.

Bijlage 4A : Kaart met isohypsen van het ondiepe grondwater : opnamedatum: 23-12-'74. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 51 x 36 cm.

Bijlage 4B : Kaart met isohypsen van het ondiepe grondwater : opnamedatum: 29-04-'74. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 51 x 36 cm.

Bijlage 5 : G.L.G.-verschuilen kaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 51 x 36 cm.

Lochem [gemeente]

De bodemgesteldheid van het stroomgebied De Voorste Beek / door A.J. Krabbenborg. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1967. -- 47 p.; 30 cm + 2 bijlagen. -- Opname: 1966. -- Oppervlakte: 945 ha.

Bijlage 1 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in kleur ; 48 x 58 cm.

Bijlage 2 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in kleur ; 48 x 58 cm.

Ruilverkaveling Laren : de bodemgesteldheid / door D.J. Groot Obbink, R. Visschers en A.G. Beekman. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1976. -- 35 p.; 30 cm + 5 bijlagen. -- Opname: 1975. -- Oppervlakte: 6,595 ha.

Bijlage 1 : Kaart landschap en bodem. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 58 x 48 cm.

Bijlage 2 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 4 bladen : in kleur ; 48 x 58 cm.

Bijlage 3 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 4 bladen : in kleur ; 48 x 58 cm.

Bijlage 4 : Kaart met bijzondere lagen. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 94 x 120 cm.

Bijlage 5 : Boorpuntenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 94 x 120 cm.

Ruurlo [gemeente]

Boswachterij Slangenburg: Ruurlo, Veldhoek, Noorderbroek : bodemgesteldheid en bodemgeschiktheid / door P. Mekkinck en J.A. van den Hurk. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1978. -- 66 p.; 30 cm + 4 bijlagen. -- Opname: 1978. -- Oppervlakte: 640 ha. -- ISBN

90-327-0012-X.

- Bijlage 1 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in kleur ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 2 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 3 : Vegetatiekaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 4 : Bodemgeschiktheidskaart voor bosbouw. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in kleur ; 60 x 50 cm.

Ruurlo [ruilverkaveling]

De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied "Ruurlo" / door C. Hamming. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1971. -- 74 p. ; 30 cm + 3 bijlagen. -- Opname: 1969. -- Oppervlakte: 6.980 ha.

- Bijlage 1 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 73 x 58 cm.
- Bijlage 2 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 73 x 58 cm.
- Bijlage 3 : Boorpunten-codekaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 73 x 58 cm.

Slangenburg [boswachterij]

Boswachterij Slangenburg : Slangenburg en Leemsker Bos : bodemgesteldheid en bodemgeschiktheid / door J.G. Vrieling en J.A. van den Hurk. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1978. -- 70 p. ; 30 cm + 4 bijlagen. -- Opname: 1978.

- Bijlage 1 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in kleur ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 2 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 3 : Vegetatiekaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 4 : Bodemgeschiktheidskaart voor bosbouw. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in kleur ; 60 x 50 cm.

Steenderen [ruilverkaveling]

Ruilverkaveling Steenderen : de bodemgesteldheid / door A. Scholten, G. Ebbens en G. Rutten. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1977. -- 75 p. ; 30 cm + 4 bijlagen. -- Opname: 1976. -- Oppervlakte: 4.460 ha.

- Bijlage 1 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 4 bladen : in kleur ; 72 x 58 cm en kleiner.
- Bijlage 2 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 4 bladen : in kleur ; 72 x 58 cm en kleiner.
- Bijlage 3 : Boorpuntenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 100 x 141 cm.
- Bijlage 4 : Grondwaterstandsverlopen. -- Lengteschaal 1 : 2500, boogteschaal 1 : 25. -- 1 kartogram : in zwart-wit ; 52 x 83 cm.

Winterswijk [gemeente]

Bestemmingsplan Winterswijk : de bodemgesteldheid en bodemgeschiktheid / door J.M.J. Dekkers en H.J.M. Zegers. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1973. -- 44 p. ; 30 cm + 7 bijlagen. -- Opname: 1972-1973. -- Oppervlakte: 845 ha.

- Bijlage 1 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in kleur ; 48 x 58 cm.
- Bijlage 2 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in kleur ; 48 x 58 cm.
- Bijlage 3 : Oude-kleidiptekaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 48 x 58 cm.
- Bijlage 4 : Bodemgeschiktheidskaart voor sportvelden en kampeerterreinen en voor speel- en ligweiden. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 48 x 58 cm.
- Bijlage 5 : Bodemgeschiktheidskaart voor de teelt van houtsoorten. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 48 x 58 cm.
- Bijlage 6 : Kaart aangevende enkele beperkingen voor bebouwing op staal. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 48 x 58 cm.
- Bijlage 7 : Doorsneden. -- Lengteschaal 1 : 5000, diepteschaal 1 : 50. -- 1 doorsnede : in zwart-wit ; 48 x 58 cm.

Winterswijk-West [ruilverkaveling]

Ruilverkaveling Winterswijk-West : bodem, bodemgeschiktheid en landschap / door J.A. van den Hurk, G. Pleijter, D.J. Groot Obbink en A.A. de Veer. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1973. -- 89 p. ; 30 cm + 5 bijlagen. -- Opname: 1971-1972. -- Oppervlakte: 8.385 ha.

- Bijlage 1 : Kaart landschap en bodem. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 72 x 58 cm.
- Bijlage 2 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 5 bladen : in kleur ; 90 x 48 cm en kleiner.
- Bijlage 3 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 5 bladen : in kleur ; 90 x 48 cm en kleiner.
- Bijlage 4 : Oude-kleidiptekaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 5 bladen : in zwart-wit ; 90 x 48 cm en kleiner.
- Bijlage 6 : Boorpuntenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 5 bladen : in zwart-wit ; 90 x 48 cm en kleiner.

OVERIJSEL

Bathmen [ruilverkaveling]

Ruilverkaveling Bathmen : bodemgesteldheid en bodemgeschiktheid / door W.B. Kleinsman en G. Rutten. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1974. -- 69 p. ; 30 cm + 5 bijlagen. -- Opname: 1973. -- Oppervlakte: 3.450 ha.

- Bijlage 1 : Overzichtskaart landschap en bodem. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 29 x 48 cm.
- Bijlage 2 : Bodemkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 2 bladen : in kleur ; 72 x 58 cm.
- Bijlage 3 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 2 bladen : in kleur ; 72 x 58 cm.
- Bijlage 4 : Storende-lagenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 2 bladen : in zwart-wit ; 72 x 58 cm.
- Bijlage 5 : Boorpuntenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart : in zwart-wit ; 68 x 115 cm.

Holten-Markelo [ruilverkaveling]

De bodemgesteldheid van het ruilverkavelingsgebied Holten-Markelo / door J.A. v.d. Hurk. -- Wageningen : Stichting voor Bodemkartering, 1967. -- 104 p. ; 30 cm + 7 bijlagen. -- Opname: 1965-1966. -- Oppervlakte: 12.315 ha.

- Bijlage 1 : Bodemkundig landschappelijke overzichtskaart. -- Schaal 1 : 25 000. -- 1 kaart : in kleur ; 56 x 92 cm.
- Bijlage 2 : Dwarsoorsnede met de landschappelijke ligging van een aantal bodemeenheden. -- (Schaal horizontaal 1 : 10 000, vertikaal 1:250). -- 1 doorsnede : in kleur ; 24 x 62 cm.
- Bijlage 3 : Bodemkaart in gedetailleerd overzicht. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 8 bladen : in kleur ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 4 : Grondwatertrappenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 8 bladen : in kleur ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 5 : Globalc bodemgeschiktheidskaart voor akker- en weidebouw. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 8 bladen : in kleur ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 6 : Zandkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 8 bladen : in kleur ; 60 x 50 cm.
- Bijlage 7 : Leem- en bijzondere lagenkaart. -- Schaal 1 : 10 000. -- 1 kaart in 8 bladen : in kleur ; 60 x 50 cm.